مقاله نامه ششمین کنفرانس ملّی خلأ ایران
دانشگاه شهید چمران اهواز
۱۶ و ۱۷ بهمن ماه ۱۳۹۲

بررسی پارامترهای هندسی پره روتور، مؤثر بر عملکرد جریانی پمپ توربومولکولی محوری

طهماسب‌پور عمران، صاحب رضا[۱] ؛ اسدی، بهمن[۲]؛ طهماسب‌پور عمران، خیام[3]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه فنی- مهندسی گلپایگان، گلپایگان، ایران

[۲] استادیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه فنی- مهندسی گلپایگان، گلپایگان، ایران

[3] کارشناس و محقق، آموزش و پرورش، مازندران، ایران

چکیده

تاکنون تحقیقات مختلفی روی جریان سیال و تاثیر پارامترهای هندسی گوناگون پره روتور روی عملکرد پمپ توربومولکولی محوری مورد بررسی قرار گرفته است. در تمامی این تحقیقات تنها پارامتر هندسی خاصی مد نظر بوده است، لذا تهیه گزارشی از تمامی پارامترهای هندسی موثر بر عملکرد پمپ لازم می باشد. همچنین در این تحقیق روند و علت تغییرات پارامترهای هندسی از ردیف اول تا ردیف انتهایی روتور ، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

Investigation of Rotor Blade Geometric Parameters, Affecting the Flow Performance of Axial Turbomolecular Pump

Tahmasbpour Omran, Saheb Reza[1]; Asadi, Bahman[2]; Tahmasbpour Omran, Khayyam[3]

[1] MSc Student of Mechanical Engineering, Golpayegan University, Golpayegan, Iran
[2] Assistant Professor of Mechanical Engineering, Golpayegan University, Golpayegan, Iran
[3] Expert and Researcher of Vacuum Engineering, Education, Mazandaran, Iran

Abstract

Different researches have been done through the effect of rotor blade geometric parameters on the flow performance of the Turbomolecular Pumps. In each of which, only a specific geometric parameter has been considered. Therefore presenting a thorough report of all blade geometric parameters affecting the pump performance is necessary.

Archive of SID

مقدمه

در خلأهای بالا و فوق بالا، به طور گسترده‌ای از پمپ‌های توربو مولکولی محوری استفاده می‌شود.

در این تحقیق سعی بر آن است که پارامترهای هندسی پره روتور، مؤثر بر عملکرد پمپ محوری (حداکثر نسبت تراکم و حداکثر دبی عبوری) معرفی و مورد بررسی قرار گیرد.

بررسی اثر متقابل دو مشخصه مهم پمپ توربومولکولی

در شکل ۱ تغییرات فشار بی‌بعد بر حسب سرعت پمپاژ بی‌بعد ارائه شده‌است. نسبت تراکم پمپ، با افزایش دبی عبوری، کاهش می‌یابد.

بررسی اثر زاویه پره بر عملکرد پمپ

در شکل ۲، اثر زاویه پره بر روی حداکثر نسبت تراکم نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که با افزایش زاویه پره، نسبت تراکم کاهش، در نتیجه دبی ورودی افزایش می‌یابد.

بررسی اثر نشتی بر عملکرد پمپ توربومولکولی محوری

یکی از عواملی که در کاهش نسبت تراکم پمپ توربومولکولی محوری اثر زیادی دارد، پدیده نشتی است. این پدیده مخصوصاً در

www.SID.ir

سرعت‌های بالای روتور یعنی زمانی که نسبت تراکم پمپ افزایش می‌یابد، باعث افت شدید عملکرد پمپ می‌شود. در شکل ۳، c لقی بین نوک پره روتور و پوسته، g لقی بین پره روتور و استاتور، b وتر پره روتور، w ضخامت پره روتور، α زاویه بین پره و خط عمود بر محور روتور، L طول پره می‌باشد. شکل ٤ اثر نشتی بر روی حداکثر نسبت تراکم و حداکثر ضریب سرعت پمپاژ را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که افزایش لقی اثر قابل ملاحظه‌ای بر افت حداکثر نسبت تراکم خواهد داشت. نشتی مخصوصاً در سرعت‌های بالای روتور، باعث افت شدید عملکرد پمپ می‌شود.

بررسی اثر تغییر زاویه گوه پره بر عملکرد پمپ

تأثیر زوایای مثبت و منفی گوه بر روی حداکثر سرعت پمپاژ و نسبت تراکم، در شکل ٦ و شکل ۷ ارائه شده‌است. مقادیر مثبت و منفی ε به ترتیب نشان دهنده همگرایی و یا واگرایی پره پمپ (با s/L ثابت) است. در شکل ۵، ψ زاویه بین پره و خط عمود بر محور روتور و ε زاویه گوه می باشد. مشاهده می‌شود پره با زاویه گوه منفی و یا واگرا عملکرد بهتری هم از نظر حداکثر نسبت تراکم و هم از نظر حداکثر دبی عبوری نسبت به دو پره موازی و همگرا دارد.

بررسی اثر ارتفاع پره بر عملکرد پمپ

شکل ۸ اثر نسبت ارتفاع به طول پره بر روی حداکثر نسبت تراکم را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش ارتفاع پره، حداکثر نسبت تراکم افزایش خواهد یافت.

بررسی اثر فاصله دو پره به وتر پره بر عملکرد پمپ

در شکل ۱۰ و شکل ۱۱ اثر فاصله بین دو پره به وتر پره بر روی حداکثر نسبت تراکم و حدکثر سرعت پمپاژ ارائه شده‌است. مشاهده می‌شود با افزایش فاصله بین دو پره، حداکثر نسبت تراکم کاهش و حداکثر سرعت پمپاژ افزایش می‌یابد.

بررسی اثر لقی بین روتور و استاتور بر عملکرد پمپ

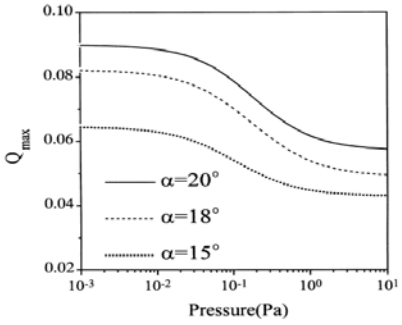
در شکل ۱۲ اثر نسبت لقی بین روتور و استاتور به وتر پره بر روی حداکثر نسبت تراکم نشان داده شده است. مشاهده می‌شود با افزایش لقی بین پره‌های روتور و استاتور، حداکثر نسبت تراکم کاهش می‌یابد.

بررسی تاثیر پروفیل پره روتور بر عملکرد پمپ

پروفیل‌های مختلف پره روتور به صورت‌های تخت، درجه دوم هم‌جهت با چرخش روتور، درجه دوم خلاف جهت با چرخش روتور و درجه سوم در نظر گرفته شده است. در شکل ۱۳ مشاهده می‌شود پره با پروفیل تخت عملکرد بهتری نسبت به دیگر پروفیل‌های پره (منحنی) در همه رژیم‌های جریانی دارا می‌باشد.

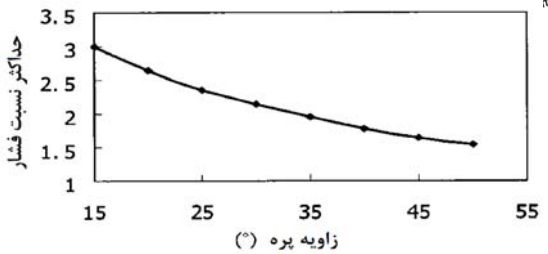
بررسی افزایش عملکرد پمپ توربومولکولی محوری با ترکیب پمپ مولکولی درگ

در شکل ١٤ نمایی از پمپ ترکیبی شامل پره های پمپ توربومولکولی محوری به همراه درگ و همچنین افزایش عملکرد پمپ توربومولکولی به جهت تغییر چهار ردیف آخر پمپ محوری به درگ نشان داده شده‌است.

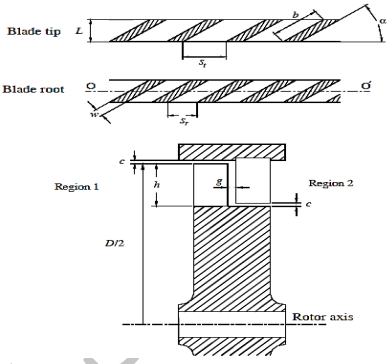


شکل ۱: نمایش تغییرات حداکثر دبی بر حسب فشار و تأثیر زاویه پره[1].

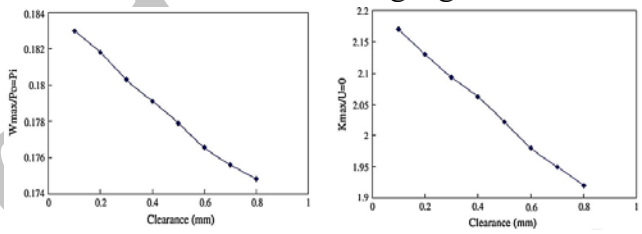
Archive of SID
www.SID.ir



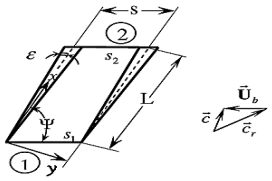
شکل ۲: نمایش اثر زاویه پره بر روی حداکثر نسبت تراکم [۲].



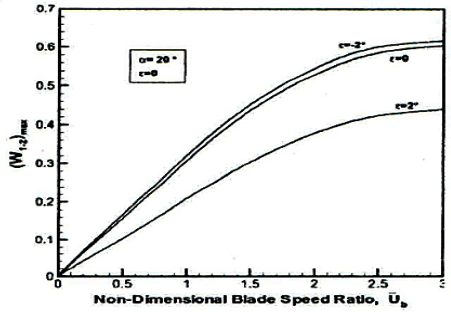
شکل ۳: نمای از بالا و سطح مقطع پره‌های روتور پمپ توربومولکولی [۳].



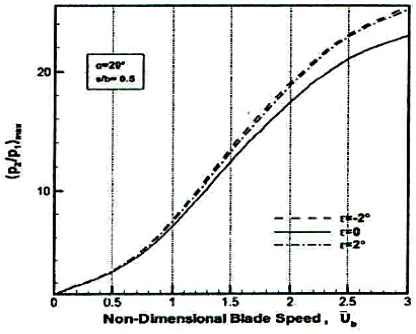
شکل ٤: نمایش اثر نشتی بر حداکثر نسبت تراکم و ضریب سرعت پمپاژ[4]



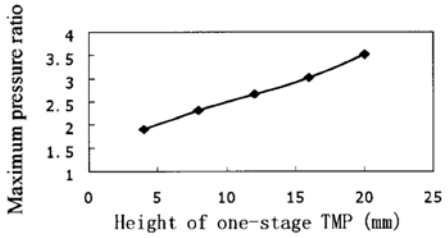
شکل ۵: نمای دو بعدی پره با سطوح ناموازی و پارامترهای هندسی [۵].



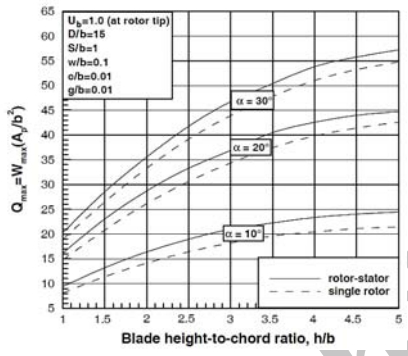
شکل ٦: اثر زوایای مثبت و منفی گوه بر روی حداکثر دبی بی‌بعد عبوری [٦].



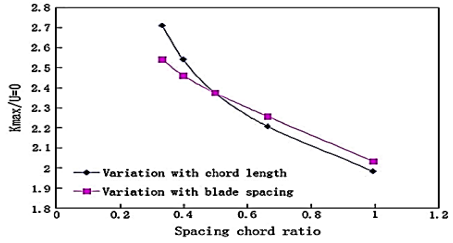
شکل ۷: اثر زوایای مثبت و منفی گوه بر روی حداکثر نسبت تراکم [٦].



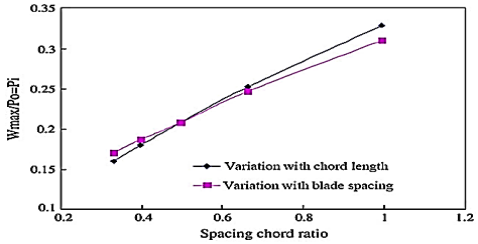
شکل ۸: نمایش اثر ارتفاع پره بر روی حداکثر نسبت تراکم [۲].



شکل ۹: نمایش اثر نسبت ارتفاع به وتر بر سرعت پمپاژ بی‌بعد [۳].

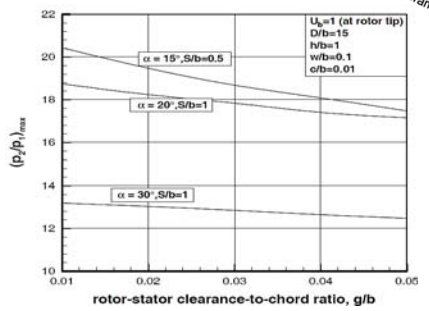


شکل ۱۰: نمایش اثر فاصله بین دو پره به وتر بر روی حداکثر نسبت تراکم [4].

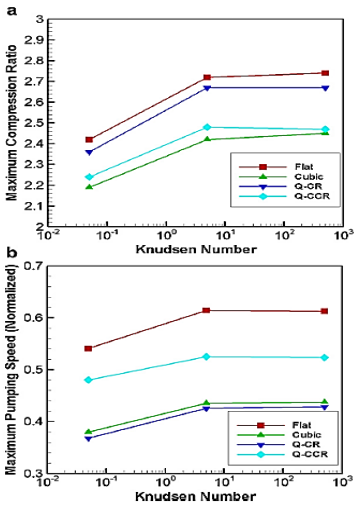


شکل ۱۱: نمایش اثر فاصله بین دو پره به وتر بر روی حداکثر سرعت پمپاژ [4].

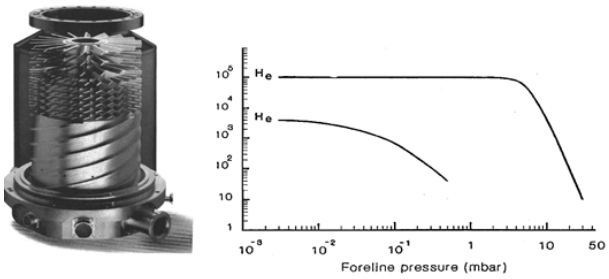
www.SID.ir



شکل ۱۲: اثر نسبت لقی روتور و استاتور به وتر روی حداکثر نسبت تراکم [۳].



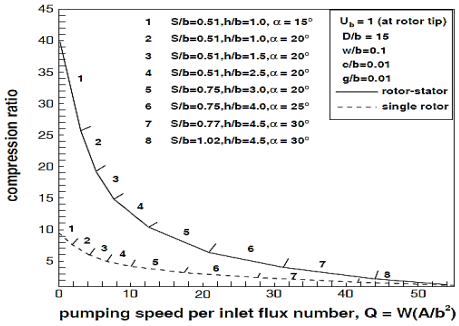
شکل ۱۳: نمایش حداکثر نسبت تراکم و سرعت پمپاژ پروفیل‌های مختلف [7].



شکل ۱۴: منحنی بالا (پمپ ترکیبی)، منحنی پایین (محوری) [۸].

ساختار و نحوه چینش پره‌های پمپ

با توجه به نتایج ارائه شده، و شکل ۱۵، ساختار پره‌های روتور پمپ توربومولکولی محوری باید به صورت زیر باشد تا عملکرد مطلوبی را نتیجه دهد. هر چه از ردیف‌های اولیه و بالادست روتور به سمت ردیف‌های پایین دست روتور پمپ توربومولکولی محوری می‌رویم، زاویه پره‌ها، ارتفاع پره‌ها و فاصله بین پره‌ها کاهش می‌یابد. به عبارتی پره‌های ردیف‌های اولیه دارای نسبت تراکم کمتر و دبی ورودی بیشتری نسبت به پره‌های ردیف‌های پایین‌تر روتور خواهند بود. در یک نمونه ردیف‌های روتور و روتور– استاتور پمپ توربومولکولی محوری نشان داده شده است.



شکل ۱۵: نمایش منحنی طراحی روتور و روتور– استاتور پمپ [۳].

نتیجه گیری

گزارشی از تمامی کارهای انجام شده بر پارامترهای هندسی پره، موثر بر عملکرد پمپ، تهیه شده است. همچنین در این تحقیق روند و علت تغییرات پارامترهای هندسی از ردیف اول تا ردیف انتهایی روتور متداول، مورد مطالعه قرار گرفته است.

مراجع

[1] J.S. Heo and Y.K. Hwang; "*DSMC calculations of blade rows of a turbomolecular pump in the molecular and transition flow regions*"; Vacuum **56** (2000) 133–142.

[2] S. Wang; "*The Pumping Performances of The Turbomoleculae Pump Simulated by Direct Simulation Monte Carlo Method*"; Progress in Nuclear Energy **47** (2005) 664–671.

[3] A. Amoli, R. Ebrahimi and S.M. Hosseinalipour; "Some features of molecular flow in a rotor–stator row with real topology"; Vacuum 72 (2004) 427-438.

[4] S. Wang and H. Ninokatah; "*Numerical study of a single blade row in turbomolecular pump*"; vacuun **83** (2009) 1106–1117.

[۵] تقوی، سید محمد، شمس، مهرزاد، آملی، علی؛ «بررسی زاویه پره بر عملکرد پمپ توربومولکول محوری»؛ چهاردهمین کنفرانس سالانه (بین المللی) مهندسی مکانیک– اردیبهشت ۱۳۸۵ - دانشگاه صنعتی اصفهان.

[٦] S.M. Hoseinalipour, A. Amoli and R. Ebrahimi; "*Effect of Non-Parallel Blades on Axial-Turbo Molecular Pump Performance*"; **9**th Asian Congress of Fluid Mechanics (2002).

[7] N Sengil; "*Performance increase in turbomolecular pumps with curved type blades*"; vacuun **xxx** (2012) 1–6.

[8] M.H. Hablanian; "*Engineering aspects of turbomolecular pump design*"; Vacuum **82** (2008) 61–65.

Archive of SID
www.SID.ir