



WHITE PAPERS

ASK-RD-ENG-067

R&D Department

ARYA SEPEHR KAYHAN (ASK) | SHAHID SALIMI INDUSTRIAL CITY, TABRIZ, IRAN

شرکت آریا سپهر کیهان با نام اختصاری ASK، طراح و تولیدکننده پمپ های گریز از مرکز و روتاری و ارائه دهنده راهکارهای بهینه سازی سیستم های فرایندی و پمپاژ می باشد.

توجه!

مقالات تخصصی با عنوان White Papers جهت افزایش دانش عمومی پمپ ها در بخش تحقیق و توسعه این شرکت نگارش شده است. استفاده از این مقالات رایگان می باشد و لازم است جهت استفاده از محتویات آن به موارد ذیل توجه فرمایید:

- 1- انتشار مجدد مطالب مقالات (به شکل اولیه و بدون تغییر در ساختار محتوایی و ظاهری) با ذکر منبع، بلامانع است.
- 2- استفاده تجاری از محتویات مقالات در نشریات مجاز نمی باشد.

تحلیل و بررسی Throat bushing و طراحی آن

۱- مقدمه

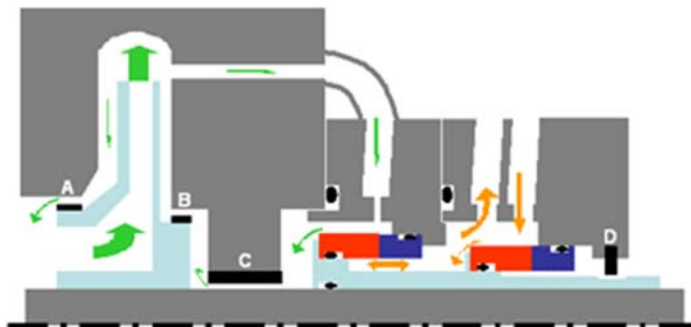
تقریباً تمام پمپ های روتاری و گریز از مرکز، جهت یکپارچگی پروانه و شفت و همچنین جلوگیری از نشت سیال پمپ شده و تاثیرات محیط اطراف پمپ، نیازمند سیستم آب بندی^{۵۳} می باشند. سیستم های آب بندی طیفی از نوارهای سنتی تا آب بند های مدرن را شامل می شود.

استاندارد پمپ API610 بیان می کند که محفظه ی پمپ نیازمند است مطابق با استاندارد API682 آب بندی شود. یکی از اجزای سیستم های آب بندی استاندارد API682، بوش Throat است. بوش Throat بوشی با لقی بسیار ناچیز است که روی شفت، بین پروانه و آب بند (داخلی) نصب می شود.

با وجود نقش کلیدی بوش Throat در آب بندی پمپ ها، هیچ گونه اشاره ای به نحوه طراحی آن در استانداردهای API610 یا API682 نشده است. بنابراین برای شناخت و طراحی دقیق تر این بوش نیاز به بررسی جزئیات بیشتری است.

۲- وظایف بوش Throat

مهمترین وظیفه ی بوش Throat ایجاد یک مانع بین سیالی که توسط پروانه پمپ شده و سطح آب بند است، به گونه ای که جریان سیال عبوری از این بوش به صورت کنترل شده ای کاهش یابد. این کاهش می تواند منجر به قطع کامل جریان شود تا مانع از آلودگی محفظه ی آب بند به ذرات ریز شود. بوش Throat باید به گونه ای طراحی شود که شرایط محیطی بهینه ای هم برای آب بند و هم برای پمپ ایجاد شود. در شکل ۱ نمایی از جزئیات مورد نظر نشان داده شده است. جزئی که با نماد C نشان داده شده است بوش Throat می باشد.



شکل ۱- نمایی از جریان مورد نظر

۳- طراحی لقی بوش Throat

طراحی لقی دقیق بین بوش Throat و شفت باعث افزایش بازده پمپ و آب بند می شود. کاهش لقی بین بوش و شفت باعث می شود ریسک تماس این دو جزء (مخصوصاً در مواقع شروع به کار) افزایش یابد. علاوه بر این مشکل، موارد دیگری نیز در کاهش لقی وجود دارد که عبارتند از :

⁵³ Seal system

- ۱- سائیدگی دو سطح
 - ۲- بسته شدن لقی بین دو جزء در اثر ذرات ریز معلق در سیال
 - ۳- ایجاد گرما در لقی که باعث افزایش دمای آب بند می شود.
- وظیفه ی بوش Throat تقریباً مشابه رینگ پوششی است. در نتیجه انتخاب جنس آن مشابه انتخاب جنس رینگ پوششی که در استاندارد API682 به آن اشاره شده است، می باشد.

۴- مدل کردن بوش Throat

همانطور که در شکل ۱ مشخص است، افت فشار جریان گذرنده از بوش Throat در دو ناحیه اتفاق می افتد:

- ۱- در دهانه ورودی جریان به لقی
 - ۲- در طول لقی
- برای بررسی سهم هر یک از این دو قسمت در افت فشار به مدل کردن هر یک از این دو پرداخته ایم. به همین منظور ابتدا به روش عددی و با استفاده از نرم افزار تجاری Ansys Fluent 14.0 جریان سیال در طول لقی را مدل می کنیم. مدل ارائه شده یکی از بوش های گلوبی مورد استفاده در کارخانه با مشخصات جدول ۱ است.

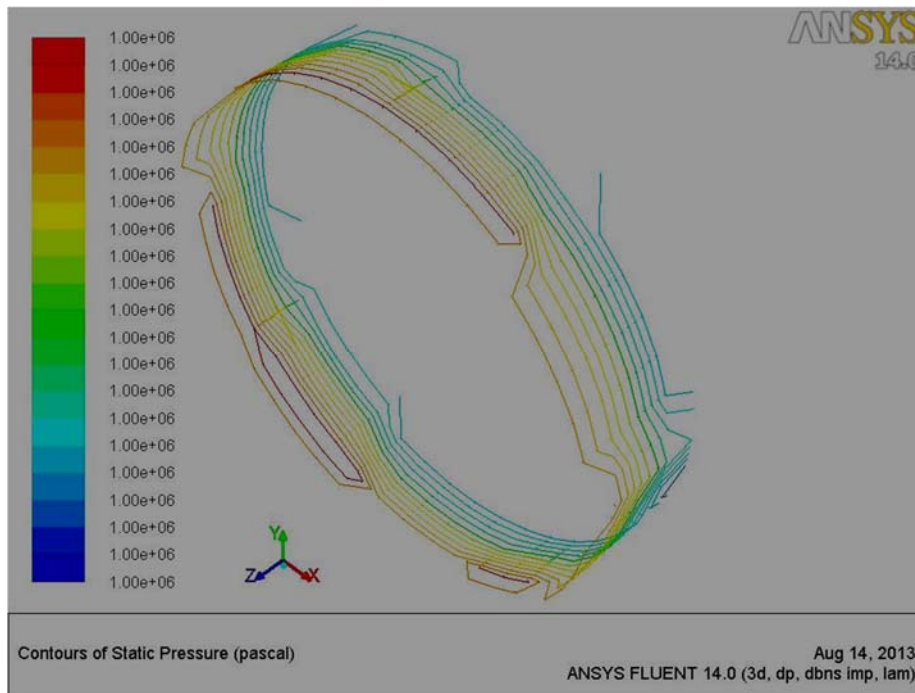
جدول ۱- مشخصات عملکردی بوش

اندازه	پارامتر
60(mm)	قطر
0.4(mm)	لقی
15(mm)	طول بوش
10(bar)	فشار ورودی

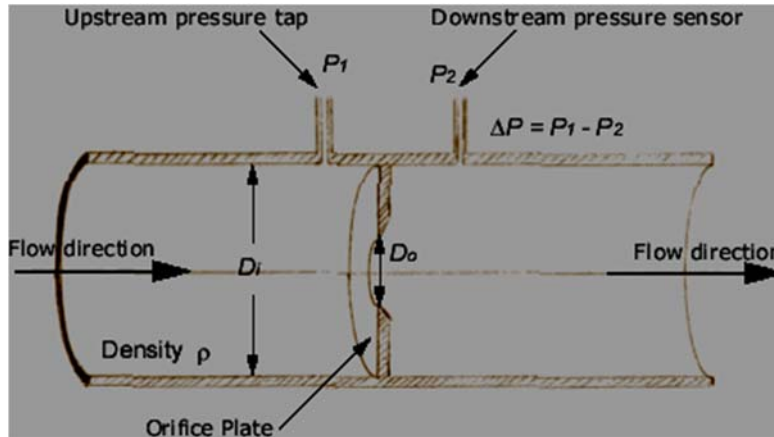
در شکل ۲ کانتور فشار به دست آمده از شبیه سازی مشاهده می شود. کانتور بیان می کند که تغییرات فشار در طول بوش کمتر از ۱۰ پاسکال است که مقداری ناچیز بوده و قابل صرف نظر کردن است. لذا افت فشار اصلی در دهانه ی بوش اتفاق می افتد. با صرف نظر کردن از ضخامت بوش می توان دهانه ی آن را با یک اورفیس مدل کرد.

۴-۱- اورفیس

اورفیس وسیله ای است که جریان با عبور از آن دچار افت فشار می شود. در شکل ۳ نمایی از یک اورفیس نشان داده شده است.



شکل ۲- کانتور فشار در بوش



شکل ۳- اورفیس

در اورفیس سرعت سیال مافوق صوت بوده و معادلات برنولی برای جریان تراکم ناپذیر بر آن حاکم است. با اعمال این معادله بر جریان رابطه ی زیر به دست می آید:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho V_2^2 - \frac{1}{2} \rho V_1^2$$

که در آن همانطور که از شکل ۳ پیداست، نقطه ۱ بالادست جریان و نقطه ۲ پایین دست آن است. برای اندازه گیری دقیق فشار و جریان توصیه می شود که نقطه ۱ به اندازه قطر لوله اورفیس، در بالا دست آن و نقطه ۲ به اندازه نصف قطر اورفیس در پایین دست آن قرار گیرد.

با توجه به پیوستگی جریان، می توان به جای سرعت از مساحت و دبی حجمی استفاده کرد. نتیجه معادله زیر است:

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho Q^2 \frac{1}{A_2^2} \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right]$$

$$Q = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \frac{A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2}}$$

معادله ی فوق تنها برای جریانات غیرلزج و آرام معتبر است و برای جریانات واقعی آب و هوا و ... انحراف دارد. لذا برای تصحیح این انحراف از ضریب تصحیح تخلیه استفاده شده و معادله به شکل زیر در می آید:

$$Q = C_d \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \frac{A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2}}$$

همچنین تعیین مساحت نقطه ۲ با توجه به پیچیدگی جریان کاری بس دشوار است. به همین دلیل انبساط پذیری و مساحت موثر آن را در نظر می گیریم:

$$\frac{\varepsilon A_0}{\sqrt{1 - \beta^4}} = \frac{A_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2}}$$

که در آن انبساط پذیری برابر است با:

$$\varepsilon = 1 - (0.351 + 0.256\beta^4 + 0.93\beta^8) \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{1}{K}} \right]$$

که در آن ضریب افت فشار به صورت زیر است:

$$K = \left(\frac{\sqrt{1 - \beta^4 (1 - C^2)}}{C\beta^2} - 1 \right)^2$$

نسبت بتا نیز مطابق زیر تعریف می شود:

$$\beta = \frac{D_o}{D_{inlet}}$$

و A_0 مساحت دهانه اورفیس است. یعنی:

$$A_0 = \pi \frac{D_0^2}{4}$$

لذا رابطه ی نهایی دی و افت هد به صورت زیر نتیجه می شود:

$$Q = \frac{\varepsilon A_0}{\sqrt{1-\beta^4}} C_D \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

ضریب تخلیه از رابطه زیر به دست می آید:

$$C_d = 0.5961 + 0.0261\beta^2 - 0.216\beta^8 + 0.000521 \left(\frac{10^6\beta}{Re_D}\right)^{0.7} + (0.0188 + 0.0063A)\beta^{3.5} \left(\frac{10^6}{Re_D}\right)^{0.3} + (0.043 + 0.08e^{-10L_1} - 0.123e^{-7L_1})(1 - 0.11A) \frac{\beta^4}{1-\beta^4} - 0.031(M'_2 - 0.8M_2^{1.1})\beta^{1.3}$$

که در آن Re_D رینولدز جریان $\left(Re_D = V \cdot \frac{D}{\nu}\right)$ ، L_1 نسبت فاصله محل مته کاری از ورودی بالادست نسبت به قطر اورفیس $\left(L_1 = \frac{25.4}{D}\right)$ ، L'_2 نسبت فاصله محل مته کاری از ورودی پایین دست نسبت به قطر اورفیس $\left(L'_2 = \frac{25.4}{D}\right)$ ، $M'_2 = \frac{A}{1-\beta}$ و $A = \left(\frac{19000\beta}{Re_D}\right)^{0.8}$

شایان ذکر است که برای مدل کردن بوش باید به جای مساحت اورفیس مساحت لقی را به صورت زیر قرار دهیم :

$$D_0^2 = (D_{\text{Bushing}}^2 - D_{\text{shaft}}^2)$$

❖ توجه : در استاندارد ISO9905 رابطه ای برای حداکثر لقی با توجه به قطر شفت ارائه شده است که به شرح زیر است:

$$C = \frac{D_{\text{shaft}}}{150} + 0.65 \text{ (mm)}$$

منابع و مراجع

۱- استاندارد ISO 9905، ویرایش اول، سال ۱۹۹۸

Technical specifications for centrifugal pumps- class I

2- <http://pump-magazine.com/> مجله پمپ