

TURBODMUCHAWA PROMIENIOWA NA ŁOŻYSKACH POWIETRZNYCH



Aspamet



 **TurboMAX**



Aspamet

Certyfikaty.

Registration Certificate

*This is to certify that
the Management Systems of*

TurboMax Co., Ltd.

*have been assessed by AJA Registrars and registered
against the requirements of*

ISO 9001:2008/KS Q ISO 9001:2009

Certificate No. : **AJA10/14274** Date of Original Registration : **23/03/2010**

Expiry Date : **22/03/2016** Date of Re-Registration : **22/03/2013**

This certificate is issued in respect of the locations & scope of registration detailed in the Associated Registration Schedule.
This certificate has been issued by AJA Registrars Limited Unit 6 Gurdons Court Gurdons Gate Business Park Sorbert Close Pottersdown Bristol UK BS20 7FS

Registration Certificate

*This is to certify that
the Management Systems of*

TurboMax Co., Ltd.

*have been assessed by AJA Registrars and registered
against the requirements of*

ISO 14001:2004/KS I ISO 14001:2009

Certificate No. : **AJA10/14337** Date of Original Registration : **27/04/2010**

Expiry Date : **27/04/2016** Date of Re-Registration : **27/04/2013**

This certificate is issued in respect of the locations & scope of registration detailed in the Associated Registration Schedule.
This certificate has been issued by AJA Registrars Limited Unit 6 Gurdons Court Gurdons Gate Business Park Sorbert Close Pottersdown Bristol UK BS20 7FS

TUV NORD

**Certificate
of conformity with the following
European Directives**

Registered No.:
K1747/E09

Electromagnetic Compatibility Directive 2004/108/EC

Reference of applicant	Date of registration	File reference	Test reports	Valid until	Expiry date
-	09.06.2009	K2P-09-234	K2N01-0509	10.06.2009	29.06.2014

This is to certify that the following products comply to the essential requirements (Annex 1) of the above mentioned European Directive and the following standards, taking into account the German national deviations:

Product: Turbo Blowers
Type designation: MAX y (y = 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300)
Applicant: TurboMAX Co., Ltd.
384 Jugam-ni, Hyeondo-myeon, Cheongwon-gun,
Chungbuk 363-823, Korea
Standard(s): EN 61000-3-2:2004

This Certificate of conformity is based on the evaluation of samples of the product. It does not imply an assessment of the production and it does not permit the use of a mark of conformity or of a safety mark of the TÜV NORD CERT. The holder of this certificate may use this Certificate together with its EC Declaration of Conformity.



Certification Body for Product Safety

TÜV NORD AG
Tel: +49 201 8901-0
Fax: +49 201 8901-4000
E-mail: product@tuev-nord.de

CE The CE marking can be affixed on the product if all relevant and effective Directives are complied with. **CE**

CE

**DEKLARACJA ZGODNOŚCI WE
EC DECLARATION OF CONFORMITY**

Nr / No. 150130701/2013

Upoważniony przedstawiciel /
Authorised representative:
Rajsko, ul. Przemysłowa 4E
32-600 Oświęcim, Poland
tel.: +48 33 843 06 53
e-mail: biuro@aspamet.pl

Wydawca / Manufacturer:
TurboMax Co. Ltd.
394 Jugam-ni, Heondo-myeon, Cheongwon-gun
Chungbuk 363-823, Korea

Nazwa wyrobu / Product name :
**Dmuchawa TurboMax
TurboMax Blower**

Typ / Type :
MAX 150-C060S1

Numer fabryczny / Serial number :
MAX100130701

Producent: upoważniony przedstawiciel deklaruje, że wyrob spełnia zasadnicze wymagania następujących dyrektyw:
MD 2006/42/WE Maszyny
EMC 2004/108/WE Kompatybilność elektromagnetyczna

Manufacturer and authorised representative declare that the product meets essential requirements of following directives:
MD 2006/42/EC Machinery
EMC 2004/108/EC Electromagnetic Compatibility

Wyrób jest w zgodności z następującymi normami zharmonizowanymi / Product is conformity with following harmonized standards:
PN-EN ISO 12100-2:2005 + A1:2009
PN-EN 60204-1:2010
PN-EN 61000-6-2:2008
PN-EN 61000-6-4:2008

Inne normy / Other standards :
prEN 14461:2002

Rajsko, 28.08.2013

Wiktor Dyrda
p.o. Pełnomocnik ds. Jakości
acting Plenipotentiary in questions of quality



Wprowadzenie.

Prezentowane Państwu w niniejszym katalogu nowoczesne dmuchawy, których konstrukcja wykorzystuje technologię łożysk powietrznych to obecnie najnowocześniejsze tego typu urządzenia na świecie.

Sercem dmuchawy jest układ łożysk powietrznych oraz silnik synchroniczny z zabudowanymi w wirniku magnesami trwałymi. Łożyska te - popularnie zwane „łożyskami powietrznymi” lub „łożyskami foliowymi” - od bardzo cienkich blach ze specjalnych stopów, z których są wykonane, mają zastosowanie w różnego rodzaju wysokoobrotowych turbinach, gdzie zakres pracy wynosi od 10 000 do 120 000 obr./min.

W dmuchawach produkcji TurboMAX łożyska foliowe pracują w zakresie od 18 000 do 40 000 obr./min. Następnym wyróżnikiem konstrukcyjnym dmuchaw TurboMAX jest silnik synchroniczny prądu sinusoidalnego nowej generacji, tzw. Permanent Magnet Synchronous Motor, w którego wirniku zostały zabudowane magnesy trwałe ziem rzadkich (magnesy neodymowe). Magnesy takie wytwarzają bardzo silne pole magnetyczne i nie tracą swoich właściwości w trakcie eksploatacji. Taka konstrukcja silnika spowodowała wyeliminowanie pierścieni ślizgowych i szczotek doprowadzających prąd do wirnika. Na wale wirnika osadzona została w sposób bezpośredni jednostopniowa turbina promieniowa. Silnik zasilany jest energią z komercyjnego przemiennika częstotliwości prądu sinusoidalnego. W dmuchawach TurboMAX stosowane są tylko przemienniki częstotliwości renomowanych producentów, takich jak KEB Niemcy, czy Yaskawa Japonia, które umożliwiają pracę dmuchawy z częstotliwościami do 800 Hz. Ta niezwykle prosta budowa powoduje, że dmuchawy TurboMAX są małe, ciche i niezawodne, zgodnie z dewizą – „Im mniej skomplikowana konstrukcja, tym jest ona bardziej niezawodna, prosta w obsłudze oraz remoncie”.

Dmuchawy TurboMAX posiadają również zabudowany własny sterownik oraz panel sterujący, który może współdziałać z nadrzędnym układem sterującym (stacja SCADA). Panel operatorski dmuchaw posiada menu, komunikaty błędów i historię zdarzeń w języku polskim.

Aspamet Siuta Andrzej zapewnia wsparcie na etapie projektowym, pełną obsługę sprzedażową i serwisową dmuchaw TurboMAX. Jesteśmy autoryzowanym przedstawicielem i centrum serwisowym na Polskę i Europę Środkowo-Wschodnią.

**Producent dmuchaw TurboMAX - firma
TurboMAX Ltd. z Korei Południowej**



Biuro konstrukcyjno-projektowe oraz stacja testowo-badawcza.



Zakład produkcyjny.



Montaż końcowy dmuchaw.

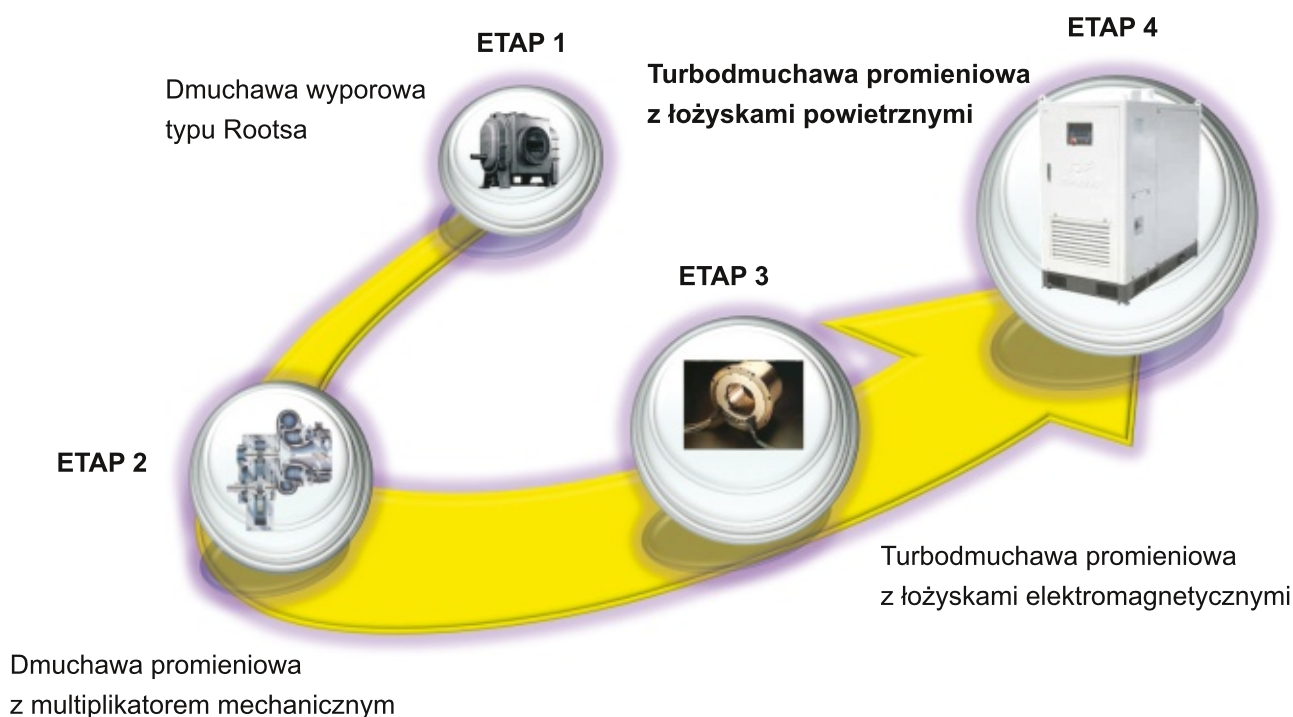


Aspamet

Technika w służbie napowietrzania

- rozwój i ewolucja dmuchaw powietrznych.

"Rozwój to ciągłe doskonalenie, dążenie do perfekcji".



Etap 1. Druga połowa XIX wieku - Dmuchawy wyporowe typu Roots'a.

Początki produkcji dmuchaw tego typu sięgają drugiej połowy XIX wieku. Konstrukcja ta została opracowana przez braci wynalazców Philandera i Francisa Roots, założycieli firmy Roots Blower Company.

Obecnie są one produkowane przez wiele firm na całym świecie. Przez dziesięciolecia konstrukcja była udoskonalana, głównie dzięki użyciu coraz wytrzymalszych materiałów i coraz sprawniejszych silników indukcyjnych.

Dmuchawy typu Roots'a pracują na zasadzie dwóch lub więcej, kręcących się w przeciwnym kierunku, wyprofilowanych, zachodzących na siebie walców, tłoczących powietrze do wspólnego kolektora. Powietrze podawane w ten sposób charakteryzuje się wyraźną pulsacyjnością.

Są to wciąż jedne z najszerzej stosowanych dmuchaw w przemyśle i na oczyszczalniach ścieków. Swoją popularność zawdzięczają przede wszystkim niskiej cenie zakupu oraz długoletniej obecności na rynku.

Cechują się zdecydowanie najniższą sprawnością spośród prezentowanych urządzeń, sprawnością która spada wraz ze wzrostem mocy dmuchawy.

Z tego powodu dmuchawy te znajdują zastosowanie głównie jako jednostki o mniejszej wydajności. Do dostarczenia takiej samej ilości powietrza co dmuchawy TurboMAX zużywają o ok. 30% więcej energii elektrycznej. Regulacja wydajności wymaga doposażenia urządzenia w dodatkowy przemiennik częstotliwości.

Z punktu widzenia użytkownika wymagają częstej kontroli stanu technicznego, regularnych wymian oleju, filtrów oraz pasów klinowych. A także dość częstych remontów generalnych stopnia sprężającego oraz wymian łożysk kulkowych w silniku. Generują wysoki poziom drgań a bez wyposażenia w dodatkową obudowę dźwiękochłonną emitują wysoki poziom hałasu. W przypadku użycia obudowy dźwiękochłonnej w praktyce często pojawiają się problemy z odprowadzeniem nadmiaru ciepła.



Etap 2. Lata '80 XX w. - Dmuchawy odśrodkowe, promieniowe, ze standardowym silnikiem indukcyjnym, mechanicznym multiplikatorem i łożyskami kulkowymi lub ślizgowymi.

Ostateczny kształt, w którym znane są do dzisiaj, został nadany dmuchawom tego typu w latach 80 ubiegłego wieku. Dmuchawy te korzystały z najlepszych dostępnych w tamtym czasie rozwiązań technicznych, obecnie są już jednak konstrukcjami przestarzałymi.

Sprężanie odbywa się dzięki odśrodkowej turbinie, wirującej z prędkością rzędu dwudziestu tysięcy obrotów na minutę. Powietrze podawane jest w sposób płynny, bez pulsacyjności cechującej dmuchawy Roots'a. Regulacja przepływu odbywa się za pomocą mechanicznych przesłon i kierownic.

Sprawność dmuchaw odśrodkowych w stosunku do dmuchaw wporowych jest znacznie wyższa.

Skomplikowana budowa oraz znaczne materiałowe koszty wytworzenia stanowią jedną z największych przeszkód w rozprzestrzenianiu tego typu dmuchaw. Cała konstrukcja ma masę kilku ton, napędzana jest silnikiem indukcyjnym, który za pomocą przekładni mechanicznej (multiplikatora) napędza, z kolei, osadzoną na końcowym wale turbinę promieniową.

Zarówno multiplikator jak i łożyska wymagają smarowania olejem. Wymagają również dobrze wyszkolonego pod względem technicznym personelu obsługującego. Koszty eksploatacyjne i koszty remontów są znaczne.

Etap 3. Lata '90 XX w. - Dmuchawy odśrodkowe, promieniowe, z wysokoobrotowym silnikiem asynchronicznym lub silnikiem z magnesami stałymi i bezstycznym łożyskowaniem elektromagnetycznym.

Znacznie mniejsza gabarytowo, kompaktowa i pierwsza całkowicie bezolejowa konstrukcja, która pojawiła się w latach 90 ubiegłego wieku. Czerpie ona z przemysłowego upowszechnienia podzespołów takich jak przenienniki częstotliwości oraz wydajne układy obliczeniowe.

Podobnie jak w poprzednio omawianym urządzeniu również tutaj mamy do czynienia ze sprężaniem odśrodkowym.

Cała dmuchawa ma jednak znacznie mniejsze gabaryty i masę, głównie za sprawą rezygnacji z przekładni mechanicznej. Turbina została osadzona bezpośrednio na wale wysokoobrotowego silnika, który dzięki zastosowaniu łożyskowania elektromagnetycznego

może wirować z prędkościami rzędu kilkudziesięciu tysięcy obrotów na minutę. Regulacja przepływu odbywa się za pomocą zmiany prędkości obrotowej silnika. Słabą stroną tych konstrukcji jest skomplikowany system łożyskowania elektromagnetycznego wymagający ciągłego dostarczania energii elektrycznej oraz dodatkowych, pełniących funkcję zabezpieczającą, łożysk stalowych-awaryjnych. Dmuchawy te wymagają oddzielnego sterownika, dedykowanego tylko dla utworzenia pola elektromagnetycznego oraz systemu czujników, a ewentualne naprawy tego systemu, ze względu na bardzo duże nasycenie zaawansowaną elektroniką są kosztowne.

Etap 4. Początek XXI w. - Dmuchawy odśrodkowe, promieniowe, z wysokoobrotowym silnikiem synchronicznym z magnesami stałymi z ziem rzadkich i bezstycznym łożyskowaniem powietrznym.

Dalszy rozwój w dziedzinie materiałoznawstwa umożliwił zastosowanie na skalę przemysłową łożysk powietrznych, do tej pory spotykanych jedynie w laboratoriach i lotnictwie. Wzmoczone wydobycie magnesów ziem trwałych w Chinach doprowadziło do znacznego spadku ceny tego surowca, dzięki czemu komercyjnie dostępne stały się silniki o najwyższej obecnie sprawności - silniki synchroniczne z zabudowanymi w wirniku magnesami stałymi ziem

rzadkich. Wprowadzenie tych dwóch zmian pozwoliło na znaczne uproszczenie konstrukcji dmuchawy.

Pierwsze wdrożenia tego typu urządzeń miały miejsce w 2004 roku w USA, Kanadzie oraz rozwiniętych krajach azjatyckich, takich jak Korea Południowa. Pierwsze wdrożenie na rynku Polskim miało miejsce w 2009 roku dzięki staraniom firmy Aspamet.

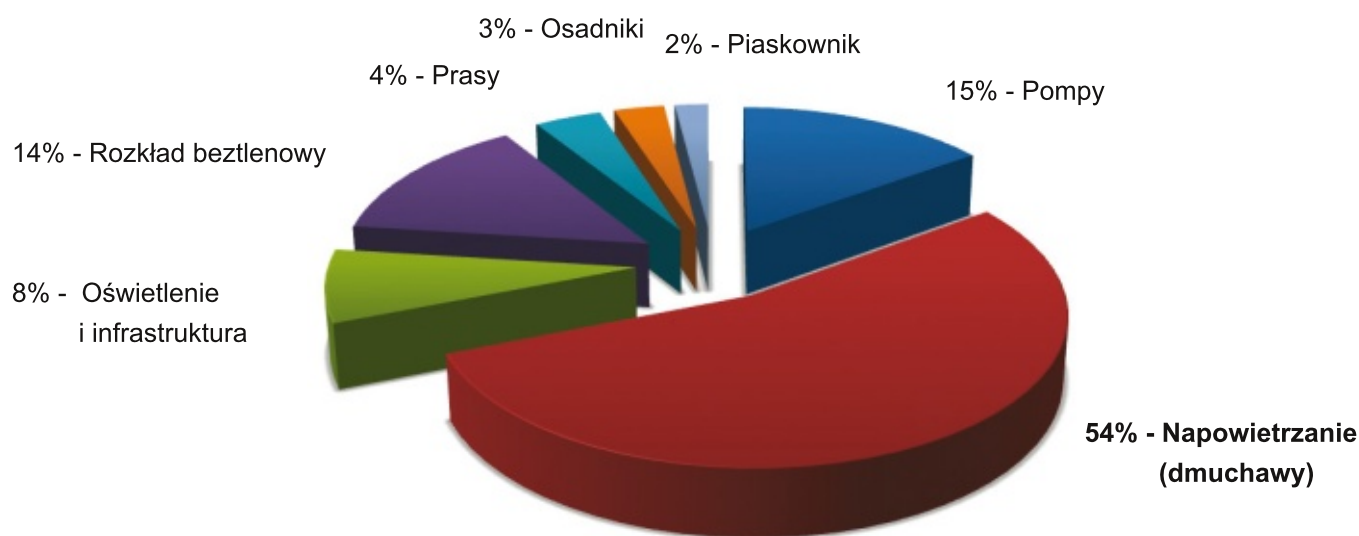
W dalszej części katalogu zostanie dokładnie przybliżona konstrukcja tego typu dmuchawy.



Aspamet

Dmuchawy sercem oczyszczalni ścieków - praktyczne aspekty efektywności energetycznej.

"Oszczędność to wielki dochód." - Cynceron



Wykres - Rozkład zużycia energii elektrycznej na typowej oczyszczalni ścieków.

Dlaczego efektywność energetyczna dmuchaw jest tak istotna?

Stacja dmuchaw stanowi najbardziej energochłonny układ na każdej typowej oczyszczalni ścieków. Udział dmuchaw w całkowitych kosztach zużywanej energii elektrycznej, a co za tym idzie, kosztach utrzymania oraz rentowności całego obiektu, jest znaczący.

Tak duży pobór mocy przez stację dmuchaw związany jest z bardzo wysoką sumaryczną mocą silników zainstalowanych tam urządzeń, energochłonnością samego procesu napowietrzania oraz potrzebą jego nieprzerwanego prowadzenia.

Moc zainstalowana w stacjach dmuchaw, na mniejszych oczyszczalniach ścieków, zazwyczaj zaczyna się od 100 kW i rozciąga aż do ok. 3000 kW na oczyszczalniach dużych aglomeracji miejskich.

Dlatego też stojąc w obliczu modernizacji, mając do wyboru dmuchawy wyporowe lub nowoczesne dmuchawy promieniowe, warto poświęcić chwilę aby wybrać rozwiązanie, które niekoniecznie jest najtańsze w momencie zakupu, ale zapewni najniższe koszty funkcjonowania całego obiektu w dłuższej perspektywie czasowej.

W ramach przykładu przedstawiono na sąsiedniej stronie symulację obrazującą o ile maleją koszty funkcjonowania całej oczyszczalni dzięki zastosowaniu dmuchaw o wysokiej sprawności energetycznej.



Symulacja obniżenia kosztów funkcjonowania oczyszczalni dzięki zastosowaniu bezobsługowych turbodmuchaw o wysokiej sprawności.

Na przykładowej stacji dmuchaw pracują dmuchawy pobierające średnio 200kW na każdą godzinę pracy w ciągu roku. Załóżmy, że dzięki zastosowaniu dmuchaw o sprawności wyższej tylko o 20% (dla dmuchaw TurboMAX jest to ostrożny szacunek, badania prowadzone na oczyszczalniach ścieków na terenie Polski wykazały zmniejszenie zapotrzebowania na energię elektryczną o 20-30% w stosunku do dmuchaw wyporowych) zaoszczędzimy 20% na kosztach kupowanej energii elektrycznej:

40 kW (różnica w poborze energii pomiędzy starymi a nowymi urządzeniami) · 0,35 zł (cena netto za kWh) · 8640 godzin (czas pracy układu dmuchaw w ciągu roku)
= 120 960,00 zł oszczędności z tytułu obniżenia kosztów zakupu energii elektrycznej w pierwszym i każdym kolejnym roku eksploatacji.

Oczyszczanie biologiczne ścieków: zbiorniki napowietrzające.

Proces biologicznego oczyszczania ścieków stanowi najważniejszą część całego łańcucha technologicznego. Przebiega on w sposób analogiczny do samo-oczyszczania naturalnych wód. Jednakże na Oczyszczalniach Ścieków ma on miejsce w niewielkim, zamkniętym obszarze zbiorników napowietrzających i przebiega znacznie szybciej. Zbiorniki napowietrzane są w trybie ciągłym, dzięki czemu zapewniana jest znakomita ilość tlenu rozpuszczonego w wodzie. Występują tam doskonałe warunki do życia bakterii i innych mikroorganizmów żyjących w wodzie. Tworzą wysoko skoncentrowane kolonie, które karmią się rozpuszczalną, zawieszoną zawartością ścieków.



Aspamet

Charakterystyka techniczno-ekonomiczna dmuchaw TurboMAX - wysoka sprawność oraz bezobsługowość dmuchawy.

Efektywność energetyczna.

- Badania prowadzone na oczyszczalniach ścieków **na terenie Polski** wykazały, że zużycie energii elektrycznej przez dmuchawy TurboMAX jest mniejsze o 19~30% w stosunku do wciąż najszerzej rozpowszechnionych dmuchaw wyporowych.
- Z tego względu biorąc pod uwagę koszt samej energii elektrycznej oraz znaczne moce zainstalowanych układów dmuchaw, można zakładać zwrot początkowych nakładów inwestycyjnych już w okresie kilku lat, bazując wyłącznie na oszczędnościach z tytułu znacznie mniejszych opłat za zużytą energię elektryczną.



Opinie użytkowników.

"W okresie dotychczasowej eksploatacji dmuchaw TurboMAX nie odnotowano żadnych problemów technicznych, urządzenia pracują bezproblemowo i bezawaryjnie." (...) "Półroczna eksploatacja nowych dmuchaw potwierdziła oszczędności zużycia energii na poziomie dwudziestu procent oraz znaczne zmniejszenie poziomu hałasu w porównaniu do wcześniej eksploatowanych dmuchaw Roots'a."

"AQUA" S.A., 43-300 Bielsko-Biała

"RCGW S.A. podjęło decyzję o wyposażeniu stacji dmuchaw obsługujących reaktory C-Tech w dmuchawy oferowane przez firmę Aspamet Siuta Andrzej mając na uwadze prawie 2 letnią, bezproblemową eksploatację na oczyszczalni w Urbanowicach dmuchawy TurboMAX model MAX75-C060." (...) "Eksploatacja tej dmuchawy potwierdziła oszczędności zużycia energii elektrycznej rzędu 30% w stosunku do stosowanych poprzednio dmuchaw typu Roots'a oraz zmniejszenie hałasu o ok. 20dB."

RCGW S.A., Tychy 43-100



Znaczna redukcja kosztów eksploatacyjnych.

- Dmuchawy TurboMAX bez zbytniej przesady można nazwać całkowicie bezobsługowymi.
- Regularne czynności eksploatacyjne wykonywane przez obsługę ograniczają się do okresowej wymiany filtrów powietrza wlotowego (średnio raz na 2-6 miesięcy w zależności od wielkości dmuchawy i stopnia czystości powietrza w miejscu instalacji).
- W całej dmuchawie nie występują nawet śladowe ilości oleju ani żadne inne środki smarne. Odpadają więc wszystkie koszty i czynności związane z okresową wymianą i utylizacją oleju, filtrów oleju, pomp czy wskaźników. Pozbywamy się również ryzyka wycieku oleju oraz przestojów i kosztów związanych z takimi awariami.
- Jak dokładniej zostało opisane w części katalogu poświęconej budowie dmuchawy, turbina sprężająca powietrze osadzona jest bezpośrednio na wale wysoobrotowego silnika. **Nie występują żadne elementy pośredniczące, przenoszące napęd z silnika na element sprężający.** Z tego tytułu unikamy kosztów związanych z okresową wymianą zestawu pasów transmisyjnych i przestojem dmuchawy w sytuacji ich nagłego zerwania, jak to ma miejsce w przypadku dmuchaw wyporowych. Unikamy również bardzo kosztownych remontów przekładni mechanicznej (multiplikatora), która jest nieodłącznym elementem dmuchaw promieniowych poprzedniej generacji.
- Wał silnika dmuchawy TurboMAX podparty jest na bezstycznych łożyskach powietrznych. Trwałość takiego systemu łożyskowania to co najmniej 22000 startów i zatrzymań dmuchawy, co w typowej aplikacji przekłada się na **10-12 lat pracy do czasu pierwszego remontu.** Dla porównania łożyska kulkowe, nawet te wzmocnione - ceramiczne - stosowane w silnikach asynchronicznych oraz przekładniach mechanicznych wymagają wymiany co parę lat oraz ciągłej opieki eksploatacyjnej. Na tym tle tylko pozornie korzystniej wypada system łożyskowania elektromagnetycznego. Jego żywotność,

co prawda, nie jest limitowana ilością startów i zatrzymań, ale sam proces wytworzenia, monitorowania i sterowania polem elektromagnetycznym łożysk wymusza konieczność stosowania w dmuchawie wielu elementów elektronicznych i siłowych, które nie występują w dmuchawach z łożyskami powietrznymi. Takimi elementami jest wydajny, dedykowany sterownik służący tylko do sterowania polem elektromagnetycznym łożysk w czasie rzeczywistym, zespół czujników monitorujących położenie wału, regulowane, dedykowane źródło napięcia do zasilania łożysk, same łożyska elektromagnetyczne z cewkami oraz nieodłączny system łożysk tocznych awaryjnych, o limitowanej żywotności. Takie nagromadzenie elektroniki może stanowić nie tylko zwiększone zagrożenie awaryjnością układu, ale związane jest również z potrzebą okresowej wymiany wszystkich tych elementów elektronicznych i siłowych. Ponieważ dmuchawy przeznaczone są do pracy ciągłej i w praktyce tak również są eksploatowane, obciążenie tych dodatkowych urządzeń jest bardzo znaczne, co bezpośrednio przekłada się na ich żywotności i czasookres wymiany tych elementów oraz bardzo znaczne koszty z tym związane.





Aspamet

Budowa dmuchaw TurboMAX

- prosta konstrukcja źródłem niskich kosztów eksploatacyjnych i niezawodności.

KOMPAKTOWA BUDOWA

- Wszystkie elementy funkcjonalne dmuchawy zabudowane są we wspólnej obudowie dźwiękochłonnej.
- Dmuchawa dostarczana jest jako kompletne urządzenie typu "Plug & Play", może być eksploatowana od razu po podłączeniu zasilania i podpięciu do rurociągu wylotowego.
- Nie wymaga podłączenia do żadnych dodatkowych zewnętrznych układów.
- Dmuchawa ze względu na znikomy poziom drgań nie wymaga nawet kotwienia do podłoża, stoi jedynie na nóżkach poziomujących. Nie jest również wymagane wykonywanie dylatacji posadzki.
- Ze względu na niewielkie gabaryty oraz niską masę nie wymaga wykonywania żadnych specjalnie wzmocnianych fundamentów. Z reguły może być posadowiona na fundamentach po starych dmuchawach bez potrzeby wykonywania dodatkowych przeróbek.

PODSTAWOWE ELEMENTY KONSTRUKCYJNE

- Dmuchawa TurboMAX należy do rodziny wysokoobrotowych dmuchaw promieniowych, które coraz powszechniej określa się wspólnym mianem "turbo-dmuchaw". Określenie to jest związane z bardzo wysokimi prędkościami obrotowymi przy których pracuje dmuchawa, rzędu 18000 - 40000 obrotów/minutę.
- Jest to obecnie najnowocześniejsza konstrukcja w zakresie dmuchaw powietrznych, łącząca wysoką sprawność i kulturę pracy z minimalnymi kosztami eksploatacyjnymi.
- Sprężanie powietrza odbywa się za pomocą odśrodkowej turbiny promieniowej, która osadzona jest bezpośrednio na wale wysokoobrotowego silnika synchronicznego prądu sinusoidalnego, którego wirnik wyposażony jest w silne magnesy trwałe ziem rzadkich (tzw. magnesy neodymowe). Należy podkreślić, że pomiędzy turbiną a silnikiem nie występują żadne dodatkowe, zużywające się elementy typu sprzęgło czy multiplikator mechaniczny (przekładnia). Również w samym silniku brak jest elementów zużywających się,



Dmuchawa TurboMAX - widok zewnętrzny.

takich jak szczotki czy pierścienie ślizgowe doprowadzające napięcie do uzwojeń wirnika - za wytworzenie pola magnetycznego wirnika odpowiadają zatopione w nim magnesy trwałe ziem rzadkich.

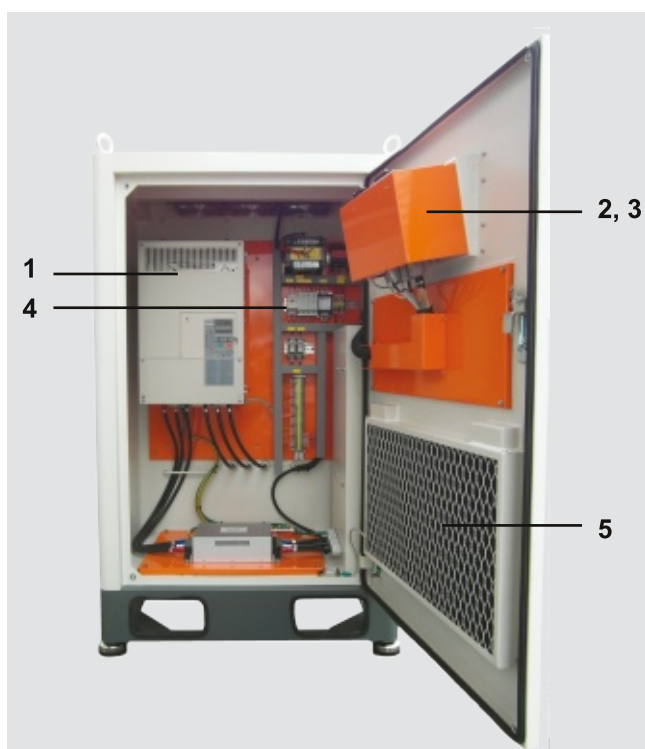
- Silnik dmuchawy sterowany jest poprzez przemiennik wysokiej częstotliwości prądu sinusoidalnego. Aby uzyskać prędkość obrotową silnika rzędu 18000 - 40000 obrotów/minutę (prędkość maksymalna i minimalna są różne dla różnych modeli dmuchaw), zakres częstotliwości wyjściowej napięcia z przemiennika częstotliwości regulowany jest w przedziale 300-660 Hz. W dmuchawach TurboMAX stosowane są wyłącznie komercyjne przemienniki częstotliwości renomowanych producentów, takich jak KEB Niemcy i Yaskawa Japonia.

- Ze względu na bardzo wysokie prędkości obrotowe w dmuchawach TurboMAX zastosowano bezstyczne łożyska najnowszej generacji, tzw. łożyska powietrzne.



Dmuchawa TurboMAX - przedział mechaniczny

- 1 - promieniowa turbina odśrodkowa
- 2 - silnik synchroniczny prądu sinusoidalnego, bezszczotkowy, z zabudowanymi w wirniku magnesami trwałymi ziem rzadkich oraz łożyskowaniem powietrznym (niewidoczny na fotografii, znajduje się bezpośrednio za turbiną)
- 3 - chłodzenie za pomocą wentylatora osadzonego bezpośrednio na tylnej części wału silnika, wyrzut ciepłego powietrza poza dmuchawę, powietrze to nie trafia więc na stopień sprężający, co skutkowałoby obniżeniem sprawności urządzenia
- 4 - zawór rozruchowo-wydmuchowy z tłumikiem
- 5 - tłumik wlotowy po stronie ssącej
- 6 - dyfuzor wylotowy po stronie tłocznej
- 7 - wytłumienie wewnętrzne obudowy
- 8 - filtr stopnia sprężającego (w tylnej części obudowy)



Dmuchawa TurboMAX - przedział elektryczny

- 1 - przemiennik wysokiej częstotliwości prądu sinusoidalnego
- 2 - sterownik
- 3 - lokalny panel sterujący: ekran dotykowy umieszczony na frontowej części obudowy
- 4 - filtry, dławiki, transformator 400/230 V na potrzeby własne dmuchawy, osprzęt elektryczny
- 5 - filtr chłodzenia przedziału elektrycznego

Budowa dmuchaw TurboMAX

- zestawienie podstawowych elementów konstrukcyjnych.



- Wysokoobrotowy silnik synchroniczny prądu sinusoidalnego z zabudowanymi w wirniku magnesami trwałymi ziem rzadkich.
- Zapewnia najwyższą sprawność spośród wszystkich produkowanych obecnie silników elektrycznych rzędu 96-97%.



- **System łożysk powietrznych umożliwiający bezkontaktową pracę układu wirującego.**

- System składa się z łożysk promieniowych stanowiących podparcie wirującego układu: wał silnika + turbina oraz łożysk poosiowych stabilizujących turbinę w płaszczyźnie osiowej.
- W trakcie pracy pomiędzy elementami wirującymi a wałem tworzy się samoistnie stabilna szczelina powietrzna, eliminująca tarcie.
- Łożyska powietrzne nie wymagają żadnych dodatkowych elementów do pracy.



- Wał wirnika silnika z bezpośrednio osadzonymi na obu jego końcach: turbiną tłoczącą powietrze oraz wentylatorem wymuszającym chłodzenie silnika.
- W wale wirnika zatopione są silne magnesy z ziem rzadkich (magnesy neodymowe), odpowiadające za wytworzenie pola magnetycznego wirnika. W silniku nie występują żadne elementy szybkozużywające się jak szczotki czy pierścienie ślizgowe.
- Zastosowana turbina jest turbiną odśrodkową, promieniową o rozmiarze i geometrii zoptymalizowanej dla żądanych parametrów pracy, tj. ciśnienia i przepływu.
- Układ pracuje z prędkościami obrotowymi rzędu 18000-40000 obrotów/minutę.
- Prędkość obrotowa regulowana jest bezpośrednio za pomocą falownika prądu sinusoidalnego.



Budowa dmuchaw TurboMAX

- szczegółowe przedstawienie poszczególnych elementów konstrukcyjnych.

1. Łożyska powietrzne.

TECHNOLOGIA, KTÓRA POTWIERDZIŁA JUŻ SWOJĄ WIARYGODNOŚĆ

Foliowe łożyska powietrzne (ang. air-foil bearings) stanowią przedmiot prac badawczo-rozwojowych ośrodków laboratoryjnych położonych na całym świecie. Przy czym największym zaawansowaniem prac, zwieńczonym opracowaniem łożysk o długiej żywotności i znakomitych parametrach eksploatacyjnych mogą pochwalić się ośrodki z USA oraz instytuty z Korei Południowej, z którymi współpracuje producent dmuchaw, firma TurboMAX.

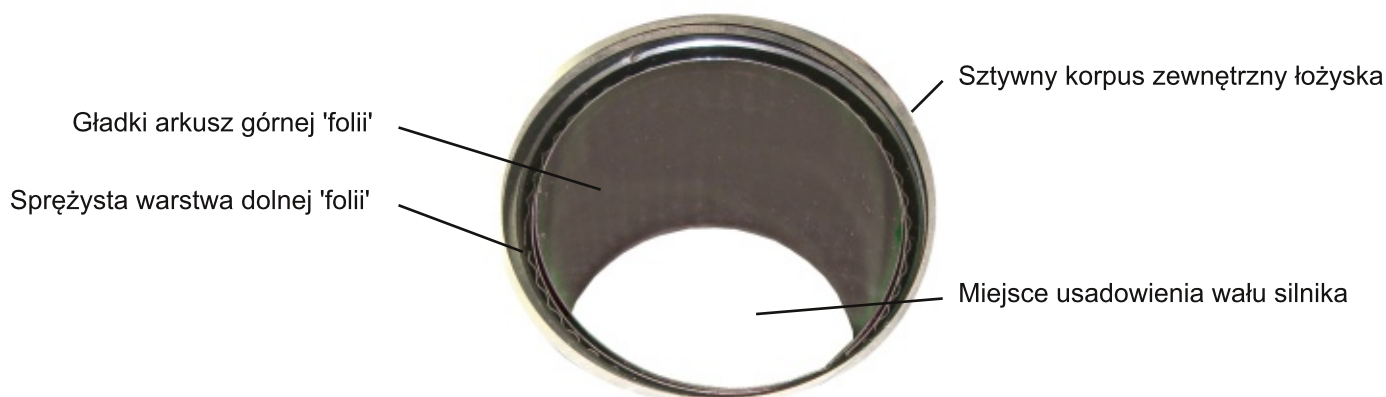
Pierwsza generacja łożysk powietrznych została opracowana w USA pod koniec lat '50 XX wieku z myślą o zastosowaniu w przemyśle wojskowym oraz kosmicznym. Po raz pierwszy zostały one komercyjnie wykorzystane w turbinach chłodzących w samolotach Boeing 727 oraz Boeing 737 w połowie lat '60. Obecnie na stałe weszły do układów ACM (ang. Air Cycle Machines) stosowanych w układach klimatyzacji i regulacji ciśnienia w aeroplanach, co stanowi najlepsze potwierdzenie wysokiej jakości technologii foliowych łożysk powietrznych. Zostały zastosowane we wszystkich samolotach wojskowych USA, gdzie dzięki swoim znakomitym parametrom eksploatacyjnym oraz niezawodności wyparły wykorzystywane uprzednio tradycyjne łożyska toczne smarowane olejem.

Naturalnym etapem rozwoju było systematyczne opracowywanie coraz nowszych generacji foliowych łożysk powietrznych, cechujących się coraz większą ilością tolerowanych startów i zatrzymań układu wirującego oraz zwiększaną nośnością. Stopniowo poszukiwano dla tego typu łożysk nowych aplikacji, których bardzo udanym przykładem są wysokoobrotowe bezolejowe dmuchawy promieniowe TurboMAX, opracowane i po raz pierwszy komercyjnie zastosowane na początku XXI wieku w Korei Południowej.

BUDOWA

Foliowe łożyska powietrzne (ang. air-foil bearings) są rodzajem łożysk hydrodynamicznych, które jako czynnik smarujący wykorzystują gaz otoczenia i nie wymagają żadnych dodatkowych substancji ani układów smarujących.

Samo łożysko zbudowane jest z gładkiego, otulającego wał arkusza wykonanego ze specjalnych stopów, dociskanego przez ustępliwą, pofałdowaną zewnętrzną warstwę łożyska działającą jak sprężyna dociskowa. Sprężysta folia z kolei zamknięta jest w sztywnym, nieodkształcalnym korpusie zewnętrznym. Łożyska w całości wykonane są ze stopów specjalnych metali, ale ze względu na ich stosunkowo niewielką grubość określane są potocznie jako 'foliowe'.



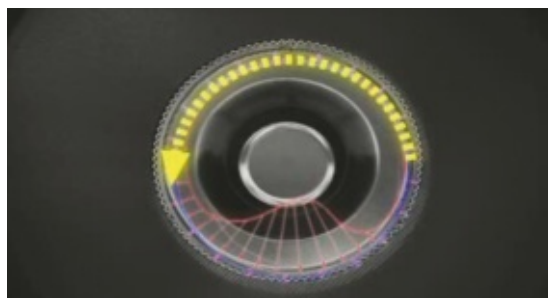
Budowa foliowego łożyska powietrznego na przykładzie łożyska promieniowego.



Aspamet

ZASADA DZIAŁANIA FOLIOWEGO ŁOŻYSKA POWIETRZNEGO

W wyniku prędkości obrotowej wału, ciśnienie gazu roboczego, które samoistnie powstaje pomiędzy wirującym wałem i gładką częścią łożyska powietrznego powoduje odepchnięcie gładkiego arkusza od powierzchni wału i samoistne wygenerowanie szczeliny powietrznej. Dochodzi do tego dzięki wciąganiu powietrza do łożyska



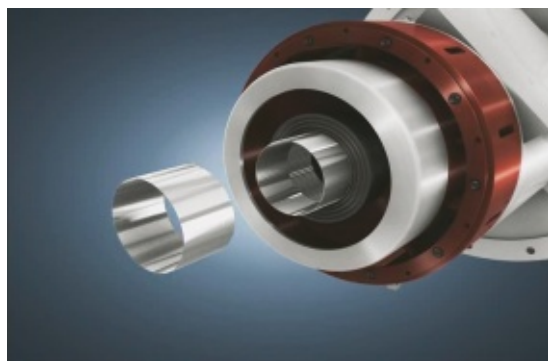
Generowanie ciśnienia hydrodynamicznego w łożysku powietrznym.

zachodzącemu za sprawą lepkości gazu. Samoistnie wymuszana jest zbliżona do cylindrycznej geometria filmu aerodynamicznego o niewielkiej grubości, który to film eliminuje tarcie pomiędzy powierzchnią wału i łożyska, a w efekcie zapewnia ich bezkontaktową pracę.

Hydrodynamiczne foliowe łożyska powietrzne stosowane w dmuchawach TurboMAX są całkowicie autonomiczne i niezależne we wszystkich stadiach pracy: od postoju poprzez rozruch, normalną pracę do zatrzymania i ponownego rozruchu.



Łożyska powietrzne poosiowe - zapewniają stabilizację turbiny w płaszczyźnie osiowej.



Łożyska powietrzne promieniowe - zapewniają podparcie i bezstyczną pracę wału.

CECHY FOLIOWYCH ŁOŻYSK POWIETRZNYCH

- Bardzo niskie (pomijalne) starty tarcia hydrodynamicznego i w konsekwencji bardzo wysoka sprawność.
- Uproszczenie konstrukcji i zachowanie absolutnej czystości powietrza roboczego dmuchawy poprzez całkowitą eliminację oleju z układu.
- Stabilność czynnika roboczego łożysk bez możliwości jego odparowania, kawitacji, zestalenia się i zapłonu w szerokim zakresie temperatur.
- Łożyska zastosowane w dmuchawach TurboMAX są łożyskami hydrodynamicznymi, w przeciwieństwie do hydrostatycznych łożysk powietrznych nie wymagają żadnych zewnętrznych układów dostarczających sprężony gaz.
- Bardzo wysoka obciążalność i znakomita odporność na stany udarowe.
- Brak jakichkolwiek planowanych czynności konserwacyjnych.
- Łożyska mogą pracować z prędkościami obrotowymi do 100000 obrotów/minutę, przy czym w przypadku dmuchaw TurboMAX zakres typowych prędkości obrotowych to 18000 do 40000 obrotów/minutę.
- Gwarantowana żywotność foliowych łożysk powietrznych dla dmuchaw to co najmniej 22 000 startów i zatrzymań i zatrzymań dmuchawy (10-12 lat eksploatacji).



2. Wysokoobrotowy silnik synchroniczny prądu sinusoidalnego z zabudowanymi w wirniku magnesami trwałymi ziem rzadkich.



- Silnik synchroniczny z zabudowanymi w wirniku magnesami trwałymi ziem rzadkich zasilany napięciem sinusoidalnym (*ang. PMSM - Permanent Magnet Synchronous Motor*).
- Cechuje się najwyższą sprawnością spośród wszystkich typów dostępnych komercyjnie silników, rzędu 96-97%.
- Generuje bardzo wysoką moc z niewielkich gabarytów. Przykładowa masa silnika PMSM o mocy 80 kW to zaledwie 60 kg podczas gdy silnik indukcyjny o tej samej mocy ma masę 250 kg.
- Umożliwia bardzo dokładną kontrolę prędkości obrotowej.

- Posiada zabudowaną tuleję z magnesami trwałymi ziem rzadkich wprasowaną na wał wirnika, odpowiadającą za wytworzenie pola magnetycznego wirnika.
- Jest to optymalna konstrukcja silnika dla dużych prędkości obrotowych, zachowująca bardzo dobre właściwości w obszarze osłabionego strumienia, występującym przy pracy z bardzo wysoką częstotliwością (300 - 660 Hz).
- Silnik nie wymaga przeprowadzania żadnych planowanych czynności konserwacyjnych. Nie posiada w swojej konstrukcji żadnych elementów zużywających się, takich jak szczotki doprowadzające napięcie do uzwojeń wirnika czy pierścienie ślizgowe.

3. Przebiegnik wysokiej częstotliwości prądu sinusoidalnego.



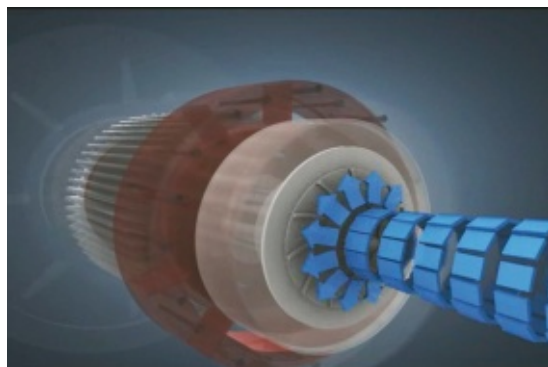
- W dmuchawach TurboMAX stosowane są wyłącznie wysokiej klasy komercyjne przebiegniki częstotliwości renomowanych producentów, jak niemiecki KEB czy japońska Yaskawa.
- Są to przebiegniki częstotliwości prądu sinusoidalnego dedykowane do współpracy z wysokoobrotowymi silnikami synchronicznymi z zabudowanymi w wirniku magnesami trwałymi o dużej mocy.
- Umożliwiają precyzyjne zadawanie oraz kontrolowanie prędkości obrotowej dmuchawy.
- Cechują się bardzo dobrą reakcją na nagłe zmiany obciążenia, zdrażające się przy pracy dmuchawy.
- Przebiegnik częstotliwości stanowi integralną część dmuchawy TurboMAX i wchodzi w skład standardowej dostawy.
- Zarówno KEB jak i Yaskawa posiadają niezależne centra serwisowe na terenie Polski.

Przebiegnik wysokiej częstotliwości: KEB Niemcy.

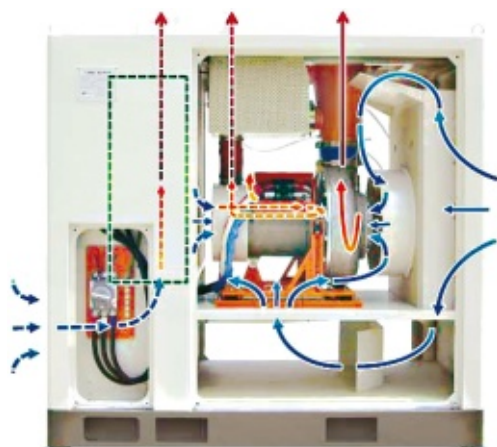


Aspamet

4. System chłodzenia.



Wentylator chłodzący osadzony jest bezpośrednio na wale silnika.



Obieg powietrza procesowego oraz chłodzącego w dmuchawie TurboMAX.



Opcjonalne orurowanie do wyprowadzenia ogrzanego powietrza z układu chłodzenia silnika na zewnątrz pomieszczenia z przełącznikiem (system dwóch przepustnic ręcznych) zima-lato.

- Opatentowany system chłodzenia wysokoobrotowego silnika stosowany w dmuchawach TurboMAX nie wymaga żadnych dodatkowych elementów w układzie chłodzenia, takich jak występujący w niektórych dmuchawach dodatkowy wentylator wymuszający obieg powietrza przez ożebrowanie silnika wraz z systemem orurowania oraz dedykowanym, regulowanym źródłem zasilania.

Patent #10-0675821 - 'Układ chłodzenia dla turbo maszyn, wyposażonych w wysokoobrotowy silnik.'

Patent #10-0781298 - 'Dmuchawa powietrzna'.

- Wentylator odpowiadający za chłodzenie silnika osadzony jest bezpośrednio na jego wale, co znacznie podwyższa bezawaryjność systemu chłodzenia oraz eliminuje potrzebę jego planowej konserwacji.

- Ogrzane powietrze wyprowadzane jest z wnętrza dmuchawy na zewnątrz obudowy dźwiękochłonnej, dzięki czemu uniknięto obniżenia sprawności dmuchawy za sprawą zwiększenia temperatury powietrza podawanego na stopień spężający.

- Wyprowadzenie ogrzanego powietrza zakończone jest kołnierzem przyłączeniowym. W okresie zimowym ciepłe powietrze może zostać opcjonalnie wykorzystane do doogrzewania hali dmuchaw, natomiast w okresie letnim wyrzucane poza pomieszczenie (patrz fotografia). Przy czym ten dodatkowy system orurowania powoduje podwyższenie początkowych kosztów inwestycyjnych i z naszego doświadczenia jest uzasadniony tylko przy niewielkich kubaturach, silnie nasłonecznionych w okresie letnim budynkach stacji dmuchaw. Przy budynkach o większej kubaturze może on zostać pominięty bez negatywnego wpływu na eksploatację urządzeń.

- W przypadku mniejszych i średnich modeli dmuchaw TurboMAX chłodzenie wysokoobrotowego silnika odbywa się wyłącznie za pomocą powietrza, natomiast największe modele dmuchaw wyposażone są w dodatkowy płaszcz wodny na silniku. Przy czym cały układ wymiennika woda-powietrze osadzony jest w kompaktowej obudowie dmuchawy i nie wymaga podłączenia do żadnych zewnętrznych układów.



5. Odśrodkowa turbina promieniowa.

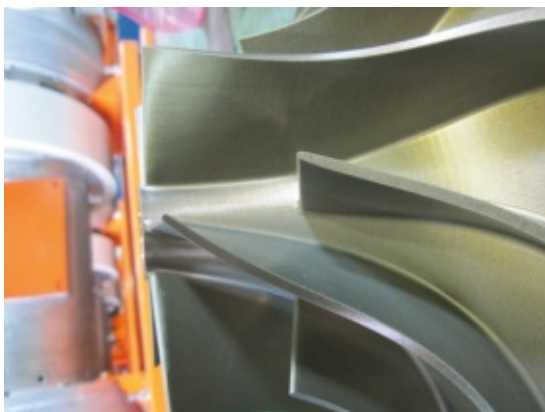


- Turbina osadzona jest bezpośrednio na wale silnika, bez żadnych sprzęgieł ani przekładni mechanicznych, sprawność przenoszenia mocy wynosi 100%.

- Dla każdej wielkości dmuchawy oraz każdej wartości ciśnienia roboczego dmuchawy dobierany jest inny, zapewniający optymalne parametry eksploatacyjne kształt geometrii turbiny.

- Geometria turbiny w każdym przypadku cechuje się wysoką odpornością na zjawisko pomażu, zapewnia duży margines ciśnienia roboczego oraz zakres wytwarzanego przepływu.

- Wytwarzana jest na 5-cio osiowym centrum obróbczym z monolitycznego bloku stopu kutego aluminium. Ten sposób produkcji zapewnia nie tylko wysoką precyzję wykonania ale i bardzo dużą wytrzymałość mechaniczną, gwarantującą niezawodność przy pracy z bardzo wysokimi prędkościami obrotowymi. W przeciwieństwie do wirników odlewanych eliminujemy zagrożenie wynikające z wewnętrznych skaz i niejednorodności odlewane go materiału, skutkujące powstawaniem dodatkowych sił i osłabienia materiału będącego skutkiem naprężeń wewnętrznych.





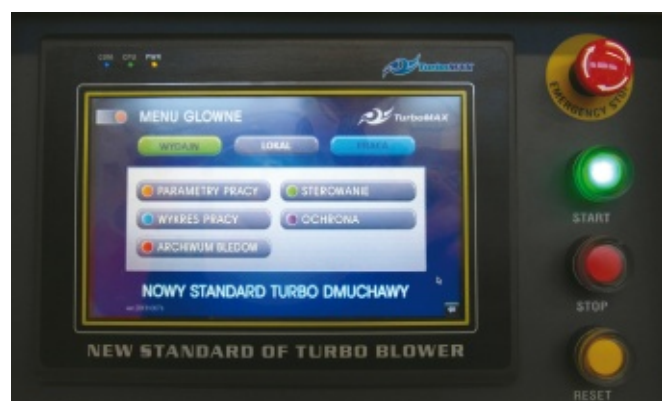
Aspamet

6. Sterownik z zewnętrznym kolorowym panelem dotykowym do komunikacji z użytkownikiem.



Przykładowy Sterownik PLC wraz z oprzyrządowaniem i panelem dotykowym zabudowany w dmuchawie.

- Każda dmuchawa wyposażona jest we własny sterownik oraz zabudowany na frontowej części obudowy kolorowy panel dotykowy.
- Dostępne są następujące typy sterowników: Mi-Com TurboMAX, PLC Allen Bradley, PLC Siemens.
- Możliwa jest zdalna komunikacja z dmuchawą oraz regulacja jej wydajności za pomocą sygnałów analogowych 4-20mA, protokołów komunikacyjnych MODBUS TCP, MODBUS RTU lub PROFIBUS DP.
- Sterownik pełni funkcje regulacyjne oraz diagnostyczne na bieżąco monitorując parametry pracy dmuchawy. Za pośrednictwem panelu dotykowego można odczytać szereg parametrów dotyczących aktualnej pracy dmuchawy jak przepływ, ciśnienie robocze, pobór mocy i wiele innych. Wszystkie parametry można odczytywać również zdalnie.





Przyjazne czynności konserwacyjne

- prostota konstrukcji przekłada się na minimum czynności obsługowych.



Łatwa wymiana filtra głównego.

- Regularnych wymian wymaga jedynie filtr powietrza wlotowego.
- Stan zabrudzenia filtra na bieżąco monitorowany jest przez dmuchawę. Potrzeba wymiany filtra każdorazowo sygnalizowana jest na wyświetlaczu dmuchawy.
- Dmuchawa posiada dwa filtry: filtr główny na wlocie powietrza do dmuchawy oraz filtr przedziału elektrycznego.
- Jako filtry wykorzystywana jest tkanina filtracyjna spełniająca odpowiednie normy. Tkanina umieszczona jest w ramach ze stali nierdzewnej.
- Wymiana filtrów jest bardzo łatwa i nawet nie wyszkolonemu personelowi nie zajmuje więcej niż kilka minut.

- W największych modelach dmuchaw wyposażonych w zintegrowany system chłodzenia wodno-powietrznym należy jeszcze dokonywać okresowej kontroli wizualnej stanu płynu chłodzącego i w razie potrzeby dokonać jego uzupełniania.
- Jako płyn chłodzący wykorzystywany jest zwykły roztwór glikolu, wykorzystywany m. in. w systemie chłodzenia w samochodach.



Łatwa wymiana filtra przedziału elektrycznego.

W dmuchawie TurboMAX nie ma ani grama oleju ani żadnych środków smarnych. Z tego względu nie ma potrzeby kontroli stanu oleju i filtrów, ich wymiany i utylizacji. W dmuchawie nie ma również pasów klinowych i przekładni mechanicznych, dzięki bezpośredniemu napędowi turbiny uzyskano nie tylko wyjątkową sprawność energetyczną urządzenia, ale wyeliminowano szereg pośrednich elementów, które mogą być źródłem awarii a ich utrzymanie w odpowiednim stanie technicznym generuje znaczące koszty.



Zestaw filtrów dmuchawy TurboMAX: filtr przedziału elektrycznego oraz filtr główny.



Aspamet

Typoszereg i zakres dostawy dmuchaw TurboMAX.

Typ	Model	Gabaryty			Średnica na tłoczeniu mm	Średnica BOV mm	Masa kg	Moc kW
		szerokość	długość	wysokość				
		mm	mm	mm				
MAX20	MAX20-C060, C080	700	1050	1000	150	100	270	16,4
MAX30	MAX30-C060, C080	700	1050	1000	150	100	290	24,5
MAX50	MAX50-C040	850	1300	1350	200	125	450	40,9
	MAX50-C060, C080	700	1050	1000	150	100	300	40,9
MAX75	MAX75-C040	800	1300	1350	200	125	650	61,3
	MAX75-C060, C070, C080, C090	800	1300	1350	200	125	450	61,3
MAX100	MAX100-C040	850	1800	1600	250	150	810	81,8
	MAX100-C050, C070, C080, C0100	850	1300	1600	200	125	650	81,8
MAX150	MAX150-C040	850	1800	1600	300	150	810	122,7
	MAX150-C060, C070, C080, C100, C120	850	1800	1600	250	150	810	122,7
MAX200	MAX200-C060S, C70S/80S, C100S/120S	900	1850	1700	300	150	900	163,5
	MAX250-C060S, C080S, C100S	900	2050	1800	300	150	1100	204,4
MAX300	MAX300-C060S	1300	1900	2050	400	150	1500	245,3
	MAX300-C080S, C100S/C120S	1300	1900	2050	350	150	1500	245,3
MAX350	MAX350-C060T	1300	2000	2050	450	150	1700	286,2
	MAX350-C080S	1300	1900	2050	400	150	1600	286,2
	MAX350-C100S/C120S	1300	1900	2050	350	150	1600	286,2
MAX400	MAX400-C060T	1300	2000	2050	450	150	1700	327,1
	MAX400-C080S	1300	1900	2050	400	150	1600	327,1
	MAX400-C100S/C120S	1300	1900	2050	350	150	1600	327,1
MAX500	MAX500D-C060S	1700	2400	2000	500	150	2400	408,8
	MAX500D-C080S, C100S/C120S	1700	2400	2000	450	150	2400	408,8
MAX600	MAX600D-C060S	2100	2750	2250	600	150	3000	490,6
	MAX600D-C080S	2100	2750	2250	500	150	3000	490,6
	MAX600D-C100S	2100	2750	2250	450	150	3000	490,6
MAX800	MAX800D-C060T	2100	2750	2250	600	150	3400	654,1
	MAX800D-C060S	2100	2750	2250	600	150	3200	654,1
	MAX800D-C100S	2100	2750	2250	500	150	3200	654,1

Ciśnienie wylotowe mbar	MAX20	MAX30	MAX50	MAX75	MAX100	MAX150	MAX200	MAX250	MAX300	MAX400	MAX500	MAX600	MAX800
	Przepływ m3/min												
300	18	26	47	76	107	130	174	243	258	348	486	516	696
400	14	23	43	68	86	122	164	217	242	328	434	484	656
500	16	20	38	55	74	113	148	195	225	296	390	450	592
600	12	18	33	49	66	104	132	160	200	264	320	400	528
700		17	26	44	58	92	116	145	180	232	290	360	464
800		12	23	40	54	82	108	135	162	216	270	324	432
900			18	37	50	69	92	115	137	184	230	274	368
1000				31	42	62	86	108	125	172	215	250	344



Dmuchawy TurboMAX dostępne są w dwóch podstawowych wersjach obudowy, różniących się sposobem zasysania powietrza przez maszynę.

- W wersji wyposażonej w żaluzję wlotową powietrze zasysane jest bezpośrednio z pomieszczenia w którym usytuowane są dmuchawy. W tym przypadku budynek musi być wyposażony w nawiewne czerpnie powietrza.
- W wersji wyposażonej w kołnierz przyłączeniowy po stronie wlotowej powietrze zasysane jest za pośrednictwem rurociągu, którego wlot umiejscowiony jest na zewnątrz budynku.



Wersja obudowy z żaluzją wlotową.



Wersja obudowy z kołnierzem do przyłączenia rurociągu po stronie ssącej.



Aspamet

Przykładowe referencyjne instalacje na terenie Polski.



**2009 r. O.Ś. Tychy - Urbanowice,
stacja dmuchaw nr 1**
dmuchawy: 1 szt. MAX75



**2011 r. O.Ś. Tychy - Urbanowice,
stacja dmuchaw nr 2**
dmuchawy: 5 szt. MAX100



**2011 r. O.Ś. Bielsko-Biała - Komorowice,
stacja dmuchaw nr 1**
dmuchawy: 2 szt. MAX75



**2013 r. O.Ś. Bielsko-Biała - Komorowice,
stacja dmuchaw nr 2**
dmuchawy: 2 szt. MAX250



2013 r. O.Ś. Bielsko-Biała - Wapienica
dmuchawy: 2 szt. MAX100



2013 r. O.Ś. Olkusz
dmuchawy: 1 szt. MAX100



2011 r. O.Ś. Dębica
dmuchawy: 4 szt. MAX90



2012 r. O.Ś. Dąbrowa Górnicza
dmuchawy: 2 szt. MAX75



2013 r. O.Ś. Piekary gm. Liszki pod Krakowem
dmuchawy: 5 szt. MAX50



2013 r. O.Ś. Krosno
dmuchawy: 2 szt. MAX150



2014 r. O.Ś. Kościan
dmuchawy: 2 szt. MAX75



2013 r. O.Ś. Iwano-Frankiwsk Ukraina
dmuchawy: 2 szt. MAX150, 2 szt. MAX200



ASPAMET Siuta Andrzej

Rajsko, ul. Przemysłowa 4E

32-600 Oświęcim

tel/fax: (33) 843 06 53

biuro@aspamet.pl

www.aspamet.pl

Dział handlowy:

tel: 795 506 424

marketing.bielsko@aspamet.pl