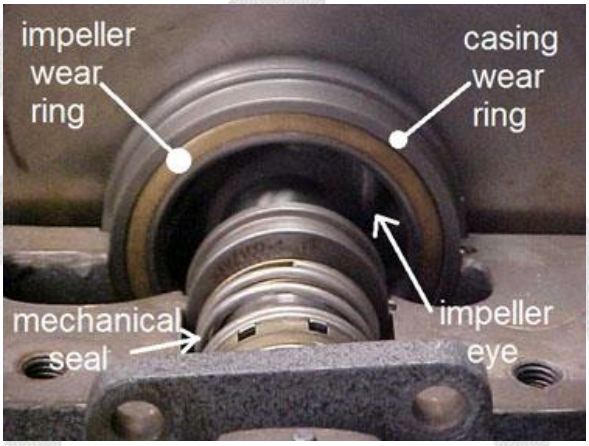
مقدمه:

Wear rings که در این مقاله تحت عنوان "رینگهای سایشی" آورده می‌شوند، قطعاتی هستند که امکان آب‌بندی آسان و قابل تعویض را بین کیسینگ (casing) و ایمپلر (impeller) را در ماشین‌های دوار و به طور مشخص پمپ‌های گریز از مرکز فراهم می‌کنند. این قطعات معمولا به صورت جفت در پمپ‌ها وجود دارند، یک رینگ چرخشی و یک رینگ ساکن. رینگ چرخشی روی ایمپلر قرار داده شده و رینگ ساکن هم‌مرکز با رینگ چرخشی اما روی سطح داخلی کیسینگ پمپ سوار شده است. رینگ چرخشی را اصطلاحاً impeller wear ring (رینگ سایشی ایمپلر) و رینگ ساکن را casing wear ring (رینگ سایشی کیسینگ) می‌نامند. دلیل استفاده از واژه سایش، جلوگیری از ساییده شدن قطعات اصلی و گران‌قیمت‌تر مانند ایمپلر و ساییده‌شدن این آب‌بندها که به راحتی قابل تعویض و به نسبت ارزان‌تر هستند، می‌باشد.



مزایای رینگ‌های شیاری در پمپ‌ها:

رینگ‌های سایشی برای به حداقل رساندن نشتی داخلی از مسیر تخلیه به مسیر مکش که به دلیل اختلاف فشار قابل توجه اتفاق می‌افتد، استفاده می‌شوند. برای پمپ‌های با سایز معمولی این نشتی در حدود ۵٪ کل سیال عبوری از ایمپلر است. واضح است که هر اندازه لقی رینگ‌های سایشی کم‌تر باشد، پمپ نشتی کم‌تر و درنتیجه راندمان بیشتری خواهد داشت، از طرفی میزان لقی بسیار کم باعث سایش‌های بیشتر بین قطعات و هم چنین پدیده "Seizure" می‌شود. از این رو یک مقدار حداقلی برای لقی رینگ‌های شیاری بر حسب قطر رینگ توسط استاندارد API لیست شده است. این جدول برای رینگ‌های شیاری فلزی و دماهای کاری کم‌تر از 350F تهیه شده‌است. برای رینگ‌های شیاری فلزی با دماهای بیشتر از این دما به ازای هر 100 درجه بیشتر از 350^F باید 0.002 in به این مقادیر افزوده شود.

Wearing ring diameter (in)	Diametral clearance (in)
<2	0.010
2.000–2.499	0.011
2.500–2.999	0.012
3.000–3.499	0.014
3.500–3.999	0.016
4.000–4.999	0.016
5.000–5.999	0.017
6.000–6.999	0.018
7.000–7.999	0.019
8.000–8.999	0.020
9.000–9.999	0.021
10.000–10.999	0.022
11.000–11.999	0.023
Note: For nongalling materials and pumps operating below 350°F	

اما به طور کلی رینگ‌های سایشی باعث بهبود سه پارامتر در پمپ‌ها می‌شوند:

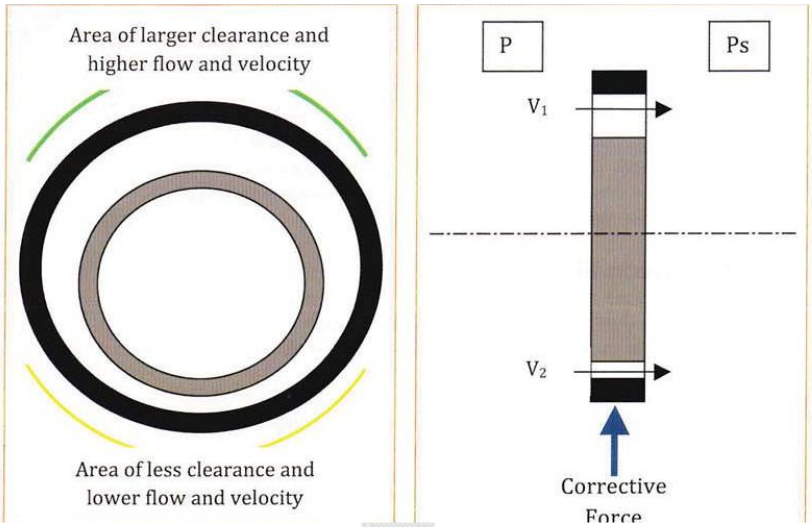
- قابلیت اعتماد
- بازده
- ایمنی

قابلیت اعتماد:

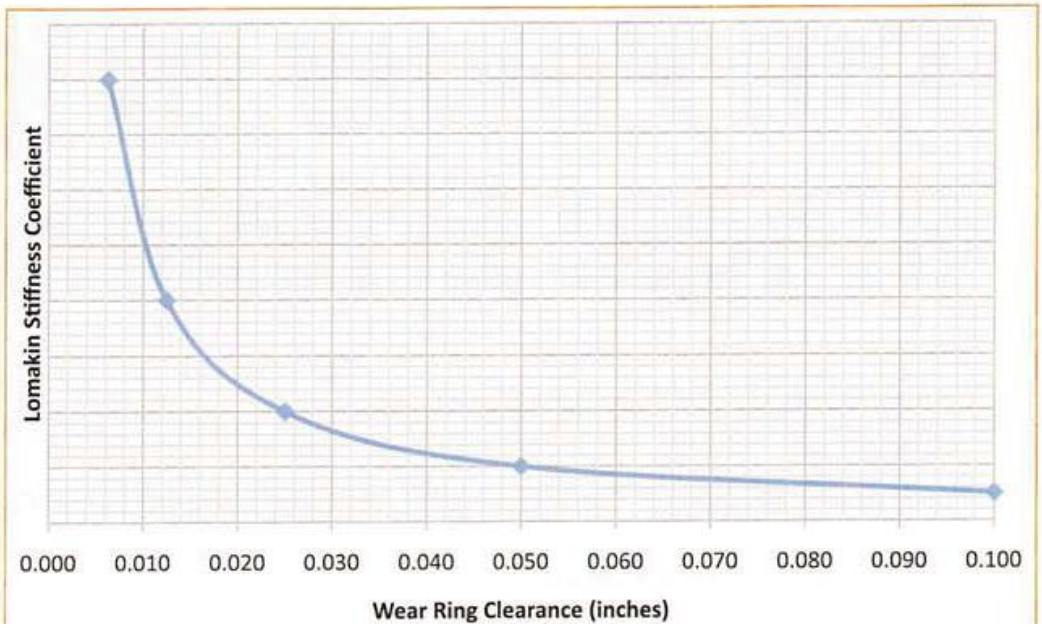
میزان ارتعاشات حین کار و خیز شافت پمپ با استفاده از این آب‌بندها کاهش می‌یابد. علت این کاهش تاثیر رینگ‌های سایشی در میزان دمپینگ و سختی سیستم است که در ذیل به طور مختصر توضیح داده می‌شوند:

دمپینگ(damping): همانند تاثیری که جاذب‌های ضربه(shock absorber) روی حرکت خودروها در جاده‌های هموار دارند، دمپینگ به طور مستقیم از خیز شافت جلوگیری نمی‌کند، اما واکنش روتور به نیروهای محرک را به حداقل می‌رساند. با کاهش میزان لقی، خاصیت دمپینگ رینگ‌های شیاری و درنتیجه پایداری روتور افزایش می‌یابد.

سختی(stiffness): روتور پمپ تحت بارهایی مانند وزن، نیروهای هیدرولیکی، نابالانسی و... است که باعث خیز شافت و خارج از مرکزی شدن روتور می‌شوند. در این صورت، همان‌طور که در شکل آورده شده است، میزان جریان بیشتر با سرعت بیشتر در سمتی که لقی بزرگ‌تر؛ و جریان کم‌تر با سرعت کم‌تر در سمتی که لقی کوچک‌تر است از سمت خروجی به سمت ورودی به راه می‌افتد که نتیجه‌ی آن توزیع فشارهای متفاوت در دو سمت و در نتیجه ایجاد نیرویی در جهت کاهش خیز شافت می‌شود. به عبارت دیگر می‌توان گفت شافت به یک حالت خودتنظیم در برابر خیز می‌رسد.



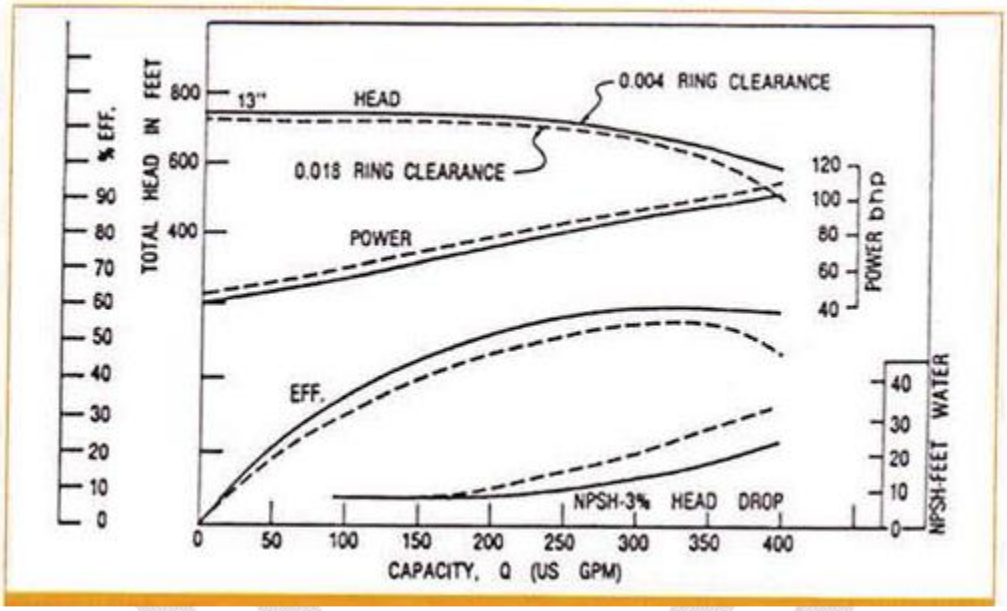
دمپینگ و سختی به وجود آمده که به ***" اثر لوماکین" (Lomakin Effect)*** نیز شناخته می‌شوند، با کاهش میزان لقی از حد استاندارد API، افزایش می‌یابند و در نتیجه باعث کاهش ارتعاشات و خیز روتور و شافت و عمر بیشتر پمپ می‌شوند. لذا به منظور کاهش لقی‌ها از حد استاندارد API و توام با آن عدم سایش شدید، به جای استفاده از رینگ‌های سایشی فلزی از رینگ‌های سایشی کامپوزیتی غیرفلزی استفاده می‌شود.



با تبدیل رینگهای سایشی فلزی به غیرفلزی همراه با کاهش لقی، پمپ‌ها دارای خیز و ارتعاش کم‌تر و در نتیجه عمر بیشتر خواهند شد.

بازده:

استفاده از رینگ‌های شیاری غیرفلزی که امکان لقی‌های کم‌تر از رینگ‌های شیاری فلزی تا ٪۵۰ را فراهم می‌کنند، علاوه‌بر تاثیر روی قابلیت اعتماد و عمر پمپ، روی بازده‌ی آن تاثیرگذار است، زیرا هرچه لقی کم‌تر باشد میزان نشتی کم‌تری خواهیم داشت و لذا به ازای توان مصرفی یکسان، خروجی پرفشار بیشتری خواهیم داشت. با کاهش ۵۰ درصدی لقی بازده ۲-۴ ٪ افزایش خواهد یافت. مقدار دقیق آن وابسته به سرعت کاری پمپ، نقطه کاری و نوع دقیق پمپ است. همچنین کاهش لقی باعث کاهش "خالص هد مثبت موردنیاز در قسمت مکش" (NPSHR) پمپ و در نتیجه کاهش احتمال کاویتاسیون می‌شود.



ایمنی:

رینگ‌های سایشی ارتباط اولیه اجزای ساکن با اجزای گردان هستند. در شرایط کاری عادی، تماس‌های کمی بین رینگ‌ها اتفاق می‌افتد. در حالی‌که در بعضی شرایط غیر معمول مانند لحظه راه‌اندازی یا کارکردن بدون سیال عامل، این تماس‌ها به بیشترین میزان خود می‌رسند. این امر باعث وجود تفاوت از حیث ایمنی، بین رینگ‌های فلزی با غیرفلزی می‌شود.

در رینگ‌های سایشی فلزی، خطر پدیده "سیزر" (Seizure) وجود دارد _تماس زیاد بین اجزای گردان وساکن در سرعت بسیار بالا که منجر به جوش خوردن اجزا به‌هم می‌شود_ وقتی این حالت برای پمپ اتفاق می‌افتد، روتور به‌طور ناگهانی از حرکت باز می‌ایستد که موجب شکستن شافت، گسیختگی آب‌بندها، شکستن کوپلینگ‌ها و عواقب منفی دیگر می‌شود. برای

جلوگیری از این حالت API610 وجود یک اختلاف سختی برینل ۵۰ تایی بین رینگ‌های سایشی در حالیکه هر دو، میزان سختی بالاتر از ۴۰۰ را دارند، توصیه می‌کند. اما حتی تحت این شرایط نیز باز هم احتمال وقوع سیزر وجود دارد.

در صورت استفاده از رینگ‌های سایشی غیرفلزی، تماس فلز با فلز حذف شده و در شرایط مشابهی که پدیده "سیزر" برای اجزای فلزی رخ می‌داد، این حالت برای رینگ‌های سایشی غیرفلزی رخ نمی‌دهد. اما در صورت استفاده از این نوع رینگ‌ها باید شرایط غیر نقطه طرح کاملا بررسی شود، برای مثال رفتار این رینگ‌ها تحت بار ضربه‌ای و یا در صورت راه‌اندازی خشک که حرارت تولید می‌شود، باید پیش‌بینی شود.

منابع

[1] American Petroleum Institute, API Standard 610 11th Edition, (ISO 13709), *Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries, September 2010.*

[2] The Power of Wear Rings, Robert Aronen, Boulden International

[3] Centrifugal Pump Handbook, third ed. Sulzer Brothers Ltd., Pump Division.

گردآورنده: امیر قائم پناه - دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی اصفهان