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

شبیه‌سازی پره روتور پمپ توربومولکولی محوری با فرض تغییر شکل بزرگ برای پروفیل‌های مختلف

طهماسب‌پور عمران، صاحب رضا[۱] ؛ اسدی، بهمن[۲]؛ طهماسب‌پور عمران، خیام[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه فنی- مهندسی گلپایگان، گلپایگان، ایران
[۲] استادیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه فنی- مهندسی گلپایگان، گلپایگان، ایران
[۳] کارشناس و محقق، آموزش و پرورش، مازندران، ایران

چکیده

در خلأهای بالا و نیز فوق خلأ، به طور گسترده‌ای از پمپ‌های توربومولکولی محوری استفاده می‌شود. در بیشتر این پمپ‌ها از پره تخت در روتور و استاتور استفاده شده است. تاکنون تحقیقات مختلفی روی جریان سیال در این پمپ‌ها صورت گرفته است. تاثیر پروفیل‌های مختلف پره روتور بر عملکرد سیالاتی (حداکثر نسبت تراکم و حداکثر دبی عبوری) این‌گونه پمپ‌ها با فرض تغییر شکل بزرگ ارائه شده است. با توجه به تاثیر متقابل عملکرد سیالاتی بر عملکرد جامداتی یا سازه‌ای و بالعکس، در این پژوهش تاثیر پروفیل‌های مختلف پره بر عملکرد سازه‌ای و جامداتی پمپ توربومولکولی محوری، پس از شبیه‌سازی پره روتور این پمپ مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است و بهترین پروفیل هم از نظر عملکرد سیالاتی و هم از نظر عملکرد سازه‌ای معرفی شده است.

Numerical Simulation of Rotor Blade of Axial Turbo-molecular Pump by assuming large deformations for different profiles

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

The axial turbomolecular pumps are widely used in the high and ultra-high vacuum ranges. In most kinds of these pumps, the flat blades were used in rotor and stator. Several attempts were done for the simulation of the fluid flow in the axial turbomolecular pumps and the effect of different profiles of rotor blades on the pump performance (the maximum compression ratio and pumping speed) was investigated. In the present study stress analysis is done by assuming large deformation for different profiles of the rotor blades in the axial turbomolecular pumps.

Archive of SID

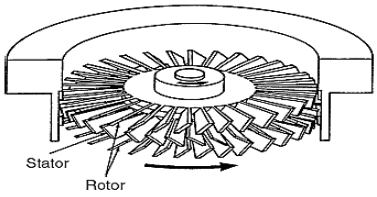
مقدمه

برای ایجاد شرایط خلأ معمولاً از پمپ‌های مختلف که هر یک با استفاده از روشی به خصوص و در یک محدوده فشاری معین قابلیت انجام کار دارند، استفاده می‌شود. از انواع این پمپ‌ها می‌توان به پمپ خلأ با پروانه چرخنده ، پمپ دیفیوژن، پمپ کریوژنیک، پمپ یونی و پمپ‌های توربومولکولی محوری و شیاردار اشاره کرد. در خلأهای بالا و نیز فوق خلأ، به طور گسترده‌ای از پمپ‌های توربو مولکولی محوری استفاده می‌شود. مزیت استفاده از پمپ‌های توربومولکولی ایجاد خلأ عاری از هر گونه بخار روغن، کوتاه بودن فاصله بین روشن شدن پمپ تا رسیدن آن به سرعت نامی و نیز توان و هزینه کمتر نسبت به پمپ کریوژنیک می‌باشد. مهم‌ترین نقاط ضعف این پمپ، پایین بودن

www.SID.ir

نرخ خالص جریان عبوری، قیمت بالا و پایین بودن عملکرد آن در مقابل گازهای سبک می‌باشد.

در شکل ۱، یک طبقه از پمپ توربومولکولی محوری شامل یک ردیف روتور و یک ردیف استاتور به نمایش در آمده است. اساس کار این پمپ بدین صورت است که مولکول‌های جریان در قسمت ورودی به طبقه اول پره‌ها که با سرعت بالا در حال چرخش هستند برخورد کرده و در اثر این برخورد، اندازه حرکت این ذرات تغییر می‌کند. این تغییر اندازه حرکت به گونه‌ای است که احتمال برگشت مولکول را به سمت بالادست جریان به حداقل می‌رساند. همین عمل به هنگام ورود مولکول‌ها به تیغه‌های ثابت تکرار شده و این تیغه‌ها مولکول را به سمت طبقه‌ی بعدی هدایت می‌کند در نهایت مولکول‌ها پس از عبور از تمامی طبقه‌های پمپ به سمت خروجی پمپ هدایت می‌شوند[1].



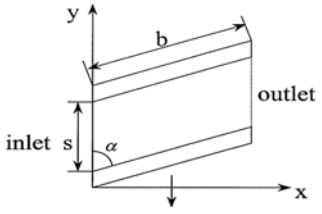
شکل ۱: نمایش یک طبقه از پمپ توربومولکولی محوری

تاکنون تحقیقات فراوانی در زمینه‌ی شبیه‌سازی جریان سیال در پمپ‌های توربومولکولی محوری انجام شده‌است. در سال ۲۰۱۲ سنجیل، تاثیر پروفیل‌های مختلف پره روتور و استاتور را بر عملکرد سیالاتی پمپ توربومولکولی محوری مورد بررسی قرار داد [2]. در سال ۲۰۱۲ موناور و همکاران با تغییر پروفیل پره پمپ توربومولکولی و کاهش قابل توجه بیشترین تنش نرمال، تنش برشی، تنش اصلی، تنش معادل و تغییر شکل، موجب افزایش عملکرد پمپ توربو مولکولی محوری شدند [3].

در این تحقیق سعی بر آن است که تاثیر پروفیل‌های مختلف پره بر عملکرد سازه‌ای و جامداتی پمپ توربومولکولی محوری، پس از شبیه‌سازی پره روتور این پمپ با روش المان محدود با برنامه تجاری انسیس ورک بنچ، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته و بهترین پروفیل هم از نظر عملکرد سیالاتی و هم از نظر عملکرد سازه‌ای معرفی گردد.

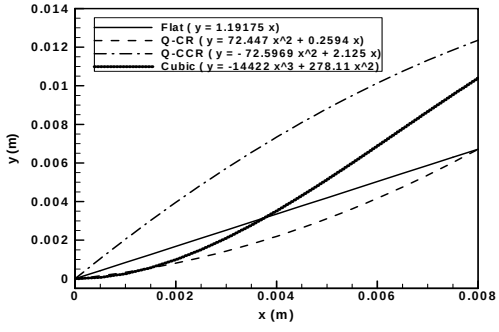
بررسی تاثیر پروفیل های مختلف پره روتور بر عملکرد سیالاتی پمپ توربومولکولی محوری

در این بخش تاثیر پروفیل مختلف پره بر نتایج حاصل از شبیه‌سازی جریان سیال در پمپ توربومولکولی محوری ارائه خواهد شد. در شکل ۲ نمای دو بعدی از دو پره متوالی روتور پمپ توربومولکولی محوری نشان داده شده است که S فاصله بین دو پره در ریشه، b طول پره و α زاویه پره می‌باشد.



شکل ۲: نمایش دو بعدی از دو پره متوالی روتور پمپ توربومولکولی محوری

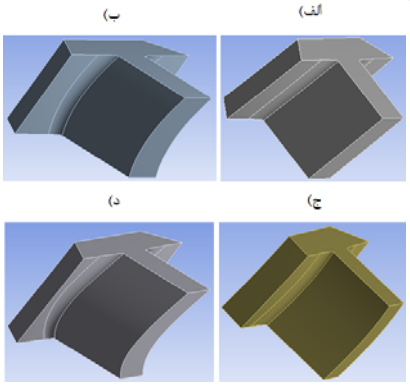
در شکل ۳ چهار پروفیل تخت[1]، درجه دوم در جهت چرخش[2]، درجه دوم در خلاف جهت چرخش[3] و درجه سوم[4]، به صورت ریاضی ارائه و در شکل ٤ مدل‌سازی شده‌اند.



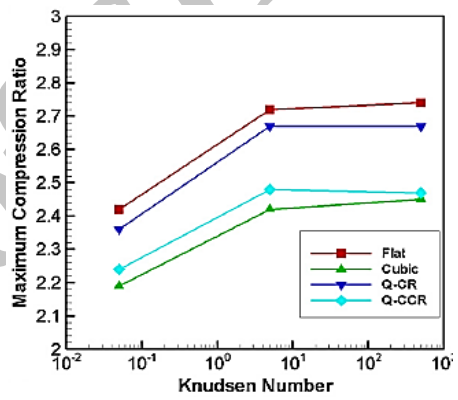
شکل ۳: نمایش پروفیل‌های مختلف پره روتور پمپ توربومولکولی محوری

[1] Flat
[2] Quadratically curved towards in the direction of rotation
[3] Quadratically curved towards in the direction of counter rotation
[4] Cubic

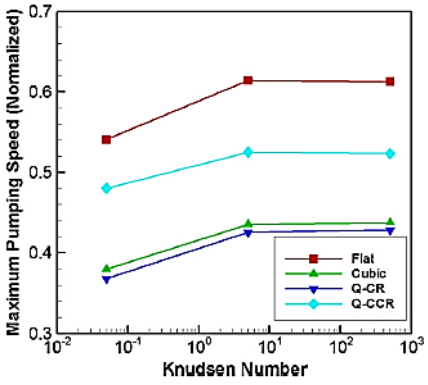
Archive of SID
www.SID.ir



شکل ٤: نمایش پروفیل‌های مختلف پره روتور پمپ توربومولکولی محوری: الف) پروفیل تخت، ب) پروفیل درجه دوم در جهت چرخش پره، ج) پروفیل درجه دوم در جهت خلاف چرخش پره، د) پروفیل درجه سوم پره



شکل ٥: حداکثر نسبت تراکم در رژیم‌های مختلف با پروفیل‌های مختلف[1].



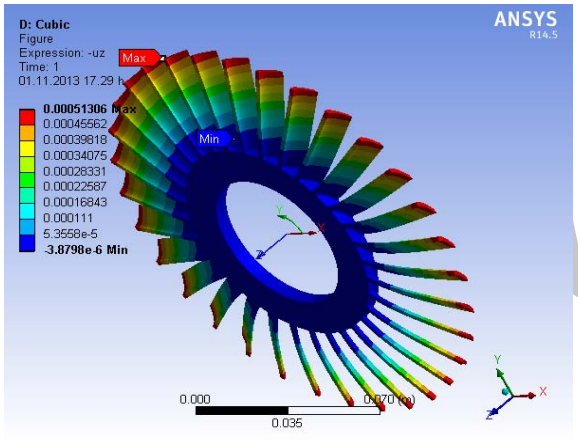
شکل ٦: حداکثر سرعت پمپاژ در رژیم‌های مختلف با پروفیل‌های مختلف[1].

نتایج ارائه شده، با سرعت پره v_b=285 متر بر ثانیه، زاویه پره α=40°، طول پره b=0/01 متر و فاصله بین دو پره در ریشه S=0/02 متر می‌باشد [1]. همان‌طور که در شکل های ٥ و ٦ مشاهده می‌شود، پره با پروفیل تخت عملکرد سیالاتی بهتری نسبت به دیگر پروفیل‌های پره در همه رژیم‌های جریانی دارا می‌باشد.

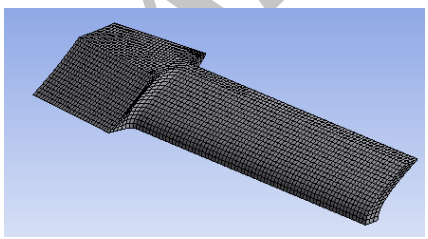
بررسی تاثیر پروفیل های مختلف پره روتور بر عملکرد سازه‌ای پمپ توربومولکولی محوری

در این بخش نتایج حاصل از شبیه‌سازی پروفیل‌های مختلف پره روتور ارائه و مورد مقایسه قرار خواهد گرفت. و با توجه به عملکرد سیالاتی هر پروفیل، پروفیل مطلوب، هم از نظر عملکرد سیالاتی و هم از نظر عملکرد جامداتی معرفی خواهد شد.

در شکل ٨ مش‌بندی و در شکل ٧ نمونه نتایج حاصل از شبیه‌سازی پروفیل درجه سوم پره روتور پمپ توربومولکولی محوری به عنوان نمونه ارائه شده است.



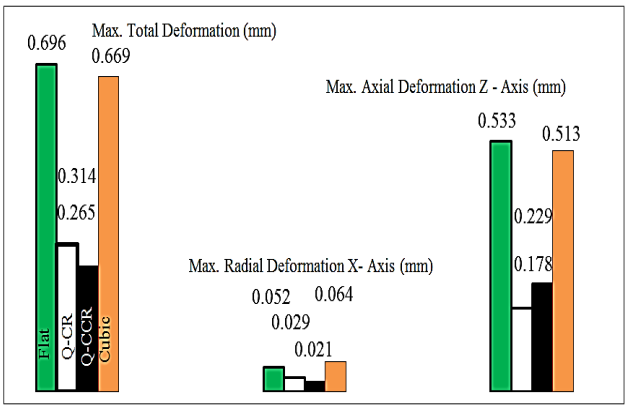
شکل ٧: نمایش تغییر شکل محوری پروفیل درجه سوم پره روتور



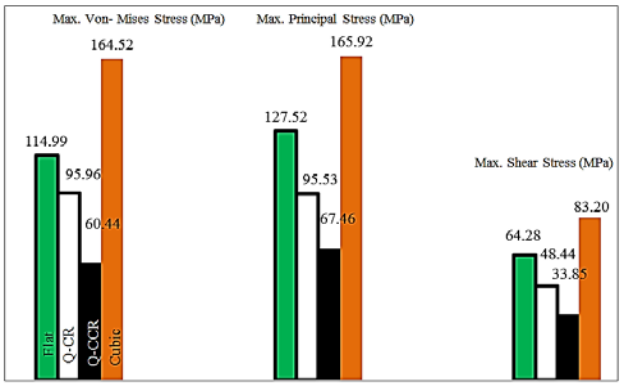
شکل ٨: نمایش مش‌بندی پروفیل درجه سوم پره روتور

در شکل ٩ و شکل ١٠ نتایج حاصل از شبیه‌سازی پروفیل‌های مختلف پره روتور پمپ توربومولکولی ارائه و مورد مقایسه قرار گرفته است.

www.SID.ir



شکل ۹: مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی پروفیل‌های مختلف پره روتور پمپ



شکل ۱۰: مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی پروفیل‌های مختلف پره روتور

با در نظر گرفتن دو مشخصه مهم سیالاتی یعنی حداکثر نسبت تراکم و حداکثر دبی عبوری و دو مشخصه مهم جامداتی یعنی حداکثر تغییر شکل و حداکثر تنش ون مایزز در پره‌های روتور پمپ توربومولکولی محوری و با توجه به نتایج ارائه شده در فوق، جدول ۱ ارائه خواهد شد. لازم به ذکر است در جدول مذکور هر یک از پروفیل‌ها بر اساس عملکرد رتبه‌بندی شده‌اند تا بهترین پروفیل هم از نظر عملکرد سیالاتی و هم از نظر جامداتی نتیجه شود. به عبارتی پره‌های روتور با پروفیل ارائه شده باید دو مشخصه سیالاتی را به بیشترین مقدار و دو مشخصه جامداتی را به کمترین مقدار برسانند.

حال با در نظر گرفتن امتیاز ٤ به رتبه اول، امتیاز ۳ به رتبه دوم، امتیاز ۲ به رتبه سوم و امتیاز ۱ به رتبه چهارم، جدول ۲ نتیجه خواهد شد. لازم به ذکر است اهمیت هر یک از مشخصه‌ها در این بررسی یکسان در نظر گرفته شده‌اند.

جدول ۱: مقایسه پروفیل‌های مختلف از نظر عملکرد سیالاتی و جامداتی

پروفیل	حداکثر نسبت تراکم	حداکثر دبی عبوری	حداکثر تنش ون مایزز	حداکثر تغییر شکل
تخت	اول	اول	سوم	چهارم
درجه دوم در جهت چرخش	دوم	چهارم	دوم	دوم
درجه دوم در جهت خلاف چرخش	سوم	دوم	اول	اول
درجه سوم	چهارم	سوم	چهارم	سوم

جدول ۲: تعیین بهترین پروفیل از نظر عملکرد سیالاتی و جامداتی

پروفیل	امتیاز
تخت	۱۱
درجه دوم در جهت چرخش	۱۰
درجه دوم در جهت خلاف چرخش	۱۳
درجه سوم	٦

نتیجه گیری

در این پژوهش با توجه به نتایج بررسی تاثیر پروفیل‌های مختلف پره روتور بر عملکرد سیالاتی پمپ توربومولکولی محوری و همچنین تاثیر متقابل عملکرد جریانی و عملکرد سازه‌ای، تاثیر پروفیل‌های مختلف پره روتور بر عملکرد سازه‌ای پره‌های پمپ توربومولکولی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین با در نظر گرفتن اهمیت هر یک از مشخصه‌های سیالاتی (حداکثر نسبت تراکم، حداکثر دبی عبوری) و مشخصه‌های سازه‌ای (حداکثر تنش ون مایزز و حداکثر تغییر شکل)، بهترین پروفیل هم از نظر عملکرد سیالاتی و هم از نظر عملکرد سازه‌ای معرفی شده است.

مراجع

[1] A. Chambers; "*Modern vacuum physics*" Department of Physics University of York, UK (2005) 143.
[2] N. Sengil; "*Performance increase in turbomolecular pumps with curved type blades*"; Vacuum (2012) 1-6.
[3] M. Iqbal,. and Wasy, et al.; "*Design modification in rotor blade of turbomolecular pump*"; Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 678(2012) 88–90.

Archive of SID
www.SID.ir