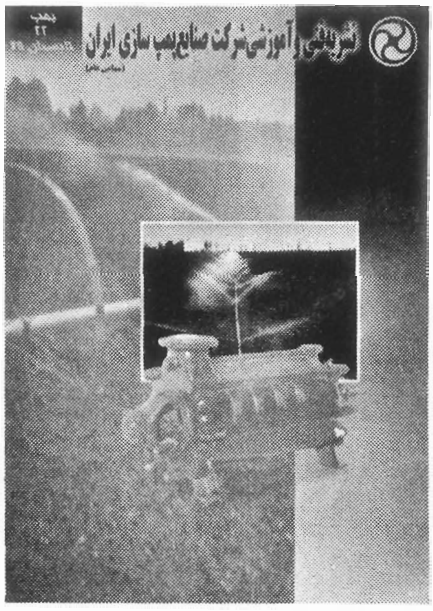
پمپ
۲۲
تابستان ۷۵

نشریه فنی و آموزشی شرکت صنایع پمپ سازی ایران

(سهامی عام)



نشریهٔ فنی آموزشی پمپیران

شماره ۲۲

تابستان ۱۳۷۵

نام نشریه : پمپ

صاحب امتیاز : شرکت صنایع پمپ سازی ایران - پمپیران (سهامی عام)

مدیر مسئول : مهندس میر بیوک احقاقی

سردبیر : مهندس اکبر اسماعیلی ترکانپوری

هیئت تحریریه : گروه مهندسین و متخصصین شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران

حروفچینی انتشارات گلباد ☎ ۳۴۴۸۵۷

لیتوگرافی: «روآ» ۶۶۸۶۱ - ۶۸۵۶۱ - ۶۸۴۸۰

چاپ: طلوع ۶۷۵۹۰

نشانی نشریه :تبریز: قراملک مجتمع ماشین‌سازی تبریز - صندوق پستی ۱۳۵ - ۵۱۸ شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران - دفتر مدیر مسئول نشریهٔ پمپ تلفن :۲۵ - ۴۵۶۷۲۳

در این شماره می‌خوانید :

مواد کربنی - گرافیتی تهیه شده از منابع رزینی

«قسمت اول»

مهندس جواد حسین‌پور فیضی ۱

اورینگ‌های الاستومری در آب‌بندهای مکانیکی

مهندس کریم حسن‌پور مقدم ۱۰

کوپلاژ

مهندس بابک رضوی اقدم

خانم پونه عرفانی..... ۲۷

«قسمت اول»

یاتاقانهای سرامیک (Sic)

جباری مقدم ۳۷

مسائل مکانیکی در طراحی پمپ

مهندس سید بهزاد مبین ۵۴

«قسمت اول»

شرایط درج مقاله در نشریهٔ پمپ

۱ - مطالب مقاله باید فنی ، صنعتی و علمی بوده و به طریقی با طراحی ، تولید و یا کاربرد پمپ مربوط باشد .

۲ - عنوان مقاله ، نام و نام خانوادگی و درجهٔ تحصیلی ، شغل و آدرس کامل مؤلف یا مترجم در صفحهٔ اوّل مقاله قید شود .

۳ - مطالب ارسالی باید حتی‌المقدور با ماشین تایپ گردیده و در غیراینصورت با خط خوانا در یک طرف کاغذ A4 نوشته و ارسال گردند .

۴ - به همراه مقاله بایستی اصل یا کپی اوّل عکسها ، شکلها و نمودارهای مربوط به مقاله ارسال گردند . مدارک موردنظر بایستی از کیفیت تصویری مطلوبی برای چاپ برخوردار باشند .

۵ - محل عکسها و شکل‌های مورد استفاده در متن مقاله مشخص شده باشند .

۶ - عنوان مقاله با در نظر گرفتن فواصل بین کلمات از دو سطر تجاوز ننماید .

۷ - در پایان مقاله فهرست منابع مورد استفاده قید گردد .

۸ - مقالهٔ ارسالی بایستی قبلاً در هیچ نشریهٔ داخلی چاپ نشده باشد .

ضمناً چون مسئولیت صحت مطالب مقاله بعهدهٔ نویسندهٔ آن است لذا هرگونه تغییر و ویرایش در متن مقاله جهت تأیید نهایی نویسنده قبل از چاپ ارسال خواهد شد .

* استفاده از مطالب و تصاویر نشریه پمپ با ذکر کامل منبع بلامانع است.

مواد کربنی - گرافیتی تهیه شده از منابع رزینی

مهندس جواد حسین‌پورفیضی
سرپرست طراحی مکانیک شرکت صنایع پمپ سازی ایران

«قسمت اول»

❑ مقدمه :

مواد کربنی - گرافیتی کاربردهای وسیعی در صنایع الکتریکی، شیمیائی، مواد نسوز و ... دارد. این مواد بعنوان یاتاقان ژورنال و کف‌گرد و ضمناً بعنوان آببند در صنایع پمپ‌سازی مورد مصرف فراوان دارد.

یک روش سنتی تهیهٔ این مواد از مواد کربنی می‌باشد که قبلاً طی مقالاتی شرح داده شده است. در این قسمت سعی می‌شود روشهای جدید تهیهٔ این مواد از منابع رزینی مورد بحث قرار گیرد.

❑ چکیده:

رزینهای فنلی (Phenolic Resins) به سبب خواص فیزیکی و شیمیایی قابل قبول خود کاربردهای بسیار زیادی دارند. این مواد بوسیلهٔ خواص خود در عملیات مربوط به تجزیهٔ حرارتی (Pyrolysing) و کربنی شدن(carburizing)قابل تشخیص بوده و در شکلهای مختلف محلول، پودر رزین،مادهٔ جامد و مذاب قابل دسترسی است. بطوریکه بعنوان چسب و مواد اشباع کننده (Impregnating) در مواد کربنی و نسوز (Refractory) مورد مصرف می‌باشند.

مواد کربنی پلیمری (Polymeric carbon) با قدرت چسبندگی زیاد در اثناء تجزیهٔ حرارتی بدست می‌آید در اینحال کربن خالص با بازده 50 تا 60 درصد در شرایطی مطلوب از رزین فنلی خالص در اثر تجزیه حرارتی بدست می‌آید. محصولات تجزیه (Cleavage products) که در دمای 350°C الی 450°C خارج می‌شوند عبارتند از:

هیدروژن - مونواکسید کربن - آب و هیدروکربنهای گازی با وزن مخصوص کم - ترکیبات آروماتیک و مواد حاصله از تجزیهٔ مواد فنلی، بطوریکه ترکیب محصولات تجزیه شده با میزان اکسیژن متغیر خواهد بود.

هیدروکربنهای چندین حلقه‌ای (Polycyclic hydrocarbons) در مواد اولیهٔ تجزیه موجود نمی‌باشند. مثلاً رزینهای فنلی فقط در یک بازه دمائی خیلی محدود، دراثنای عملیات حرارتی متصاعد می‌شوند.

- قدیمیترین مادهٔ مورد استفاده در تجزیه، رزینهای فنلی می‌باشند. بطوریکه با درنظر گرفتن الزامات فنی، اقتصادی و ضمناً موارد مربوط به محیط زیست حالت بهینه را داشته و در سالهای اخیر موفقیت زیادی در استفاده از آن حاصل شده است.

این گروه از مواد بوسیلهٔ استاندارد DIN ISO 10082 بعنوان مواد حاصل شده از فنل (Phenol) و فرمالدئید (Formaldehyde) (شکل 1) که دارای مصارف متعددی در بیش از ۲۰ شاخه می‌باشند.

باید در نظر داشت که رزینهای فنلی ابتدائاً از نظر فنی با در نظر گرفتن شکل فیزیکی خود خیلی مناسب می‌باشند. (آبدار/مایع، گرانر و/بی‌آب، جامد/دانه‌دانه، جامد/پودر یا محلول)

(aqueous/Liquid, Viscous/anhydrous, solid/granulated, solid/powdered or in solution)

در عین حال عملیات با مواد پر کننده (fillers) و مواد تقویت کننده (reinforced)، محصولات حاصله با ترکیب قابل قبولی از خواص فیزیکی و شیمیایی از جمله مشخصات مکانیکی بالا، ثبات دمائی (thermal stability) و مقاومت شیمیایی قابل تولید می‌باشند.

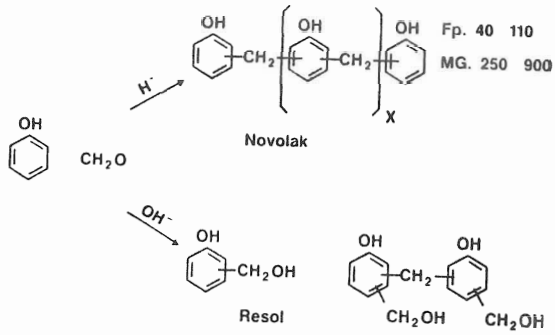


Fig. 1 Phenolic resin formation

اهمیت این گروه از چسبها از مشخصات عدیده‌ای که به شرح ذیل دارند، قابل تشخیص می‌باشد.

- پایداری ابعادی قطعات قالب‌گیری شده و قابلیت قالب‌گیری (ریخته‌گری) برای کاربردهای دائمی و متوسط
- عمر زیاد برای مواد سایشی
- امکان ترکیب با دیگر مواد رزینی برای کاربردهای گوناگون.
- امکان تغییرات شیمیائی و تبدیل آن به مواد دیگر.
- توانائی کربنی شدن رزین اصلاح شده و امکان دستیابی به کربن پیوندی با کیفیت بالا.

Table 1 Bonding functions

Bonding function	Applications	Properties
Permanent	Moulded articles	Dimensional stability
Intermediate	Refractory compounds	Thermosetting
Temporary	Friction linings	Resistance to high temperatures
Carbon-forming	Carbon materials	Ability to carbonize
Complementary	Adhesives	Good adhesion
Reactive	Epoxy-novolaks PUR moulding compounds	Chemically reactive

در روشهای تشکیل پیوند با استفاده از یک رزین ترموست و مخصوصاً امکان تشکیل پیوند از رزینهای فنلی اصلاح شده، بطور وسیعی در تولید مواد کربنی-گرافیتی بخوبی تهیه فیبرهای کربنی (CFC) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

چسبهای کربنی با کیفیت بالا در ساخت مواد کربنی مختلف مورد مصرف عمده دارند. (شکل 2)

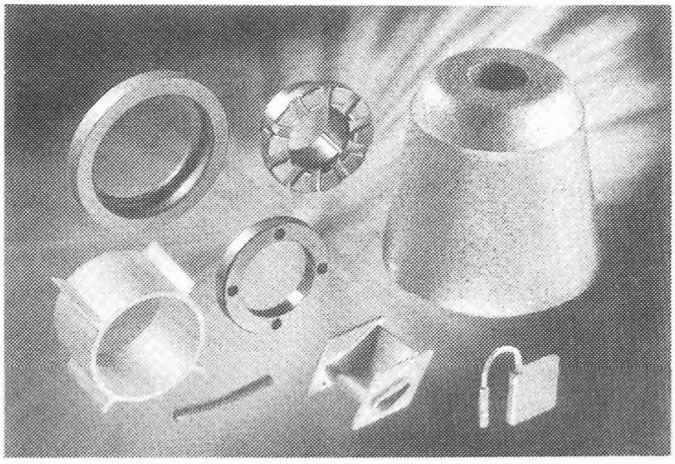


Fig. 2 Different C-bonded materials

در اینحالت تجزیهٔ رزینهای مختلف می‌تواند با وجود و عدم وجود اکسیژن صورت گیرد. محصولات ناشی از شکست ملکولی (cleavage products) و گازهای حاصله قابل اندازه‌گیری با دستگاههای تست می‌باشند. در اینحال تستهای انجام گرفته شده برای تعیین گازهای متصاعد شدهٔ ناشی از تجزیهٔ حرارتی، جهت آلودگی محیط و محل کار ضروری می‌باشد.

با نتیجه‌گیری از روشهای تست و روش ارزیابی رفتار چسبهای آلی مورد توافق، اشتباه می‌تواند زمانی صورت گیرد که کربن از رزین فنلی تشکیل می‌شود.

در یک کار سیستماتیک بازده میزان کربن بایستی براساس رزین اصلاح شده تشخیص داده شود.

جهت روشن شدن این موضوع عملیات مربوط به تبدیل رزین به رزیت در شکل 3 نمایش داده شده است.

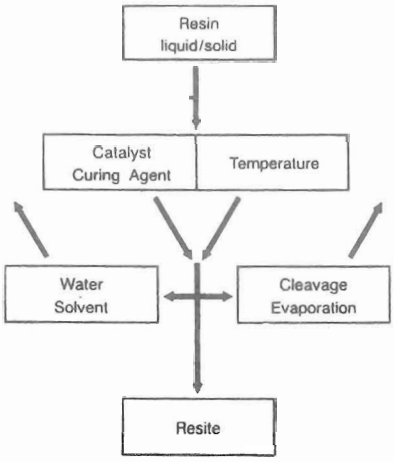


Fig. 3 From resin to resite

هنگامیکه رزینهای فنلی اصلاح می‌شوند. محصولات شکست ملکولی و حلالهای احتمالی در دمای بالای 200°C آزاد می‌شوند در اینحال بهترین نوع رزین (Resin) به شکل رزیت (Resite) است، که دارای پیوندهای سه بعدی بوده بطوریکه این، به جهت خلق یک نقطهٔ شروع برای تهیهٔ کربن مناسب حاصله از تجزیهٔ حرارتی بسیار مهم می‌باشد.

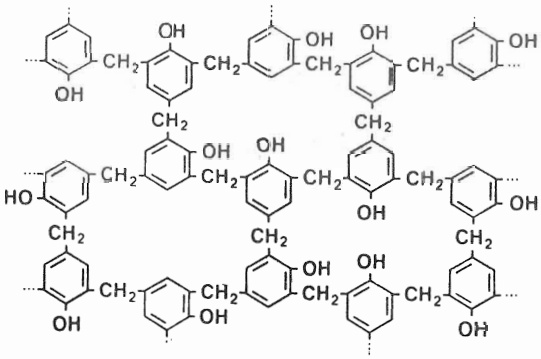


Fig. 4 Resite

بررسیهای تئوریکی از یک جزء رزیتها (شکل 5) و ضمناً نتایج حاصله از جزئیات تجزیه حرارتی، نشان می‌دهد که بطور تئوریکی حدود 55%-70% کربن رزیت را می‌توان از تجزیهٔ حرارتی انتظار داشت. اگر جزء رزینی حدود 80% کربن در یک حالت ایده‌آل داشته باشد.

اختلاف فوق می‌تواند ناشی از دانسیتهٔ پیوند جانبی، اندازه ملکول بعد از اصلاح آن، و تعداد اجزاء کربنی حذف شده باشد.

در اینحال بازده میزان کربن برای مواد رزینی اصلاح‌پذیر دیگر به منظور کاربردهای ساختمانی، اندک است.

حالتهای مختلف می‌تواند در یک شکل ساده شدهٔ تجزیهٔ حرارتی رزیت صورت گیرد. (شکل ۶)

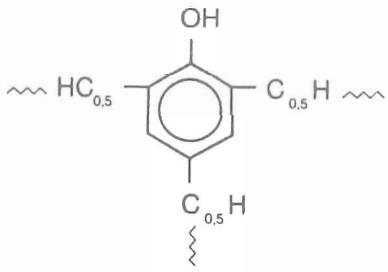


Fig. 5 Hypothetical resite segment

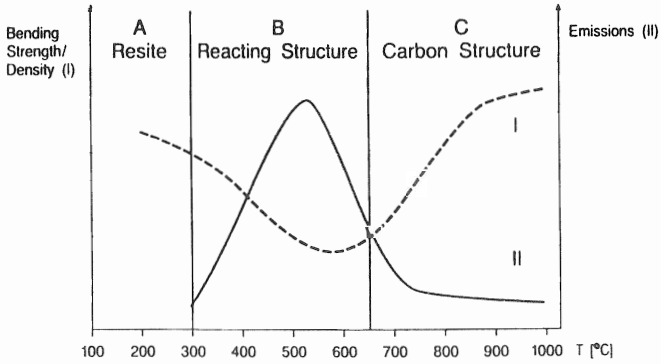


Fig. 6 Pyrolysis in a simplified form – dependency of bending strength/ density and emissions on temperature

در این شکل چنانچه ملاحظه می‌شود. منحنی II نمایانگر میزان انتشار گازها و منحنی I نمایانگر عملیات همزمان کاهش میزان رزیت و تشکیل شبکهٔ کربنی براساس افزایش وزن مخصوص و استحکام می‌باشد. چنانکه در شکل ملاحظه می‌شود با افزایش دما تا 600°C وزن مخصوص و استحکام کاهش پیدا می‌کند. و سپس با افزایش دما تا 800°C این کمیات افزایش پیدا می‌کنند. در اینحال با افزایش بیشتر دما کربن پلی‌مریکی بی‌شکل (Amorphous polymeric carbon) در انتهای این عملیات حرارتی شکل می‌گیرد. در اینحال شبکهٔ مورد اشاره جهت انتقال از موقعیت A به C از دو فاز می‌گذرد.

در فاز A که در آن ابتدائاً حجم ثابت می‌ماند و وزن مخصوص تغییر چندانی ندارد. ولیکن در مابین فاز A و B وزن مخصوص افت می‌کند. در محدودهٔ ساختمانی B و C وزن مخصوص و استحکام افزایش یافته که این توأم با کاهش حجم می‌باشد.

در اینحال تا 800°C پدیدهٔ انتشار گاز ملاحظه می‌شود. که این پدیده عملاً تأثیری در وزن مخصوص و استحکام ندارد.

در عین حال لازم به ذکر است که در عملیات تجزیهٔ حرارتی امکان تعیین میزان کربن باقیمانده،جهت برآوردهای قبلی امکان‌پذیر است در این رابطه تجزیهٔ حرارتی ممکن است با استفاده از روش تجزیهٔ ترموگروی‌متری (thermogravimetric analysis) بهتر ارزیابی شود (مثلاً در بالای 1000°C) در عین حال باقیمانده‌های عملیات کربنی شدن دوباره به منظور برآورد میزان واقعی کربن موجود، سوزانده می‌شوند.

در یک دستگاه تست مخصوص (شکل 7) رزینهای مختلفی در محیط با اتمسفر آرگن بتوسط اصلاح اولیّه تا 200°C و سپس گرمایش تا 1000°C مشخص می‌شوند.

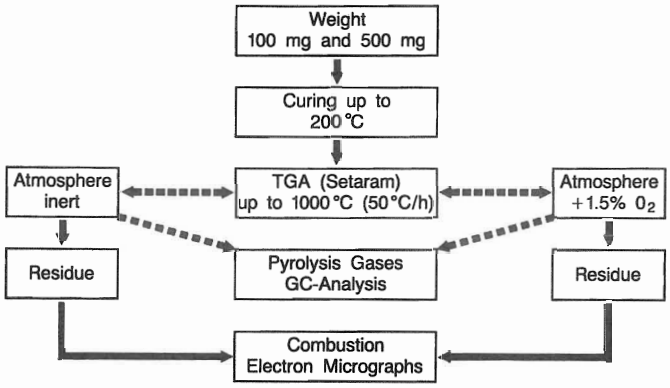


Fig. 7 Description of the Inasmet testing procedure

آزمایشات اولیه نشان می‌دهد که نتایج مهم در رابطه با حساسیت یک سیستم رزینی به اکسیژن را می‌توان با افزایش 1.5% اکسیژن به جّو محیط بدست آورد.

با تغییر محیط به گازهای متان، هیدروژن، آب و منواکسید کربن، نتایج بدست آمده نشان دهندهٔ تغییرات مهم در میزان کربن باقیمانده می‌باشد. در عین حال محصولات حاصل از شکست ملکولی مواد آروماتیک با ملکولهای سنگینی در یک سیستم تست جداگانه بررسی شده و ساختمان مواد

باقیماندهٔ تجزیهٔ حرارتی بتوسط اسکن میکروسکوپ الکترونی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

برنامهٔ مربوط به دمای تجزیهٔ حرارتی (شکل 8) می‌تواند در 22 ساعت (سریع)، 29 ساعت (متوسط) و 37 ساعت (کند) صورت گیرد. با وجود این تأثیر سرعت افزایش دما (شکل 9) نسبتاً کم می‌باشد.

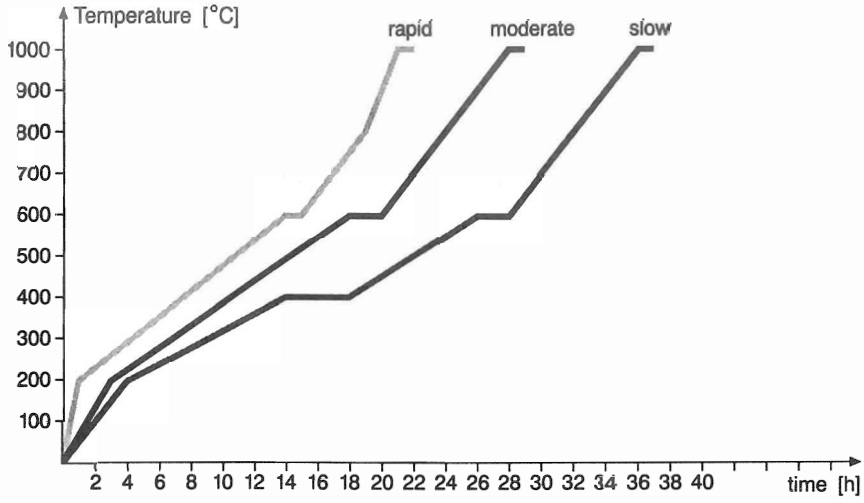


Fig. 8 Pyrolysis programs

Table 2 Influence of sample weight

		A	B	C	D	E
Carbon yield (100 mg)	[%]	30	51	45	52	54
Carbon yield (500 mg)	[%]	41	58	53	62	66
Increase of C-yield	[%]	37	14	12	19	22

A – Novolak without hexamethylene tetramine
B – Novolak solution with hexamethylene tetramine
C – Resol I
D – Resol II
E – Resol III

نمونه‌های آزمایشی (مطابق جدول 2) مشخصات بسیار متفاوتی نسبت به همدیگر دارند. چنانچه در جدول مشخص است. کربن باقیماندهٔ برای نمونهٔ با وزن بیشتر تا $\frac{1}{3}$ قابل افزایش است. که این نمایانگر آنست که نفوذ در سطح بیرونی مواد آلی باعث کربنی شدن بیشتر شده که آنهم بستگی به حجم بیشتر مواد نمونه دارد.

ادامه دارد

اورینگ‌های الاستومری
در
آب‌بندهای مکانیکی[1]

مهندس کریم حسن‌پور مقدم - سرپرست متالورژی
صنایع پمپ سازی ایران

«قسمت دوم»

■■ لاستیک نیتریل بوتادین (NBR) Nitrile Butadiene

نام تجارتی	نام شرکت سازنده
perbunan	Bayer AG
Hycar	B. F. Goodrich chem. Co
Chemigum	Goodyear
Krynac	Polymer Corp.
Elaprim	Montecatini
JSR - N	Japan synth. Rubber Co.

1. Mechanical Seals

نیتریل (NBR) نام عمومی برای پلیمرهای چندگانه فوق می‌باشد.

درصد Acrylonitrile با توجه به تولیدات فنی بین ۱۸ تا ۵۰ درصد تغییر می‌کند.

و اثرات قابل ملاحظه‌ای در خواص الاستومری دارد. با یک مقدار اضافی Acrylonitrile در دمای پائین پایداری در مقابل روغن یا سوختهای آلی افزایش می‌یابد ولی انعطاف، الاستیسیته و نیروی فشاری کاهش یافته و احتمالاً منجر به خرابی آن گردد. NBR دارای خواص مکانیکی خوب بوده و از مقاومت سایشی بالائی برخوردار است.

پایداری شیمیائی در مقابل :

- هیدروکربنهای زنجیره‌ای (پروپان ، بوتان ، نفت خام ، روغنهای حیوانی و گریس‌ها، سوخت دیزلی، پارافین (روغنهای سوختی)
- گریس‌ها و روغنهای گیاهی و حیوانی
- بعضی اسیدهای رقیق شده ، بازها و محلولهای نمکی در دمای پایین
- آب

عدم پایداری در مقابل :

- مواد سوختی با مقدار زیاد آروماتیک (نفت سوپر)
- هیدروکربنهای آروماتیکی (بنزن)
- هیدروکربنهای کلردار (Trichloroethylene)
- حلالهای قطبی (ستونها ، آستون ، اتیلن آستات)
- اسیدهای قوی
- روغنهای ترمز بر پایه glycol
- تأثیر اوزون ، آب و هوا و مرور زمان

■■ لاستیک اتیلن پروپیلن Ethylene Propylene (EPM, EPDM)

نام تجارتی	نام شرکت سازنده
Buna Ap	chem. werke Hüls
keltan	DSM
Dutral	Montecatini
Nordel	Du Pont
Vistalon	Enjay chemical
Royalene	Uniroyal chemical
Epcar	B. F. Goodrich chem. co

EPM لاستیکی است که به وسیلهٔ چند پلیمریزه کردن Propylene , ethylene (Copolymerisation) بدست می‌آید. با استفاده از اضافه کردن مونومر سومی بنام dien به اتیلن و پروپیلن لاستیک EPDM حاصل می‌شود که دارای خواص آب‌بندی خوبی در برابر سیالات هیدرولیکی پایه استر بوده و بطور وسیعی در سیستم‌های ترمز با پایهٔ glycol کاربرد دارد.

پایداری شیمیائی در مقابل :

- آب گرم و بخار تا دمای ۱۵۰°C و انواع ویژه تا دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد
- روغنهای ترمز بر پایهٔ glycol تا دمای ۱۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد
- بعضی اسیدهای معدنی و آلی
- شوینده‌ها ، مواد قلیائی سودا ، محلولهای سوزآور پتاس
- روغنهای هیدرولیکی بر پایه استر فسفریک (HFD - R)
- روغنهاو گریس‌های سیلیکونی
- بعضی حلالهای قطبی (الکل‌ها، ستونها ، و استرها)
- مقاوم به اوزون و مروز زمان و آب و هوا

ناپایداری در مقابل :

- تولیدات روغنی معدنی (روغنها ، گریس‌ها ، سوختها)
- لاستیک بوتیل Butyl (IIR)

نام تجارتی	نام شرکت سازنده
Polyar Butyl	polymer corp
Enjay Butyl	Enjay chemical
petro - Tex Butyl	petro - Tex chemical co
Bucar	Cities service co
Exxon Butyl	Exxon chem. co

لاستیک بوتیل (Isobutylene , Isoprene) به وسیلهٔ چندین تولیدکننده با مقدار Isoprene متغیر تولید می‌شود. این لاستیک در مقابل گاز قابلیت نفوذ کمی داشته و خاصیت عایق الکتریکی خوبی دارد.

مقاومت شیمیائی در مقابل :

- آب گرم و بخار تا دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد
- روغن‌های ترمز بر پایهٔ glycol
- بعضی اسیدها و بازها
- محلولهای نمک‌دار
- محلولهای قطبی مانند الکل‌ها ، ستونها و استرها
- روغن‌ها و گریس‌های سیلیکونی
- skydrol ۵۰۰ و ۷۰۰
- مقاومت در مقابل اوزون و مرور زمان و آب و هوا

ناپایداری در مقابل :

- روغنها و گریس‌های معدنی
- سوختها
- هیدروکربنهای کلردار

■ لاستیک کلروپرن (CR) Chloroprene

نام شرکت سازنده	نام تجارتی
Du Pont	Neoprene
Bayer AG	Bay prene
Distergil	Butaclor
Petro - Tex chem. co.	Petro - Tex Neoprene
Denka chem. co	Denka

لاستیک کلروپرن (CR) یکی از اولین لاستیک‌های مصنوعی بوده و مقاومت خوبی در مقابل اوزون ، آب و هوا ، مواد شیمیائی و مرور زمان و مقاومت متوسطی در برابر روغنها دارد و در درجه حرارتهای بالا پایداری مکانیکی‌اش مطلوب می‌باشد.

پایداری شیمیائی در مقابل :

- روغنهای معدنی پارافینی با DVI کمتر
- گریس‌ها و روغن‌های سیلیکونی
- آب و محلولهای آبکی (در دماهای متوسط)
- خنک‌کننده‌ها (آمونیا ، دی‌اکسیدکربن ، فرئون)
- مقاومت بهتر در مقابل اوزون ، آب و هوا و مرور زمان در مقایسه با لاستیک NBR

ناپایداری در مقابل :

- هیدروکربنهای آروماتیک (بنزن)
- هیدروکربنهای کلردار (Trichloroethylene)
- حلالهای قطبی (ستونها ، اتر ، استون)

■ لاستیک فلوروکربن (FPM) Fluorocarbon

نام شرکت سازنده	نام تجارتی
Du Pont	Viton
3M company	Fluorel
Monte catini	tecnoflon
Daikon kagyo co	Dai - el

این لاستیک مقاومت عالی در مقابل دماهای بالا ، اوزون ، اکسیژن ، روغنهای معدنی ، روغن‌های هیدرولیک مصنوعی ، سوختها ، آروماتها ، بعضی حلالهای آلی و برخی مواد شیمیائی دارد. در دمای پایین مخصوصاً در محدودهٔ ۱۵ - تا ۲۰ - درجه سانتی‌گراد تحت تنش دینامیکی نتایج غیرمطلوبی دارد. قابلیت عبور گاز کم بوده و در این مورد مانند لاستیک بوتیل می‌باشد.

اجزای FPM مخصوص ، پایداری بالایی در مقابل اسیدها ، سوختها ، آب و بخار دارند.

پایداری شیمیائی در مقابل :

- **گریس‌ها و روغنهای معدنی ، بادکردگی کمتردر برابر روغنهای شماره ۱ تا ۳ ASTM**
- **روغن‌های هیدرولیکی شدیداً قابل اشتعال گروه HFD**
- **روغنها و گریس‌های سیلیکونی**
- **هیدروکربن‌های زنجیری (نفت خام - بوتان - پروپان و گاز طبیعی)**
- **هیدروکربن‌های آروماتیک (بنزن ، تولوئن)**
- **هیدروکربنهای کلردار (تری کلرواتیلن و تتراکلرید کربن)**

- سوختها و سوختهای حاوی متانول
- خلاء زیاد
- مقاومت زیاد در مقابل اوزون ، آب و هوا و مرور زمان

ناپایداری در مقابل :

- حلالهای قطبی (استون ، اتیل ستون ، اتیل استات ، دی‌اتیل‌اتر ، دی‌اکسان)
- skyrol ۵۰۰ و ۷۰۰
- روغنهای ترمز بر پایه glycol
- گاز امونیاک ، آمین‌ها و قلیائی‌ها
- بخار بسیار داغ
- اسیدهای آلی کم‌مولکولی (اسید فرمیک و اسیداستیک)

■ لاستیک پرفلوروکربن Perflurocarbon (FFKM)

نام شرکت سازنده	نام تجارتی
Dupont	Kalrez
Green Tweed	Chemraz
Parker	Parofluor
Freudenberg	Simriz

این الاستومر دارای خواص شیمیائی شبیه به PTFE و خواص کشسانی مانند FPM می‌باشد. فرآیند تولید این الاستومر خیلی مشکل می‌باشد. قیمت خیلی بالای مواد ، چندین برابر لاستیک FPM که از نظر اقتصادی حائز اهمیت است ، ایجاب می‌نماید که از این لاستیک در موارد استثنائی استفاده شود. در نتیجه مواد با توجه به نوع کاربرد ویژه انتخاب شوند.

پایداری شیمیائی در مقابل :

- تقریباً تمام مواد شیمیائی
- اکسیژن ، اوزون ، اثرات آب و هوا و مرور زمان
- کاهش وزن بسیار کم در خلاء بالا در دماهای زیاد

ناپایداری در مقابل :

- اجزای فلوری مانند ۱۱۴، ۱۱۳، ۱۴، ۱۳، ۱۲، ۱۱ Freon و غیره

■ لاستیک سیلیکونی (Q, MQ, MVQ) Silicone

نام شرکت سازنده	نام تجارتی
Bayer AG	Silopren
Dow corning	Silastic
General Electric	SE, Blensil

لاستیک‌های سیلیکونی دربرگیرنده گروهی از مواد است که از میان آن‌ها methyl vinyl silicone (MVQ) کاربرد عمده‌ای دارند. گروه الاستومر سیلیکونی مقاومت نسبتاً کمی در مقابل اصطکاک و پارگی و سایش داشته ولی دارای خواص استثنائی و ویژه می‌باشند. مقاومت زیادی در برابر هوای گرم تا دمای ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد داشته و در مقابل اثر آب و هوا در دمای پایین تا ۶۰°C− پایدار می‌باشد. خواص عایقی و فیزیولوژی مطلوبی را دارا می‌باشد.

پایداری شیمیائی در مقابل :

- روغنهای موتور و گیربکس از نوع زنجیری (مانند روغن شماره ۱ ASTM)
- گریس و روغنهای حیوانی و نباتی
- روغنهای ترمز بر پایهٔ glycol

- روغنهای هیدرولیک شدیداً قابل اشتعال مانند HFD - S, HFD - R
- هیدروکربنهای آروماتیک کلردار پرملکولی (مانند کلوفن) کلرودی‌فنیل (در میان سایرین، عایق غیرقابل اشتعال ، مبرد ترانسفورماتور)
- آب تا دمای ۱۰۰+ درجه سانتی‌گراد
- محلولهای نمکی رقیق
- مقاوم به اوزون ، مرور زمان و اثر آب و هوا

ناپایداری در مقابل :

- بخار داغ بیشتر از دمای ۱۲۰+ درجه سانتی‌گراد
- اسیدها – قلیاها و گریس‌ها و روغن‌های سیلیکونی
- هیدروکربنهای کلردار کم‌ملکولی (مانند تری‌کلرواتیلن)
- سوختها و روغنهای معدنی آروماتیکی
- هیدروکربنهای آروماتیکی

■ لاستیک فلوروسیلیکون (MFQ) Fluorosilicone

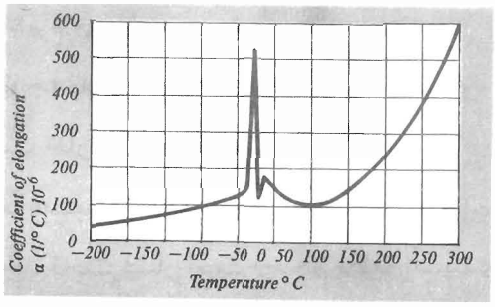
MFQ در مولکول خود ، از گروه Trifluoropropyl به اضافه گروه methyl تشکیل شده است. خواص مکانیکی و فیزیکی آن قابل مقایسه با لاستیک MVQ می‌باشد. در مقابل، MFQ در مقایسه با MVQ دارای مقاومت قابل ملاحظه‌ای در برابر محیط داشته و مقاومت آن نسبت به هوای گرم در مقایسه با سوختها و روغنهای معدنی تا اندازه‌ای کم می‌باشد.

لاستیک PTFE

استفاده از PTFE در آب‌بندهای مکانیکی در موارد خاصی انجام می‌گیرد.

این مواد برخلاف موارد قبلی ، از پلاستیک ترموست تف جوش شده می‌باشد. PTFE در مقابل تقریباً تمام مواد شیمیائی مقاوم است اما تحت تأثیر خزش قرار می‌گیرد. صلبیت قابل ملاحظه و قابلیت ارتجاعی اندک، کاربرد آن را در آب‌بندی مکانیکی دشوار می‌سازد. بعلاوه ضریب انبساط

نامطلوب آن بخصوص در دماهای نزدیک به دمای محیط باید مورد توجه قرار گیرد (شکل ۱۳) به منظور ترکیب چند خاصیت مفید، رینگ‌های الاستومری توسط PTFE یا FEP پوشش داده می‌شوند. در هر صورت در مونتاژ آن‌ها باید موارد خاص نصب‌العین قرار گیرد.



شکل ۱۳ - ضریب انبساط طولی PTFE

نمونه عیوب الاستومرها

علل و راه‌حلها:

■ عیب ناشی از بیرون زدگی در اثر فشار بیش از حد سیال (Extrusion)

کنده شدن و جویده شدن سطوح اورینگ از عیبهای بسیار متداول می‌باشد. در اینجا مواد تحت فشارهای مکانیکی و هیدرولیکی در فاصله لقی دو قطعه رانده شده و نتیجتاً از آنها کنده یا بریده می‌شوند (شکل‌های ۱۴ و ۱۵ و ۱۶)

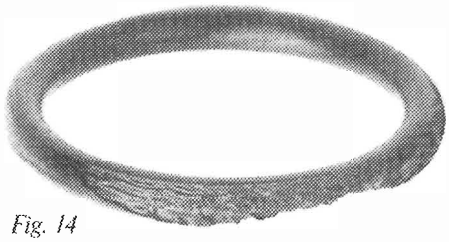


Fig. 14

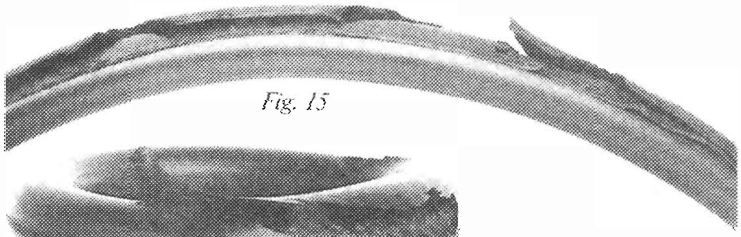


Fig. 15

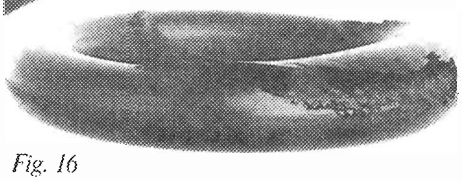


Fig. 16

علل:

- فاصله لقی نامناسب و بزرگ
- فشار بیش از حد
- مواد اورینگ بیش از حد نرم می‌باشد.
- اصلاح خواص مواد با توجه به پارامترهای کاربردی (مانند تورم ، تغییرات سختی و غیره)
- فاصله لقی غیرمنظم بعلت خارج از مرکزیت
- تیز بودن گوشه‌های قطعه آب‌بندی اورینگ
- قطعه آب‌بندی بیش از حد تحت فشار است (حجم قطعه آب‌بندی خیلی کوچک است)
- انتخاب غلط اندازهٔ اورینگ

روش اصلاح

- مقدار تلرانس را کاهش دهید.
- از رینگ پشت‌بند استفاده شود.
- سختی مواد را افزایش دهید.
- مواد با نوع سیال مطابقت داشته باشد.
- خارج از مرکزیت را کاهش دهید.
- گوشه‌های قطعه آب‌بندی را پخ بزنید (حداقل ۰/۰۵ تا ۰/۲ میلی‌متر)
- از سایر مواد آب‌بندی استفاده کنید.

■ تغییر شکل دائمی

یکی دیگر از عیوب متداول در اورینگ‌ها که در حالت مونتاژ شده پیش می‌آید تغییر شکل دائم می‌باشد (شکل ۱۷). اگر این تغییر شکل از تنش اولیه الاستیکی جلوگیری کند، اثر آب‌بندی آن از بین خواهد رفت. این پدیده اغلب به شرح زیر توجیه می‌شود. کاهش الاستیسیته بعلت از بین رفتن موقعیت اتصالات بین زنجیرهای مولکولی یا بوجود آمدن آرایش جدید مولکولی است (سخت شدن ناشی از اعمال انرژی است)

علل :

- فشردگی بیش از حد الاستومرها
- انتخاب غلط ابعاد قطعه آب‌بندی
- درجه حرارت زیاد کارکرد
- تماس با محیط نامناسب
- کیفیت ضعیف الاستومر (خواص شیمیائی و درجه و ولکانیزاسیون)

روش اصلاح

- مقدار فشار نامی روی الاستومر را کنترل کنید.
- الاستومر پایدار انتخاب کنید یا مواد را کنترل کنید.
- در محل آب‌بندی مقدار دما را کاهش دهید.
- طرح قطعه آب‌بند را تغییر دهید.

■ عیب پیچش

این عیب معمولاً با علائم مارپیچی شکل یا برشهایی روی سطوح اورینگ مشخص می‌گردد (شکل ۱۸ و ۱۹)

Fig. 17

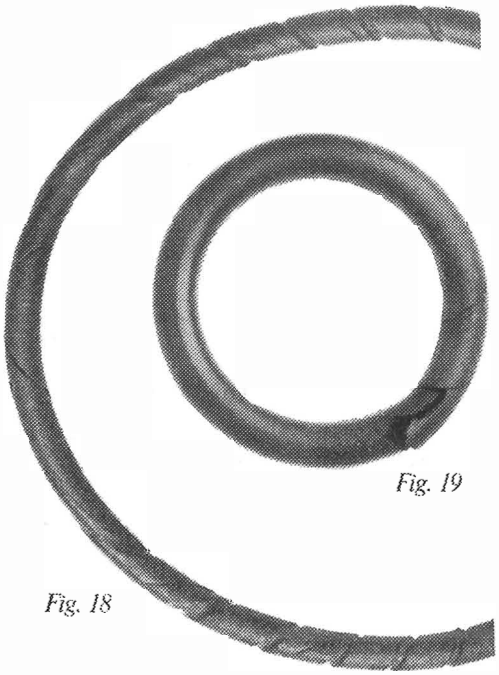


Fig. 19

Fig. 18

در حالی که ارتباط فیلم روانکاری با محل اتصال قطع می‌شود. تماس لاستیک/فلز بوجود می‌آید و در طول حرکت، اورینگ به سطح آب‌بندی خواهد چسبید و در نتیجه اورینگ پیچ خورده و تابیده می‌شود. بعلت رابطهٔ غیرمعقول بین قطر داخلی و قطر مقطع (قطر داخلی بزرگ و سطح مقطع کوچک) در داخل قطعه آب‌بندی در طول مونتاژ اورینگ لوله می‌شود.

علل :

- غیر هم محور بودن قطعات
- خشن بودن سطوح
- کم بودن یا نبود مواد روانکاو
- نرم بودن بیش از حد الاستومر
- عیب مونتاژ (اورینگ را بصورت لوله شده و تابیده جا انداختن)

روش اصلاح

- موقعیت قطعات را کنترل کنید.
- در محل لغزش خشن بودن سطح را کاهش دهید.
- از الاستومر سخت‌تر استفاده کنید.
- روانکاری را اصلاح کنید (روغنکاری داخلی یا تعبیه محل روغنکاری)
- تغییر شکل سطح مقطع را کاهش دهید.
- شکل آب‌بندی را عوض کنید.

■ ترکیدگی در اثر افت فشار

این عیب مشکل‌مواد محسوب می‌شود . یک الاستومر می‌تواند تحت فشارهای بالا از محیط، گاز جذب نماید، نخست منبسط می‌شود. پس از آنکه فشار از روی آن برداشته می‌شود، فقط هنگامی به حالت و اندازه اولیه خود برمی‌گردد که گاززدایی انجام شده باشد. این خاصیت برگشت‌پذیر است. این پدیده بستگی به افت فشار، زمان عمل و سرعت نفوذ دارد. آزاد شدن ناگهانی فشار ممکن

است منجر به گاززدایی انفجاری شود. در این حالت گاز در داخل الاستومر منبسط شده و منجر به پارگی سطوح اورینگ می‌گردد (شکلهای ۲۰ و ۲۱)

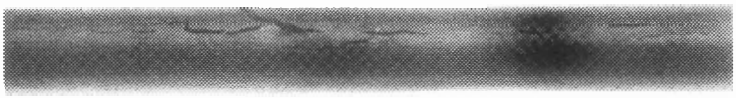


Fig. 20

Fig. 21

روش اصلاح :

- اگر لازم است یک الاستومر با مشخصات ویژه بعلل مختلف مورد استفاده قرار گیرد زمان گاززدایی را طولانی کنید.
- موادی را انتخاب کنید که در برابر ترکیدگی در افت فشار مقاومت کند (مانند الاستومر NBR و FPM که دارای استحکام داخلی بالائی هستند و قابلیت جذب گاز آنها پائین است)
- از موادی استفاده کنید که قابلیت نفوذ آنها زیاد است مانند EPDM و MVQ یا MFQ

■ عیب سائیدگی

این عیب در قطعات متحرک ظاهر شده و در آب‌بندهای مکانیکی روی اورینگ دینامیکی متمرکز می‌گردد. در بررسی این عیب شرایط زیر باید مدنظر قرار گیرد.

اصطکاک با فشار سطحی اورینگ متناسب است.

سائیدگی با اصطکاک متناسب است.

گرم شدن آب‌بند با اصطکاک متناسب است.

اجزای ساینده در محیط سیال اصطکاک را افزایش می‌دهد.

این عیب به طور مشخص اغلب بصورت پهن‌شدگی[1] در یک طرف اورینگ مشاهده می‌شود برخلاف تغییر شکل دائم که در اثر فشارهای جانبی از دو طرف سطح مقطع پهن می‌گردد. (شکل ۲۲)

Fig. 22

علل عیوب :

- صافی سطح یا خیلی زیاد است یا خیلی کم است
- روانکاری ضعیف
- درجه حرارت زیاد
- آلودگی محیط سیال
- فشار زیاد و متناوب در کاربردهای استاتیکی
- رسوب مواد خارجی سیال در محدودهٔ حرکت اورینگ

■ روش اصلاح

- اصلاح صافی سطوح
- از الاستومر با قابلیت لغزندگی بهتر استفاده کنید.
- آلودگی محیط سیال را کنترل کنید.

Flattening 1

■■ تخریب شیمیائی :

اورینگ می‌تواند متورم ، سخت و تجزیه شده و تاول بزند ، این عیب معمولاً یک تخریب اولیه الاستومر پایه است که توسط محیط سیال عارض می‌شود. شکل (۲۳)

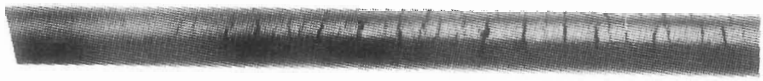


Fig. 23

■ درجه حرارت زیاد

چنین عیوبی یا مربوط به خود اورینگ است یا بوسیله سخت شدن یا ترد شدن آن بوجود می‌آید. این عیب یا در اثر درجه حرارت زیاد در حین کار ایجاد می‌شود یا ناشی از خنک‌کاری ضعیف می‌باشد (شکل‌های ۲۴ و ۲۵)

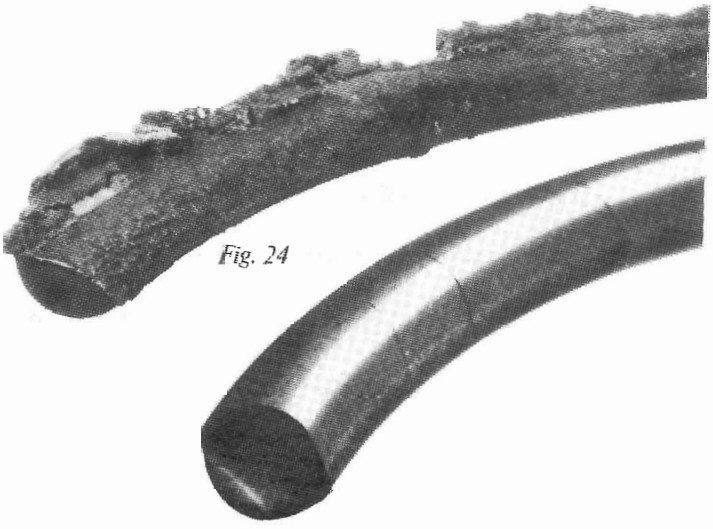


Fig. 24

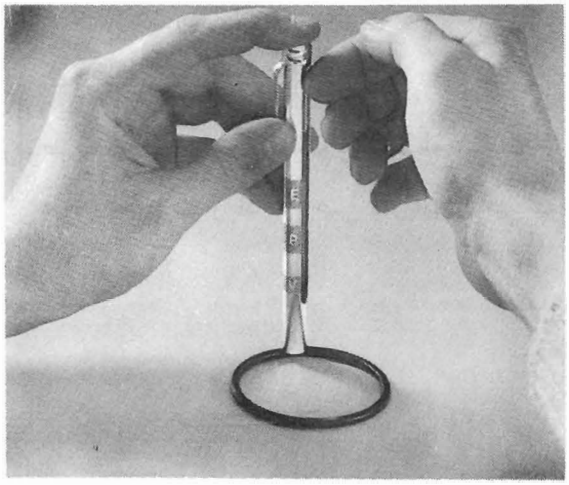
Fig. 25

دستگاه سختی‌سنج الاستومر

این دستگاه ، این امکان را می‌دهد که سختی قطعات الاستومری را بطور ساده و غیرمخرب ترجیحاً در لاستیک‌های ویتون (V)، پربونان (P) و اتیلن پروپیلن (E) مشخص نماید. سختی الاستومرها در محدودهٔ ۶۰ تا ۹۰ درجه شور (shore) قابل اندازه‌گیری است.

روش تعیین سختی :

- قطعه نمونه را روی سطح صاف و صلبی قرار دهید.
- دستگاه سختی سنج را با کمی فشار بطور عمودی روی اورینگ قرار دهید.
- وزنه (ساچمه) را تا محل نشیمن آن بلند کنید.
- اجازه دهید وزنه سقوط کند.
- ارتفاع پین بعد از اولین برگشت به طرف بالا، مشخص‌کنندهٔ مقدار سختی می‌باشد.



شکل ۲۶ - دستگاه سختی‌سنج الاستومر

- مرجع :

- کاتالوگ Burgmann .

کوپلاژ[1]

مهندس بابک رضوی اقدم

خانم پونه عرفانی

شرکت صنایع پمپ سازی ایران

«قسمت اول»

۱- مفهوم کوپلاژ

معمولاً بیش از $\frac{1}{3}$ مشکلات ناشی از ارتعاش در ماشین‌آلات ناشی از صحیح نبودن کوپلاژ محورها می‌باشد.هم‌راستا نمودن شفتهای دوار از جمله مهمترین مسائل به هنگام نصب پمپها است. همانطوریکه در شکل ۱ مشاهده می‌گردد هم راستا نبودن شفتها را می‌توان به سه نوع زیر طبقه‌بندی نمود :

۱ - عدم هم‌راستائی بصورت جابجائی محوری[2]

۲ - عدم هم‌راستائی بصورت زاویه‌ای[3]

۳ - ترکیب دو حالت فوق

---

1 Alignment

2parallel offset misalignment

3 Angular misalignment

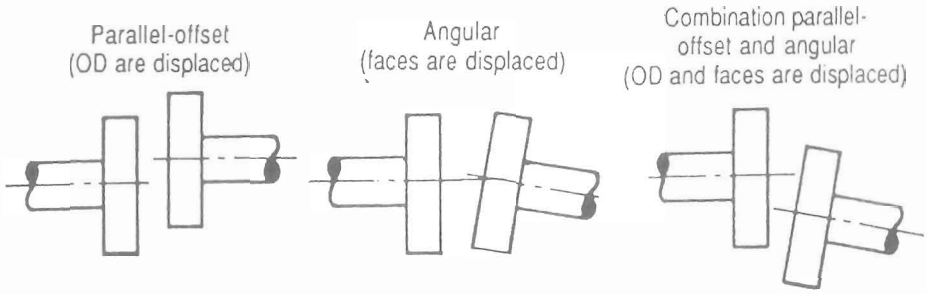


Figure.1 Types of misalignment.

میزان انحراف محور را می‌توان با واحدهای درجه، رادیان و میلی اینچ مشخص نمود.
اگرچه هم راستا نبودن محورها موضوع ساده‌ای بنظر می‌رسد، ولی می‌تواند بسیار گمراه‌کننده باشد.
سازندگان کوپلینگ محدودهٔ قابلیت خنثی‌سازی عدم هم‌راستائی توسط محصولات خود را معین می‌سازند.

میزان مجاز انحراف زاویه‌ای حدود $\frac{1}{2}$ درجه و میزان انحراف محوری در مورد فضای قابل انعطاف کوپلینگ در حدود mils/in ۸ می‌باشد. زمانیکه مسئله انبساط حرارتی المانهای متصل به هم در ماشینها نادیده گرفته شود مشکلات پیچیده‌تر می‌گردد.
حین کوپلاژ دستگاهها در اندازه‌گیری موقعیت آنها نسبت به هم خطاهائی وجود دارد. به این ترتیب به منظور عملکرد روان و بدون ارتعاش همراه با کارآئی مناسب ماشین‌آلات لازم است دانستنیهای لازم در مورد طراحی کوپلینگ، میزان انبساط حرارتی اجزاء و اصول صحیح کوپلاژ شفتها دقیقاً مدنظر قرار گیرند.

۲ - کوپلینگها[1]

جهت کوپلاژ پمپها به محرکهایشان دو نوع کوپلینگ مورداستفاده قرار می‌گیرد :

۱ - کوپلنیگ قابل تنظیم صلب
۲ - کوپلنیگ انعطاف‌پذیر

۲-۱- کوپلنیگ قابل تنظیم صلب[2]

در اغلب پمپهای عمودی با کوپلنیگ بسته از کوپلینگ قابل تنظیم صلب بمنظور انتقال نیروی محوری بالا یا پائین به شفت موتور استفاده می‌گردد. (شکل ۲)

1 Couplings

2 Rigid adjustable couplings

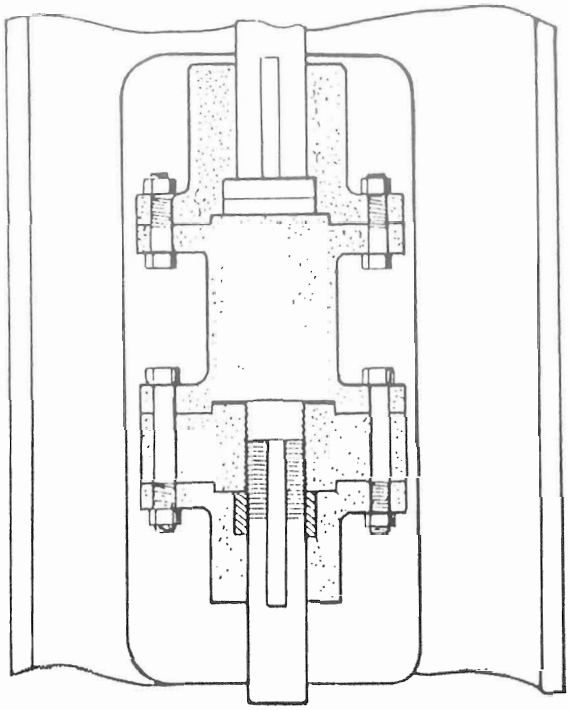


Figure.2 Rigid adjustable coupling for vertical pump.

شفت موتور و شفت پمپ با این روش تبدیل به یک مجموعه می‌گردد. این نوع کوپلینگ بمنظور تنظیم موقعیت پروانه‌ها دارای قابلیت تنظیم می‌باشد.

مکان صحیح در روتور دقیقاً بر مبناء میزان بلند شدن شفت نسبت به پائین‌ترین موقعیت آن تعیین می‌گردد. در صورتی‌که موقعیت صحیح شفت پمپ به هنگام بستن پیچهای کوپلینگ قبلاً محاسبه شده باشد، با سفت کردن پیچ تنظیم موقعیت شفت تثبیت می‌گردد. این طرح قادر است نیروی محوری به طرف پائین و به طرف بالا را به یاتاقانهای موتور انتقال دهد.

۲-۲- کوپلینگ انعطاف‌پذیر[1]

کوپلینگهای انعطاف‌پذیر جهت اتصال شفتهای دواری بکار می‌روند که در آنها بعلت تغییر بار، تغییر دما، استارت ناگهانی یا توقف سریع، امکان تغییر مکان یک شفت نسبت به موقعیت انتهائی شفت مقابل آن وجود داشته باشد. طراحی کوپلینگهای انعطاف‌پذیر بدو صورت اصلی صورت می‌پذیرد.

1 Flexible couplings

۱ - کوپلینگ با قابلیت انعطاف مکانیکی[1]:

در این طرح عدم همراستائی محورها با استفاده از قطعات صلب نظیر دندانه‌های چرخدنده، پیچها، بوشها، فنر صفحه‌ای، قطعات لغزنده و غیره، خنثی می‌گردد.

۲ - کوپلینگ با قابلیت انعطاف الاستیکی[2] (بازگشت‌پذیر):

در این طرح عدم همراستائی محورها با استفاده از قطعات غیرصلب نظیر رزینها و لاستیکها خنثی می‌گردد.

ماکزیمم گشتاور انتقالی توسط کوپلینگ بر مبناء حداکثر انحرافی تعیین می‌گردد که بکار کرد ماشین‌آلات تحت سرعت نامی، لطمه‌ای وارد نگردد. کارکرد ماشین تحت بار ماکزیمم باعث ایجاد صدمات ناشی از خستگی در قطعات انعطاف‌پذیر و خوردگی شدید در سر دندانه‌ها خواهد شد. به این ترتیب نحوهٔ عملکرد کوپلینگ از نظر مقاومت به لغزش و یا انعطاف برروی مسائل مربوط به یاتاقان محوری پمپ تأثیر می‌گذارد. برخی از کوپلینگهای دنده‌ای به ازاء هر اسب بخار انتقال قدرت معادل ۰/۳۳ پوند افت ایجاد می‌نمایند. با بیشتر شدن میزان انحراف محور، افت افزایش یافته و بدنبال آن با دوران شفت‌بار یاتاقان محوری افزوده می‌گردد.

میزان جدایش المانهای قابل انعطاف مهمترین عامل در تعیین میزان حداکثر عدم هم راستائی است که کوپلینگ قادر است خنثی سازد. بزرگتر بودن فاصلهٔ بین توپیهای کوپلینگ باعث می‌گردد تا کوپلینگ عدم هم راستائی محوری و زاویه‌ای بزرگتری را جبران سازد. در صورت حذف فاصلهٔ بین توپیهای کوپلینگ به جهت انجام سرویس آببندیهای مکانیکی باید فضای مناسب در نظر گرفته شود.

۳ - کوپلینگهای انعطاف‌پذیر مکانیکی[3]

برای ساخت این نوع کوپلینگ‌ها دو طرح اساسی وجود دارد.

---

1 Mechanial Flexing Couplings

2 Elastic flexing couplings

3 Mechanical Flexing Design Couplings

۳-۱- کوپلینگهای دنده‌ای

در گذشته از کوپلینگهای دنده‌ای برای کوپله کردن پمپهای افقی به طور گسترده استفاده می‌شد. (شکل ۳) کوپلینگهای دنده‌ای نسبت به اندازه و وزنشان دارای مشخصه‌های خوبی از نظر گشتاور انتقالی و راندمان هستند.

این کوپلینگها شامل ۵ جزء می‌باشند.

۱ - دو عدد توپی که روی شفتهای کوپل‌شونده قرار گرفته‌اند.

۲ - دو مجموعه مخروطی که با توپیها درگیر می‌باشند.

۳ - قطعهٔ متحرک یا اتصال‌دهنده.

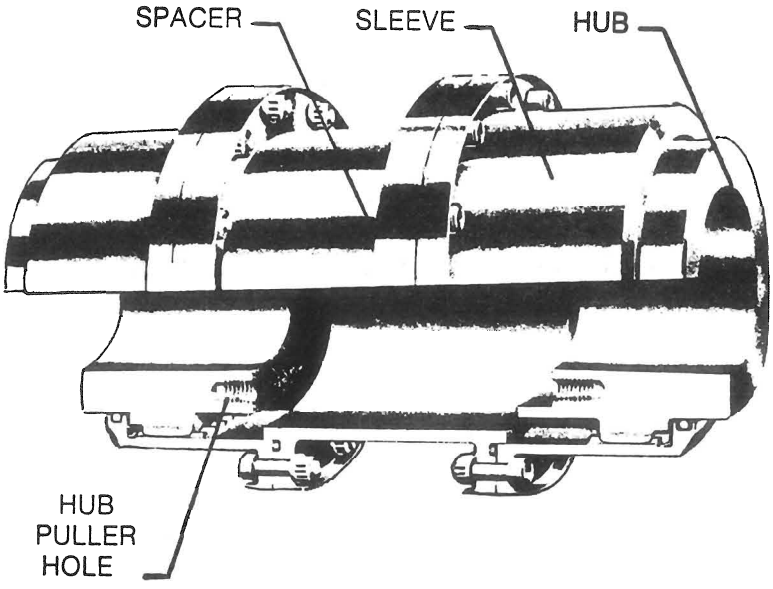


Figure 3 Flexible gear coupling.

توپی‌ها دارای دندانه‌های خارجی هستند که با دندانه‌های داخلی مجموعهٔ مخروطی درگیر می‌باشند. حرکت نسبی بین چرخدنده‌های درگیر بصورت نوسانی یا گهواره‌ای می‌باشد.

این نوع حرکت فیلم هیدرودینامیکی جهت روانکاری ایجاد نمی‌کند. روانکاری توسط روغن یا گریس که در ناحیه مجموعهٔ دنده توسط اُرینگ یا سایر روشهای آبندی محدود شده است صورت می‌پذیرد. ضریب اصطکاک روی دندانه‌های چرخدنده با افزایش گشتاور و سرعت افزایش می‌یابد. به این ترتیب در امتداد دایره‌های گام ممان ایجاد شده و باعث بروز ارتعاش می‌گردد. عیب بزرگ این طرح لزوم روانکاری می‌باشند.

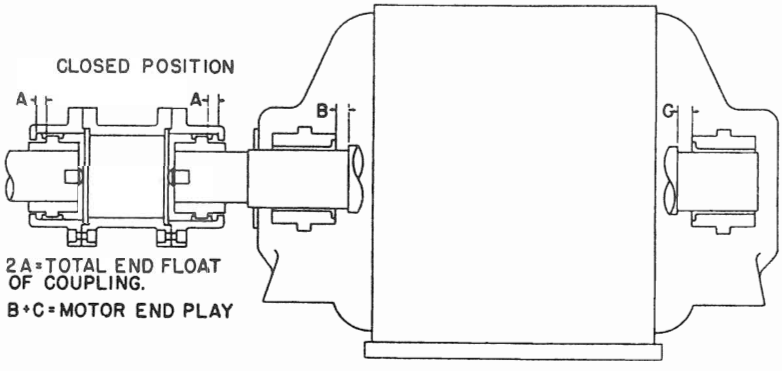
۲-۳- کوپلینگ فنری[1]

کوپلینگ با فنر تیغه‌ای شامل دوتوپی می‌باشند که دارای شیارهای افقی بوده و فنر قسمت جلو و عقب آنها را قفل می‌نماید. قابلیت انعطاف کوپلینگ به طرح شیارها بستگی دارد. یک درپوش فنر تیغه‌ای را دربرگرفته و آنرا در داخل شیارها نگاه می‌دارد و بعنوان مخزن ذخیرهٔ گریس عمل می‌کند. این نوع کوپلینگ در مقایسه با کوپلینگ دنده‌ای دارای ۶۰ درصد ظرفیت انتقال گشتاور نسبت به وزن برحسب پوند، است. عیب این نوع کوپلینگ نیاز به روانکاری است.

۳-۳- کوپلینگهای لغزان دوسر محدود[2]:

در موتورهای با ظرفیت ۲۵۰ اسب‌بخار به بالا دو انتهای روتور حدود $\frac{1}{2}$ الی ۱ میلی اینچ در محل بوش یاتاقانها لغزش می‌کنند. یاتاقانهای شفت موتور نباید متحمل نیروی محوری شود و بهنگام شتاب‌گرفتن، کارکرد مداوم و از دور افتادن، باید از هرگونه تماس فیزیکی جلوگیری به عمل آید.

همانطوریکه در شکل (۴) نشان داده شده است، از کوپلینگ قابل انعطاف جهت محدود کردن لغزش شفت روتور موتور تا حدود $\frac{3}{16}$ اینچ استفاده می‌شود. نیروهای محوری ایجاد شده توسط یاتاقانهای محوری خنثی می‌گردد.



Coupling and bearing settings
(Dimensions in inches)

Nominal motor end play	Limited coupling end float	A	B	C
1/2	3/16	3/32	5/32	11/32
1/4	3/32	3/64	5/64	11/64

Figure.4 Limited end float coupling.

1 Grid spring design

2 Limited end float couplings

در کوپلینگهای دنده‌ای و فنری لغزش شفت با قرار دادن حلقه در انتهای یکی از شفتها و یا هر دو شفت و همچنین قراردادن صفحه‌ای با ضریب اصطکاک پائین بین دو انتهای شفت، خنثی می‌گردد. تماس توپیهای کوپلینگ و بوشهای آن مانع از حرکت بیش از اندازهٔ شفتها می‌گردد.

مسئله لغزش در روتور موتورهای الکتریکی با یاتاقان از نوع ساچمه‌ای اتفاق نمی‌افتد به همین دلیل در آنها از کوپلینگهای لغزان دوسر محدود استفاده نمی‌گردد. قطعات فلزی قابل انعطاف در داخل موتور لغزش روتور را خنثی می‌سازند. بنابراین حین نصب موتور در محل خود باید وضعیت کارکرد نرمال آن بدون اعمال فشار یا کشش بر روی قطعات قابل انعطاف، در نظر گرفته شود.

۴- کوپلینگ با قطعات انعطاف‌پذیر[1]:

نوع دیگری از کوپلینگهای انعطاف‌پذیر، کوپلینگهای با قطعات غیرصلب می‌باشند. اجزاء انعطاف‌پذیر ممکن است از نوع ارتجاعی و یا فلزی باشند.

۴-۱- انواع ارتجاعی:

قدیمی‌ترین طرح ارتجاعی شامل دو دیسک فولادی است که طرف محرک دارای تعدادی پیچ دوسر رزوهٔ صلب بهمراه بوشهای لاستیکی است.

برای توانهای پایین در بعضی طرحها یک قسمت ارتجاعی جهت متراکم شدن قرار می‌دهند که ممکن است از این قطعه به عنوان دیافراگم استفاده شود. طرحهای فوق نیاز به روانکاری ندارند. اما آنها از مواد با استحکام پایین ساخته شده‌اند. اندازه و وزن این نوع کوپلینگ زمانیکه مقدار گشتاور افزایش پیدا کند بشدت افزوده می‌گردد و قابلیت خنثی‌سازی عدم هم راستائی در مقایسه با کوپلینگ چرخ دنده‌ای کاهش می‌یابد.

۴-۲- انواع فلزی[2]:

کوپلینگ شامل دو طرح اساسی است: نوع دیسکی (شکل ۵) و دیافراگمی (شکل ۶).

---

1 Flexing - Element couplings

2 Metalic types

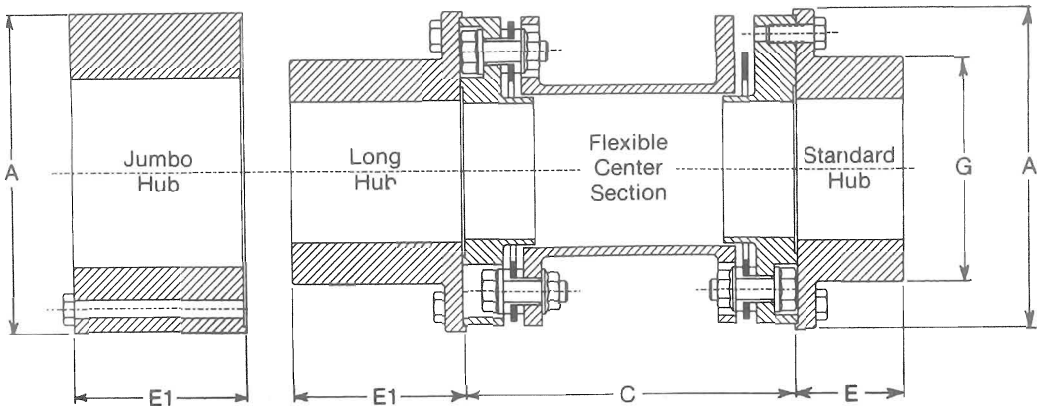


Figure .5 Flexible disk coupling.

هر دو نوع در صفحهٔ افقی نرم و قابل انعطاف هستند در نتیجه کوپلینگ مورد نظر در مقایسه با کوپلینگ چرخ دنده‌ای فقط در حدود ۱۰ الی ۱۵ درصد بارهای خمشی محوری را روی **یاتاقانها یا** محورها در قطعهٔ اتصالی، انتقال می‌دهند.

خاصیت ارتجاعی غیرخطی بوده و در حد بالای کشسانی سخت می‌گردد.

کوپلینگ نیازمند روغنکاری نبوده و عدم لقی شعاعی در تمام جهات بمفهوم وجود تعادل می‌باشد. عیب طرح این است که توانائی خنثی‌سازی عدم هم راستائی زاویه‌ای و محوری آن نصف کوپلینگ دنده‌ای است. فاصله بین انتهای شفتها بسیار مهم می‌باشد. این کوپلینگها توانایی محدودی جهت خنثی نمودن انبساط طولی و حرکت شفتها دارند. بالانس این نوع کوپلینگها بسیار مشکل است زیرا فضای محدودی جهت خارج شدن فلز وجود دارد. این کوپلینگها همچنین تحت تأثیر گشتاور یکسان نسبت به کوپلینگ دنده‌ای مقاومت بیشتری از خودشان می‌دهند. این موضوع ممکن است باعث ایجاد اثرات نامطلوب روی یاتاقانهای روتور گردد.

۳-۴- کوپلینگهای صفحه‌ای[1]

همانطوریکه در شکل (۵) نشان داده شده است گشتاور توسط پیچهای پولی محور محرک به پولی محور متحرک انتقال پیدا می‌کند. میزان عدم همراستائی که کوپلینگ قادر است خنثی نماید تابعی از توان سوم طول کمان صفحه بین پیچها می‌باشد. بیشتر بودن تعداد پیچها و کوتاه بودن طول کمان بین آنها باعث افزایش گشتاور انتقالی از یکسو و کاهش میزان عدم هم راستائی خنثی

Disk couplings

شده توسط کوپلینگ می‌گردد. بهمین ترتیب بزرگ بودن قطر خارجی صفحه کوپلینگ انعطاف را افزایش می‌دهد. یک صفحهٔ نازک بسیار قابل انعطاف‌تر از صفحه ضخیم می‌باشد. بدین ترتیب محدودهٔ ضخامت بین ۰/۰۱۲ تا ۰/۰۰۱۵ اینچ می‌باشد. انواع مختلف شکلها با معایب و مزایای گوناگون برای صفحات موجود است :

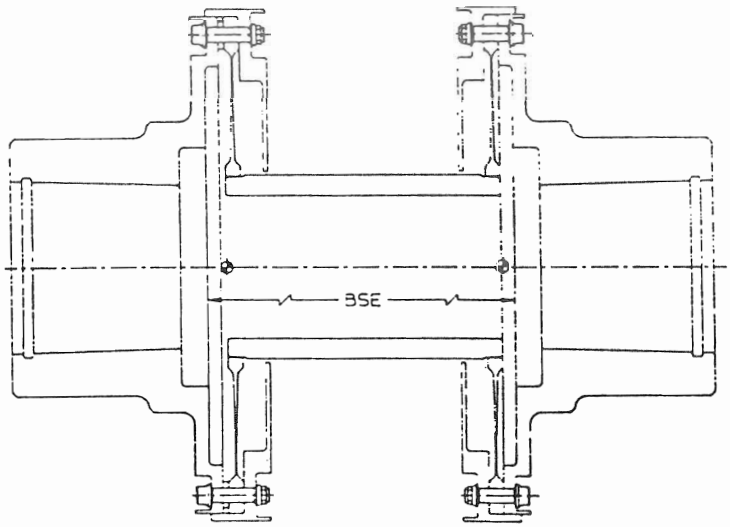


Figure.6 Flexible diaphragm coupling.

الف : صفحه دایره‌ای[1] :این شکل بدلیل آسان بودن عملیات ماشین‌کاری بسیار متداول است. این صحفات عدم همراستائی کمی را خنثی کرده و تنشهای فشاری و کششی بالایی در فلز صفحه ایجاد می‌گردد.

ب : صفحه شش‌گوش[2] : این طرح نسبت به صفحات دایره‌ای تنشهای کششی را کاهش می‌دهد زیرا محور تأثیرگشتاور در سطح دیسک به مرکز آن بسیار نزدیکتر است. همین کاهش تنش می‌تواند قابلیت خنثی‌سازی انحراف زاویه‌ای محورها را توسط کوپلینگ افزایش دهد.

ج : صفحه کنگره‌دار[3] : میزان تنش کششی در قسمت محرک دیسک به کمترین میزان توزیع شده است. همین کاهش شدید باعث، افزایش قابلیت انعطاف و انتقال بیشترین تنش خمشی در سطح پیچها می‌گردد.

1 Circular disk

2 Hexagonal disk

3 Scalloped disk

۴-۴- کوپلینگهای دیافراگمی[1]:

در این طرح میزان انعطاف و انتقال گشتاور بستگی به قطر داخلی و خارجی دیافراگم دارد. یک بوش دو قطعه فلزی را بهم ارتباط می‌دهد. عدم همراستائی از نوع محوری و زاویه‌ای بوسیله قطعات انعطاف‌پذیر خنثی می‌گردد. در این طرح هیچ حرکت نسبی بین المانها یا قطعات وجود ندارد. قطعات دیافراگم می‌توانند دارای ضخامت یکنواخت و همچنین قابلیت انعطاف‌پذیری با وزن کم با تنشهای کم باشند. سه طرح اساسی در این نوع کوپلینگ وجود دارد.

۱ - **دیافراگم دور مخروطی[2]:** قطعه دیافراگم جهت انعطاف‌پذیر شدن، از یک صفحه آلیاژ فولادی سخت‌کاری شده ماشین کاری می‌گردد بطوریکه در قسمت مرکزی ضخیم در حاشیه نازک است.

۲ - **دیافراگم پله‌ای مستقیم دوگانه[3]:** تنشهای اعمال شده به صفحه دیافراگم به نسبت توان سوم ضخامت آن افزایش می‌یابد. بمنظور افزایش قابلیت انعطاف، بجای یک صفحه ضخیم از تعدادی صفحات نازک استفاده می‌گردد.

۳ - **دیافراگم پیچشی دوگانه[4]:** این طرح نسبت به طرح دیافراگم پله‌ای دوگانه بسیار ساده‌تر است. بدلیل آنکه دیافراگم بشکل صفحات موجدار رویهم قرار داده شده است.

۵-۴- مشخصات توپی:

در استاندارد API ۶۷۱ (استاندارد کوپلینگهای مخصوص جهت مصارف صنعت نفت) نحوهٔ اتصال کوپلیگ به محور مشخص گردیده است. این مشخصات برای کمپرسورها و توربینهای با دور بسیار بالا نوشته شده است ولی می‌توانند بعنوان معیاری برای کوپلینگهای پمپ نیز مورد استفاده قرار گیرد. طرح قطعه اتصال دهنده توپی کوپلینگ به شفت برای تمام انواع کوپلینگها یکسان است. قطعه اتصال دهنده متناوباً تحت تنشهای بالا قرار می‌گیرد. در صورتیکه تداخل به میزان کافی صورت نپذیرد خوردگی سایشی روی خواهد داد. موارد زیر نمونه‌ای از انواع توپی‌های کوپلینگ تولید شده در صنایع می‌باشد.

---

1 Diaphragm couplings

2 Tapered contoured

3 Multiple straight diaphragm with spokes

4 Multiple convoluted diaphragm

۱ - **کوپلینگ نصب شونده بصورت مستقیم توسط خار (یا خارها)**[1]: بطور معمول در محورهای مستقیم از توپی‌هایی با تلرانس انطباق کم در حدود ۰/۰۰۰۵ تا ۰/۰۰۱ اینچ در قطر محور استفاده می‌شود. در برخی موارد پرسنل تعمیرات قطر سوراخ توپی کوپلینگ را بمنظور سهولت خارج ساختن آن، ماشین‌کاری می‌نمایند. این عمل بسیار مخرب و نادرست می‌باشد. زیرا تمام گشتاور انتقالی روی خار اعمال گشته و باعث ایجاد خوردگی سایشی روی محور و سطح تماس آن با سطح داخلی توپی می‌گردد.

۲ - **اتصال مخروطی با خار**[2]: تلرانس تداخل نسبت به قطر شفت برحسب اینچ بین ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۰۵ می‌باشد. سطح تماس نسبت به حالت قبل ۷۰ درصد می‌باشد. بصورت معمول سطح سوراخکاری شده جهت پیچها کمتر از $\frac{1}{8}$ سطح کل صفحه انتقال دهنده می‌باشد.

۳ - **اتصال مخروطی بدون خار**[3]: تداخل بصورت فاحشی با استفاده از پرس هیدرولیکی افزایش یافته و میزان گشتاور انتقالی نسبت بحالت قبل ۲۵ درصد بیشتر است. طبق استاندارد API تلرانس لازم ۰/۰۰۱ اینچ بر اینچ قطر و سطح تماس ۸۰ درصد سطح جانبی شفت است. این تلرانس بسیار تنگ بوده و اغلب استفاده کنندگان آنرا به ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۰۲۵ اینچ بر اینچ تغییر می‌دهند.

۴-۶- خوردگی سایشی[4]:

مسئله خوردگی سایشی از ۵۰ سال پیش مورد توجه قرار گرفته است. ولی این پدیدهٔ پیچیده تا بحال بصورت کامل حل نشده است. خسارت وارده توسط خوردگی سایشی به قطعات مکانیکی بسیار مهم است. توپی‌هایی کوپلینگ و محفظه‌های یاتاقانها بیشترین سیستمهایی هستند که در معرض خوردگی سایشی قرار می‌گیرند. خوردگی سایشی نه تنها به سطح قطعات متصل بهم آسیب می‌زند بلکه باعث از بین رفتن تلرانسها می‌گردد. مسئله خوردگی سایشی از این جهت پیچیده است که دو پدیده اکسیداسیون و سایش همزمان در آن مؤثر است. عامل اصلی ایجاد خوردگی سایشی تأثیر پدیده قفل شدن نقاط فراوان بین سطوح متصل به هم می‌باشد. این نقاط لهیده شده حتی تحت تأثیر نیروهای مماسی بریده می‌شوند و بدین ترتیب سایش پدید می‌آید. همچنانکه این

---

1 Straight fit with leeyor leeysl

2 Toper fit with key

3 Taper fit without leegs

4 Fretting corro sion

پدیده ادامه می‌یابد باری که توسط این نقاط تحمل می‌گردد بصورت یکنواخت توزیع می‌شود. پس مکانیزم عمل سایش توزیع بار را از حالت برشی به حالت سایشی تغییر می‌دهد . مکانیزم اکسیداسیون فاکتور بعدی است. این پدیده بصورت لکه‌های قهوه‌ای مایل به قرمز در روی سطوح قطعات ظاهر می‌گردد.

خوردگی سایشی با افزایش بار افزوده می‌گردد. اما عامل مهم ضریب اصطکاک بین دو سطح متصل بهم است. برجستگیها بصورت صفحات برشی عمل می‌کنند. در کوپلینگهای قفل شوندهٔ با خار این پدیده باعث از بین رفتن توپی کوپلینگها حین انتقال گشتاور می‌شود. برای جلوگیری از بروز این پدیده بهتر است تلرانس سطوح داخلی از ۰/۰۰۵ اینچ بر اینچ به ۰/۰۰۱ اینچ بر اینچ تغییر یابد.

۴-۷- طراحی جای خار

جای خارکوپلینگها باید براساس استاندارد AGMA شماره ۵۱۲/۰۲ طراحی گردد. گوشه‌های جای خارها باید بصورت قوس و توسط ابزار مخصوص ماشین‌کاری گردد. عرضهای جای خار باید $\frac{1}{4}$ قطر شفت و عمق آن باید نصف عرض آن باشد. جای خار تحمل تنش پیچشی شفت را ۱۵ درصد نسبت به حالت شفت خام کاهش می‌دهد. استفاده از یک جای خار دیگر مقاومت شفت را ۷٪ نسبت به حالت قبل کاهش می‌دهد. تأثیر باز کردن جای خار روی توپی کوپلینگ از نظر مقاومت آن درست همانند شفت است. جنس خار دقیقاً باید از جنس شفت باشد.

■ مرجع :

1. Centrifugal Pump sourcebook
by : JOHN W. Dufour & WILLIAM E. NELSON

یاتاقانهای سرامیکی (Sic)

جباری مقدم

کارشناس فنی (متالورژی)

یاتاقانهای بدون نیاز به تعمیر و نگهداری در پمپهای محفظه لوله‌ای (ملخی)

❑ خلاصه

عیب ایجاد شده در یاتاقانهای راهنمای محور و هزینه‌های متعاقب آن برای خارج ساختن پمپ جهت تعمیر در پمپهای محفظه لوله‌ای بزرگترین مشکل این نوع پیمها می‌باشد.

این مقاله سرگذشت پیشرفت و تجربه عملیاتی روی یاتاقانی جدید از سرامیک راکه نیازی به تعمیر و نگهداری نداشته و بدون سیستم روغن کاری عمل می‌نماید را بیان می‌کند.

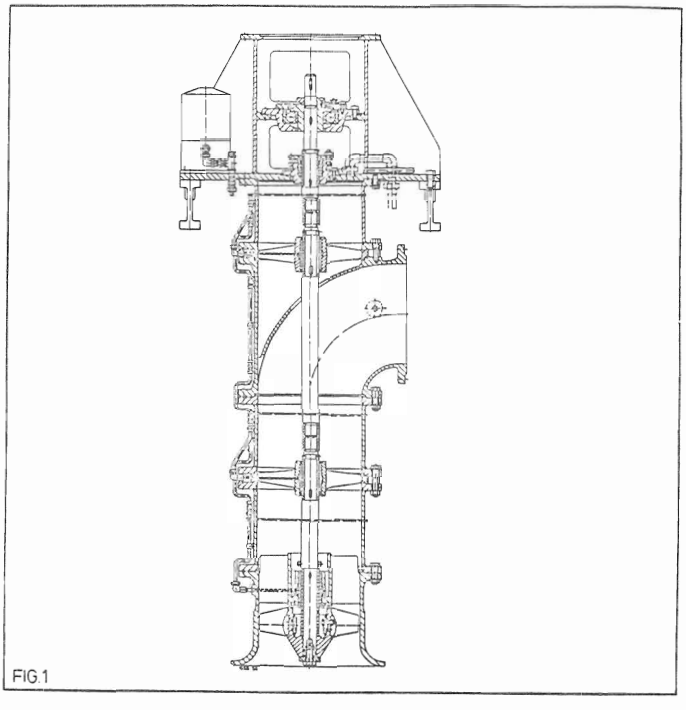
پمپ محفظه لوله‌ای که به حالت عمودی نصب شده می‌تواند با پره‌های جریان محوری یا پروانه جریان مختلط تجهیز شود.

اجزای گردنده توسط یک سری یاتاقانهای راهنما نگهداری می‌شوند که درون مواد پمپ شونده غوطه‌ور می‌باشند. یاتاقانهای راهنما نیروی شعاعی را به محفظه پمپ منتقل می‌نمایند و همچنین محور باید در مرکز محفظه قرار گیرد. تا از تماس بین اجزای گردنده و محفظه جلوگیری

شود. نیروهای محوری توسط یاتاقانهای محوری جذب می‌شوند. یاتاقانهای راهنما در گذشته با گریس یا آب روانکاری می‌شده‌اند و همچنین از جریان ماده مورد پمپاژ نیز برای خنک شدن استفاده می‌گردید. از آنجائیکه این نوع از پمپها معمولاً ساختمان حجیمی داشته و با سرعت آرامی کار می‌کنند عمری ۵۰ ساله نمی‌تواند غیرعادی بنظر آید. اما تعمیرات مکرر اغلب ناشی از سایش و صدمه به این یاتاقانها و سیستم‌های روغنکاریشان می‌باشند. بنابراین تحقیقاتی برای طراحی یاتاقانهای بدن نیاز به تعمیر با عمر زیاد انجام گردید.

هدف از داشتن یاتاقان راهنمای محوری با عمر زیاد چه می‌تواند باشد؟

Pumps for Water Supply



TUBULAR CASING PUMP WITH GREASE LUBRICATED BEARINGS (PNZ)

وظایف یا تاقانهای راهنمای محور در یک پمپ به شرح زیر می‌باشند

۱ - راهنمائی و جایگیری اجزای گردنده تا با محفظه پمپ برخورد ننمایند

۲ - انتقال نیروی شعاعی از اجزاء گردنده به محفظه پمپ

۳ - جبران مسائل ناشی از مونتاژ غیردقیق محور

۴ - نگهداری پره (یا پروانه) برای کارکرد آرام پمپ با لقی موجود در پروانه به منظور کاهش تأثیرات ناشی از اصطکاک

چه مشکلاتی در طی کارکرد پمپ می‌تواند بروز دهد

یاتاقانهای راهنمای محور در عمل از سایش بسیار بالائی برخوردارند

به عنوان یک قانون عمومی ۲۰۰۰۰ ساعت بهترین عمریست که از یاتاقانهای خنک شونده با گریس انتظار می‌رود. اما عمری ۸۰۰۰ ساعته شایع‌تر می‌باشد

برای عمر کوتاه این یاتاقانها عوامل متعددی را می‌توان شمرد

۱ - یاتاقانهای خنک شونده باگریس و دلایل کوتاهی عمر آنها

ماسه در مواد مورد پمپاژ موجود باشد

روغنکاری اولیه بطور نامناسب انجام شود

استفاده از یاتاقانها در حالت خشک بوده باشد

گرفتگی در خطوط گریس کاری داشته باشیم

انتخاب ناصحیح گریس صورت گرفته باشد

ماسه در گریس داخل شود

شستشوی گریس از روی یاتاقان راهنمای پره انجام می‌گیرد. که باعث آلودگی آب پمپ شده از دریاچه‌ها و رودخانه‌ها می‌گردد

یک پمپ با سه یاتاقان در لوله حدود 0.5 کیلوگرم گریس در روز وارد آب مورد پمپاژ می‌نماید

۲ - اشکالات در یاتاقان راهنمائی محور با روانکاری توسط آب (با استفاده از یک منبع جداگانه)

روانکاری اولیه یاتاقانها نامناسب باشد
فیلتر مسدود گردد
متعاقب سایش یاتاقانها کارهای زیر باید انجام شوند
پمپ از چاهک مربوطه خارج شود
عملیات پمپاژ متوقف گردد
پمپ‌های محفظه لوله‌ای (ملخی) که در سیستم‌های خنک کننده بصورت ۲۴ ساعته در روز کار می‌کنند باید زمان توقف حداقل امکان باشد

تحقیقات برای یافتن مواد جدید جهت یاتاقانهای راهنمای محور

از آنجائیکه از سال ۱۹۷۰ یک برنامهٔ منسجم برای استفاده از مواد جدید وجود داشت محدودهٔ وسیعی از ترکیب مواد تحت آزمایش و تست بود. تاکنون بالغ بر ۷۰ ترکیب مختلف از مواد با درجات موفقیت متفاوت آزمایش شده است

شکل ۳ سیستم تستی را که تمامی مواد در یک پریود ۱۰۰ ساعته با استفاده از یاتاقانی به قطر 65mm آزمایش شده‌اند را نشان می‌دهد. مواد تست شده در آبی حاوی ۳۰۰mg/L ماسه با اندازهای ۲۹ میکرونی آزمایش شده‌اند همچنین سرعت محیطی ۴/۸m/s بوده است

موفقیت آمیزترین نتایج در مقابل سایش برای کاربید تنگستن بدست آمد. این ترکیب برای سالیان زیاد با موفقیت در پمپ‌های خنک کنندهٔ نیروگاهها و تأسیسات صنعتی استفاده شده است. این ماده همچنین برای آبهای ماسه‌دار و آب دریا نیز مناسب می‌باشد شکل ۴ نتایج آزمایشات برای مهمترین ترکیبات تست شده را نشان می‌دهد

تحقیقات برای یافتن یک ماده مناسب گسترش یافت و بطور تصادفی به سرامیکها رسید سرامیکها برای قطعاتی که سطح تمام شده با کیفیت بالا دارند و با ابزار الماسه ماشینکاری می‌شوند بسیار مناسب بودند

Pumps for Water Supply

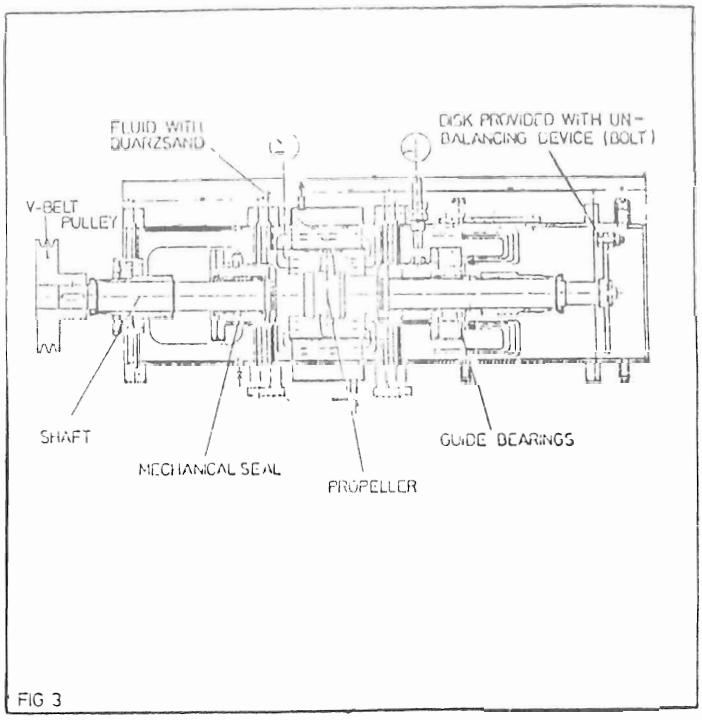


FIG 3

Pumps for Water Supply

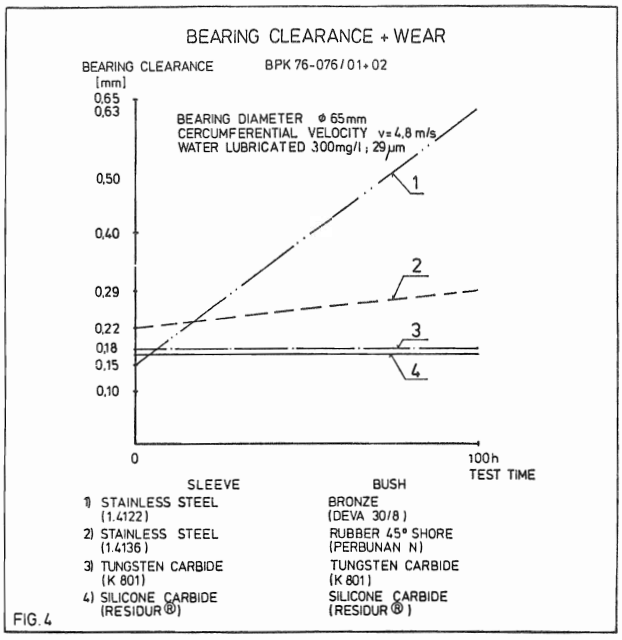


FIG. 4

RESULTS OF TESTS WITH VARIOUS MATERIAL COMBINATION FOR PLAIN BEARINGS

خصوصیات مادهٔ SiC

شکل ۵ مقایسه‌ای از خواص مواد مختلف، با SiC است که در آببندهای مکانیکی استفاده می‌شوند

۱ – سختی فوق‌العاده بالا، مقاومت به سایش یاتاقان را تضمین می‌نماید که معادل عمر طولانی تلقی می‌گردد

۲ – این ماده دارای استحکام خمش زیاد در دمای محیط می‌باشد

۳ – مقاومت شیمیائی عالی برای ترکیبات اسیدی و بازی

۴ – ترکیبی از انتقال حرارت زیاد با ضریب انبساط حرارتی کم که مقاومتی عالی در برابر شوکهای حرارتی را به قطعه می‌دهد

۵ – این ماده (SiC) توسط ابزار الماسه برای نیل به صافی سطح 0.084 میکرون سنگ زده می‌شود و مناسب برای سطوح یاتاقان می‌باشد

یاتاقانهای SiC

کار بیدسیلسیم در پمپ‌های محفظه لوله‌ای بعنوان یاتاقان راهنمای محور با خواص عالی استفاده می‌شود

شکل ۶ برش مقطعی از یاتاقان SiC را نشان می‌دهد

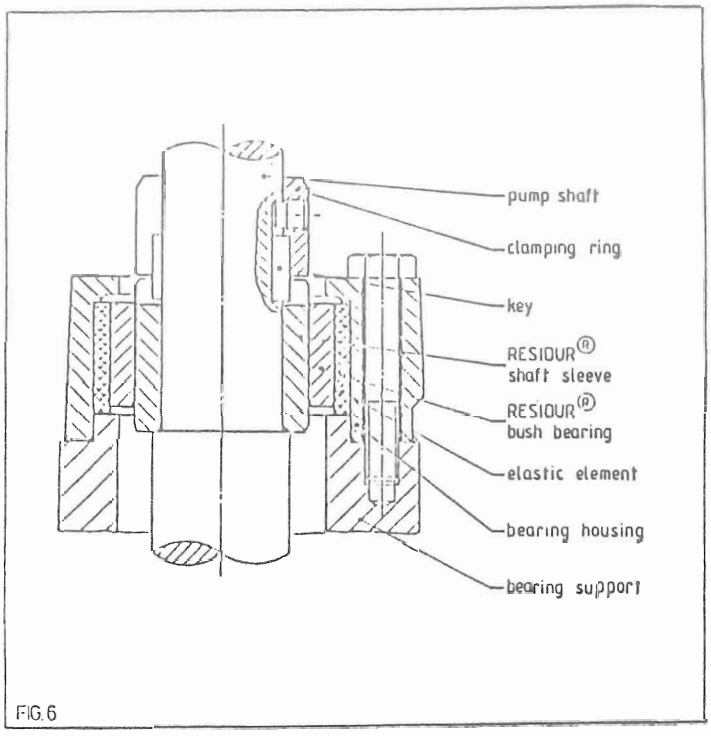
Pumps for Water Supply

A COMPARISON OF THE PROPERTIES OF THE MAIN MECHANICAL SEAL MATERIALS
(TESTED AS POSSIBLE BEARINGS MATERIAL)

MATERIALS / PROPERTIES	DIM.	INFILTRATED SILICON CARBIDE SiSiC RESIDUR ®	OXIDE CERAMIC AL 2 O 3 (99.7 %)	TUNGSTEN CARBIDE WC + 6% Co	CAST CHROME (RUBBER BEARING) Cr - CAST
DENSITY	g/cm^2	3,1	> 3,80	15	7,7
BENDING STRENGHT	MN/m^2	350	350	1400	-
MODUL OF ELASTICITY	GN/m^2	340	380	600	200
HARDNESS	N/mm^2	25000 (HV)	23000 (HV)	15000-18000 (HV)	260-330 (HB)
HARDNESS KNOOP		> 2600	2100	2050	-
THERMAL EXPANSION	$10^{-6}/°K$	4,5	7,8	4,9	10,6
HEAT CONDUCTIVITY	W/mK	150	30	86	22
APPLICATION LIMIT (OXYDATION)	°K	1623	2123	873	873

FIG.5

Pumps for Water Supply



RESIDUR® - BEARING

استفاده از SiC به عنوان یک ماده مورد نیاز برای یاتاقان روشهای جدید ساخت و مونتاژ را ایجاب می‌کرد

هم یاتاقان محور و هم بوش یاتاقان از جنس SiC ساخته می‌شوند.

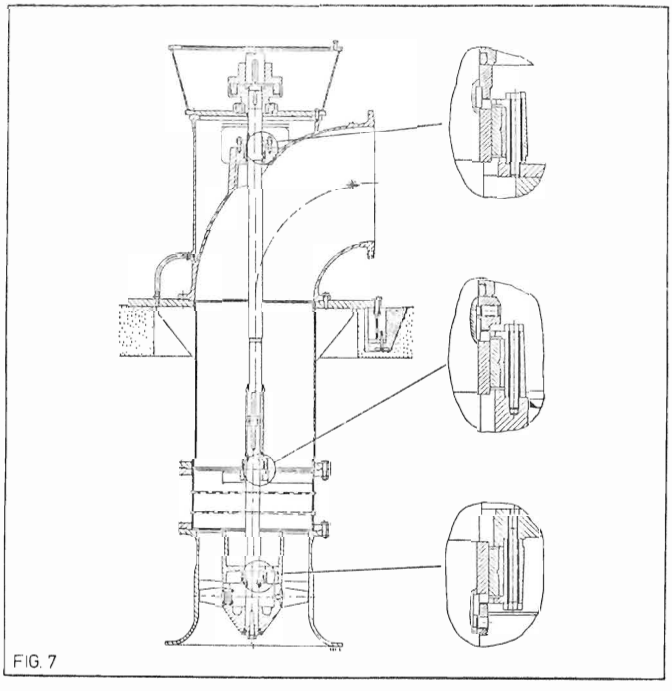
در یاتاقانها فرو بردن یک بوش لاستیکی که تنش‌های بالا را جذب نماید معمول است. این الاستومر همچنین کمترین بی‌دقتی در مونتاژ محور را جبران می‌کند. به علاوه مادهٔ فوق جذب ارتعاشات احتمالی و حل مشکل انبساط بین بوش یاتاقان (SiC) و بدنهٔ یاتاقان (چدن) را بعهده دارد. مواد مورد پمپاژ نیز بهرحال برای خنک کاری لازم می‌باشد.

ناخالصی‌های مواد مورد پمپاژ بویژه ماسه عملاً تأثیری روی یاتاقان ندارند. دانه‌های درشت ماسه قادر به ورود به لقی مابین یاتاقان محور و بوش یاتاقان نیستند. در حالیکه دانه‌های کوچکتر توسط SiC که سخت‌تر هست شکسته می‌شوند

هم اکنون یاتاقانهای SiC برای تمامی محصولات از نوع پمپهای محفظه لوله‌ای ساخت KSB استفاده می‌شوند

خصوصیات یاتاقانهای SiC	مزایای ایجاد شده برای استفاده کننده‌ها
مقاومت به سایش و سختی فوق‌العاده زیاد	عمر زیاد
هدایت حرارتی خوب	امکان کار در حالت خشک
مقاومت به شوک حرارتی	عدم نیاز به روغنکاری اولیه در مرحلهٔ راه‌اندازی
جذب لرزش بدلیل استفاده از الاستومر	کارکرد فوق‌العاده نرم
روانکاری Sic توسط مادهٔ مورد پمپاژ انجام می‌گیرد	عدم نیاز به منبع خارجی روانکاری

Pumps for Water Supply



RESIDUR® - BEARING IN TUBULAR CASING PUMP

شکل ۷ مقطع برش خورده‌ای از پمپ محفظه لوله‌ای مجهز به یاتاقانهای Sic را نشان می‌دهد در این نما زانوئی خروجی بالای سطح o قرار گرفته است. اگر چه خروجی زیر سطح o نیز ممکن است این مدل برطبق پمپ‌های محفظه لوله‌ای معمولی نمایش داده شده و بدون سیستم روانکاری با منبع خارجی می‌باشد.

یاتاقانهای Sic که ساختمان آنها به صورت فشنگی هستند براحتی قابل تعویض می‌باشند آرایش واقعی یاتاقانها و تعداد یاتاقانها بستگی به سرعت بحرانی دارد آببند زانوئی نیز براحتی قابل تعویض با یک یاتاقان Sic بوده و در صورت انجام این کار کل پمپ بدون نیاز به تعمیر و نگهداری خواهد بود

همچنین پمپ‌های محفظه لوله‌ای که تاکنون با گریس یا آب روانکاری می‌شده‌اند قابل تعویض به یاتاقانهای Sic می‌باشند.

مقایسهٔ هزینهٔ مواد برای یاتاقانهای مختلف

جهت مقایسه مواد مختلفی برای یاتاقانهای پمپ DN500(Q = 2600M³/h ، H = 50M ، N = 990RPM تعداد یاتاقان = ۳ ، قطر یاتاقان = 100MM) در نظر گرفته شده است.

مقایسه،موارد زیر را شامل می‌شود

a) یاتاقانهای برنزی با روانکاری گریس

b) یاتاقانهای لاستیکی با منبع خارجی برای روانکاری

c) یاتاقانهای کاربید تنگستن با روانکاری توسط ماده مورد پمپاژ

d) یاتاقانهای Sic با روانکاری توسط ماده مورد پمپاژ

هزینهٔ هر چهار نوع برای کارکرد متناوب ۱۰۰۰ ساعته و کارکرد مداوم ۸۰۰۰ ساعته در نظر گرفته شده است.

تعداد روشن و خاموش شدن پمپ تأثیر بسزائی روی عمر یاتاقانها دارد

در این شیوه از کارکرد، نیروهای غیریکنواخت بسیار بالائی اعمال می‌گردند به این دلیل در محاسبهٔ هزینهٔ کارکرد در حالت متناوب فقط نیمی از عمر سرویس‌دهی محاسبه می‌گردد زیرا که تعداد

روشن و خاموش شدن زیاد می‌باشد. در موقع تعیین هزینه کل، استهلاک برای یک دورهٔ ۱۰ ساله بمیزان متوسط 5% محاسبه می‌گردد

مقایسه‌ای برای جمع کل هزینه‌ها در یک پریود ۱۰ ساله نیز انجام شده است

شکل 8 نشانگر آنست که قبل از بهینه‌سازی یاتاقانهای Sic دو امکان در دسترس سازنده‌های پمپ جهت انتخاب یاتاقانهای راهنمای محور وجود داشت که عبارت بودند از :

a) یاتاقانهای برنزی با روانکاری گریس برای کارکرد متناوب

b) یاتاقانهای کاربید تنگستن که با مواد مورد پمپاژ روانکاری می‌شوند

Pumps for Water Supply

BEARING TYPE	BRONZE BEARING GREASE LUBRI-CATED	RUBBER LINED BEARING WATER LUBRICATED	TUNGSTEN CARBIDE BEARING	KSB-® RESIDUR ® BEARING
APPLICATION / COSTS	FOR SHORTTIME OPERATING			
CAPITAL OUTLAY	100	85	245	95
OPERATING COSTS	16	25	-	-
SERVICE COSTS	8	6,5	8,5	5,5
CAPITAL COSTS	15	13	37	14
TOTAL OF DAY TO DAY COSTS	39	44,5	45,5	19,5
TOTAL COSTS OVER 10 YEARS	490	530	700	290

COST COMPARISON OF THREE DIFFERING BEARING TYPES FOR A TUBULAR CASING PROPELLER PUMP DN 500

FIG. 8 a

Pumps for Water Supply

BEARING TYPE	BRONZE BEARING GREASE LUBRI-CATED	RUBBER LINED BEARING WATER LUBRICATED	TUNGSTEN CARBIDE BEARING	KSB-RESIDUR ® BEARING
APPLICATION / COSTS	FOR CONTINUOUS OPERATING			
CAPITAL OUTLAY	100	109	78	30
OPERATING COSTS	11	7	-	-
SERVICE COSTS	17	21,5	11,5	7
CAPITAL COSTS	15	16,5	12	4,5
TOTAL OF DAY TO DAY COSTS	43	45	23,5	11,5
TOTAL COSTS OVER 10 YEARS	530	559	313	145

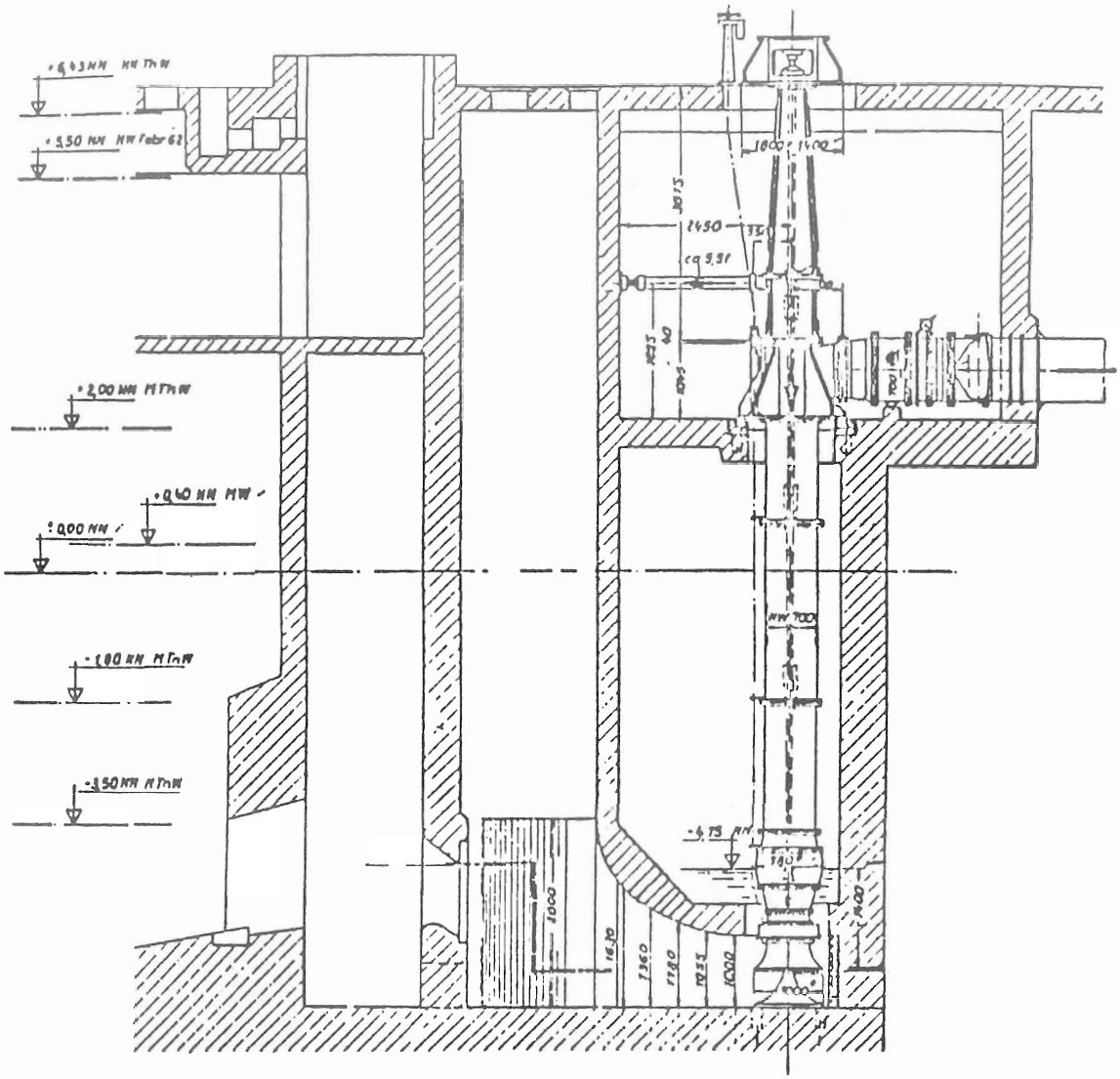
COST COMPARISON OF THREE DIFFERING BEARING TYPES FOR A TUBULAR CASING PROPELLER PUMP DN 500

FIG. 8 b

با پیشرفت یاتاقانهای Sic هزینه کل برای یاتاقانهای راهنما در حد یاتاقانهای برنزی نگهداشته شده و حتی هزینه‌های عملیاتی را به حد قابل انتظار از یاتاقانهای کاربید تنگستن کاهش داده است نتیجه اینکه یاتاقانهای Sic برای کارکرد مداوم و همچنین کارکرد متناوب یک راه حل اقتصادی فراهم نموده است.

گزارشی از کارکرد عملی یاتاقانهای Sic

آزمایشات در یک نیروگاه در نزدیکی شهر بر من آلمان انجام شد. پمپ، یکی از خنک کننده‌های نیروگاه در رودخانه و سر بود و بدلیل عبور مکرر کشتی‌ها آب دارای ماسه‌های ریز که با آب پمپاژ شده به داخل یاتاقانها وارد می‌شدند بود



شکل ۹

مشخصات پمپ

نوع = SEZ 700.11 ارتفاع = 17M پریود عملیات = ۲۴ ساعت در شبانه‌روز

آبدهی = $4350m^3/h$ سرعت = 730RPM اندازه یاتاقان = 110M

سرعت خطی = 4.51m/s فشار در یاتاقان = $0.17N/mm^2$

طرح پمپ

ورودی بدون گرداب

روتور قابل تعویض

یاتاقانهای راهنما با روانکاری توسط گریس

یاتاقانها از فولاد کرم‌دار / برنز

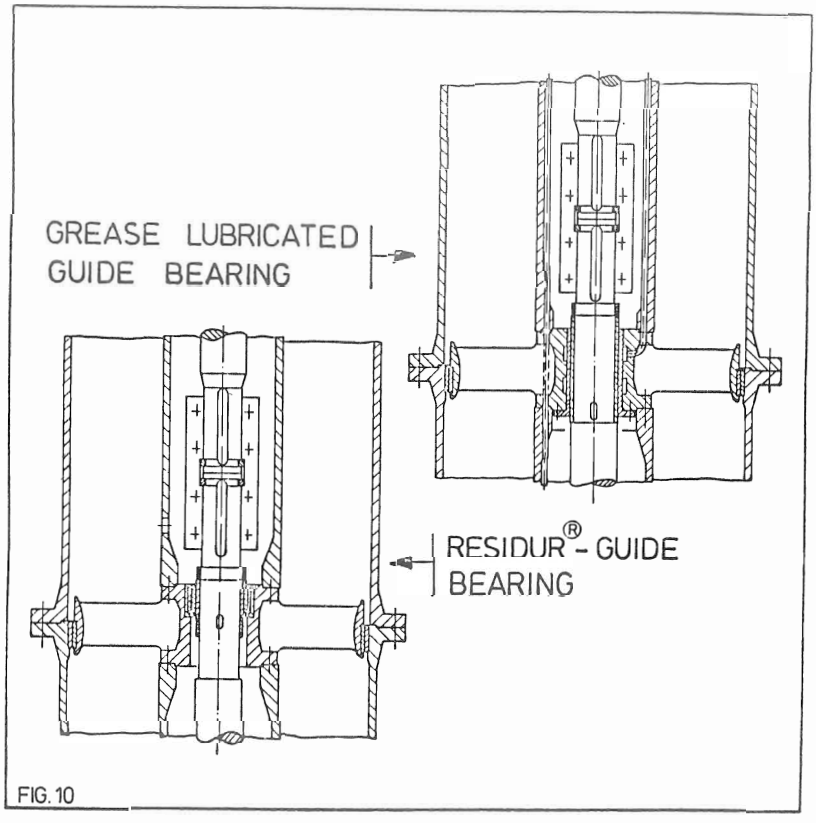
روانکاری پمپ

گریس به وسط بوش یاتاقان تزریق می‌گردد. مقدار گریس لازم 6.5gm/hour برای هر یاتاقان می‌باشد در کارکردی با پریود 100,000 ساعته با چهار یاتاقان حدود 2600kg گریس باید شسته شده و درون مایع مورد پمپاژ شود روتور بطور منظم جهت تعمیر و نگهداری باید خارج گردد اصلاح پمپ و تجهیز آن به یاتاقانهای Sic از سال 1986 در سطح بین‌الملل شروع شد.

شکل ۱۰ حالت اولیه آرایش یاتاقانها را (یعنی یاتاقانهای روانکاری شده با گریس) و حالت اصلاح شده آنرا نشان می‌دهد. بعد از اصلاح یاتاقان پمپ به طور مداوم حدود 6049 ساعت کارکرده و روتور آن برای بررسی درآورده شد.

همه یاتاقانها دارای خاک زیاد در رویشان بودند اما سایش قابل اندازه‌گیری روی یاتاقان محور وجود نداشت ولی بدلیل خطوط زیاد ایجاد شده روی یاتاقان آببندی به مشتری توصیه شد که یاتاقان محور را از جنس Sic انتخاب نماید تمامی اجزاء پمپ تمیز شد و مادهٔ محافظ به آنها زده شد. پروانه هیچگونه تماسی با رینگ سایشی محفظه نداشت پمپ دوباره دائر شد و بطور مداوم بمدت ۲۰۰۰ ساعت کار کرده و سپس روتور پمپ برای بررسی دوباره درآورده شد. در بازرسی هیچگونه آثاری از سایش مشاهده نگردید و تمامی اجزای یاتاقان دوباره جایگذاری شده و برای دوره‌های آتی کارکرد آماده شد.

Pumps for Water Supply



TUBULAR CASING PUMP TYPE SEZ 700/II WITH GREASE LUBRICATED BEARING (RIGHT) AND RESIDUR® BEARING (LEFT) (CENTRAL POWER ST. OF MITTELSBÜREN)

نتیجه گیری

پمپ‌های محفظه لوله‌ای که هم‌اکنون در حال کار می‌باشند به یک یاتاقان راهنمای ایده‌ال با شرایط زیر نیازمند می‌باشند

- لقی یاتاقان حداقل باشد
- روانکاری با ماده مورد پمپاژ بوده یعنی نیازی به منبع خارجی نداشته باشد
- عدم نیاز به سیستم‌های هشدار دهندهٔ الکترونیکی

- عدم نیاز به روانکاری اولیه
- عمر طولانی

یاتاقانهای Sic همهٔ شرایط فوق را می‌پوشانند

خصوصیات ویژه مادهٔ Sic که می‌تواند بنابه تقاضای خاص مشتری نیز طراحی گردد به صورت یک محصول کامل از یاتاقانها تهیه می‌گردند و باعث پیشتازی در زمینه مهندسی پمپ می‌گردد

مواد سرامیکی

امروزه مواد سرامیکی در محدودهٔ وسیعی از صنایع برای حفاظهای حرارتی در سفینه‌های فضائی و مبدلهای حرارتی، تأسیسات سولفوزردائی و برای آببندهای مکانیکی و موتورهای احتراق مورد استفاده است، بنابراین تحقیقات جهت امکان استفاده از این مواد در یاتاقانها منطقی بنظر می‌رسد منظور از این نوشته‌ها بحث راجع به انواع کاربرد سرامیکها در صنایع نمی‌باشد اما منظور ما بحث در مورد آزمایش موفق کاربرد سرامیکها در یاتاقانها هست بهترین نتایج از کاربید سیلیسیم که بیشترین مقاومت به سایش را دارد حاصل گردیده است،

۱ - نحوهٔ ساخت Sic با سیلسیم نفوذ داده شده

شیوه کلی استفاده از پودرهای مختلف است. مواد اساسی شامل کاربید سیلیسیم و کربن با دانه‌بندی خاصی با همدیگر مخلوط شده و خرد می‌گردند. این ترکیب در یک قالب پرس می‌گردد. در مراحل بعدی سیلیکاته شدن کربن موجود با سیلیسم، ترکیب شده و تشکیل کاربیدسیلیسم به همراه کاربید سیلیسم‌های اولیه را می‌دهد که باعث تشکیل پیوند جامدی بین دانه‌ها می‌گردد. هرگونه تخلخل باقی مانده در نهایت با سیلیسم پرخواهد شد در این شیوه ماده‌ای با دانسیته، بالا و سخت، که استحکام مکانیکی و مقاومت عالی در مقابل سایش را دارد تولید می‌شود

خصوصیات عالی یاتاقانهای Sic در عمل که در جریان آزمایش‌های واقعی بدست آمده و همچنین اقتصادی بودن آن برای یاتاقانهای راهنمای محور برای پمپ‌های محفظه لوله‌ای باعث شده است که این تعویض روی یاتاقان ۱۷۰ پمپ انجام گیرد و تاکنون هیچکدام از پمپها مشکلی ایجاد ننموده‌اند و تحقیقات برای یافتن مواد بهتر و اقتصادی‌تر نیز ادامه خواهد یافت،

منبع RESIDUR - GUIDE BEARING

مسائل مکانیکی در طراحی پمپ

مهندس سیدبهزاد مبین
سرپرست طراحی هیدرولیکی شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران

«قسمت اول»

❑ مقدمه:

در طراحی پمپ‌ها علاوه بر مسائل هیدرولیکی مواردی مانند ارتعاش، بالانس اجزاء گردنده، آب‌بندی محفظه، عملکرد حلقه‌های سایشی و نحوه تراش پروانه وجود دارد که در نظر بیشتر سازندگان و طراحان پمپ ساده و پیش و پا افتاده جلوه می‌کند اما در همین موارد نکات مهمی وجود دارد که اغلب مورد توجه کافی قرار نمی‌گیرد و در نهایت بر عملکرد پمپ تأثیر می‌گذارند.

۱ - سرعت‌های بحرانی ثانویه

سرعت دورانی که مطابق با فرکانس طبیعی روتور پمپ باشد سرعت بحرانی گفته می‌شود. هر گاه فرکانس ارتعاشی حاصل از عدم تعادل برابر با فرکانس طبیعی روتور باشد این سرعت احساس می‌شود. برای توصیف پمپی که سرعت کار آن کمتر از اولین سرعت بحرانی است گاهی از عبارت محور صلب استفاده می‌شود.

عبارت سرعت بحرانی ثانویه نیز به خمش بحرانی و تغییر شکل‌هایی که در یک محور قابل

انعطاف پدید می‌آید اشاره دارد. نیروهای دینامیکی که در حال کار به پمپ وارد می‌شود، بخصوص در ارتباط با فرکانس، هنوز به صورت قطعی تحلیل نشده است. عوامل مختلفی مانند درهم بودن جریان، بازچرخش در مکش، تأثیر متقابل پروانه در محفظه، کاویتاسیون، عدم تعادل هیدرولیکی و نیروهای حاصل از نقاط نشتی مانند حلقه‌های سایشی و بوش‌ها باعث جلوگیری از ایجاد فرکانس‌های طبیعی هنگام کار پمپ می‌شود. فقط هنگام راه‌اندازی یا پس از سایش زیاد در نقاط نشتی، روتور فرکانس طبیعی خود را بروز می‌دهد. محاسبهٔ تأثیر نیروهای هیدرولیک بر فرکانس طبیعی رورتور یک پمپ چند طبقه تقریباً غیرممکن است. بعضی از تولید کنندگان از عباراتی مانند بحران تر، که با نیروهای هیدرولیک ارتباط دارد و بحران خشک که نیروهای هیدرولیک را در نظر نمی‌گیرد برای توصیف عملکرد روتورها استفاده می‌کنند. تقریباً تمام پمپ‌های یک طبقه زیر فرکانس طبیعی خشک اول خود کار می‌کنند. اغلب پمپ‌های چند طبقه بین سرعت بحرانی خشک اول و دوم کار می‌کنند.

علاوه بر سرعت بحرانی ثانویه، ممکن است در روتور سرعت بحرانی پیچشی ظاهر شود. سرعت بحرانی پیچشی از ویژگیهای قطعات متحرک چند تکه است. بررسی امکان ایجاد مسئله سرعت بحرانی پیچشی وقتی بیشتر اهمیت می‌یابد که مجموعهٔ متحرک شامل سه جزء یا بیشتر به همراه دو یا چند کوپلینگ انعطاف‌پذیر باشد، بطوریکه درجه آزادی متغییر منجر به قابلیت پذیرش پیچش شود. در صورت نیاز به استفاده از مجموعه چند جزئی پمپ و محرکه، باید مسئله سرعت بحرانی بررسی گردد تا از کارکرد بدون اشکال پمپ اطمینان حاصل شود.

۲ - بالانس دینامیک اجزاء

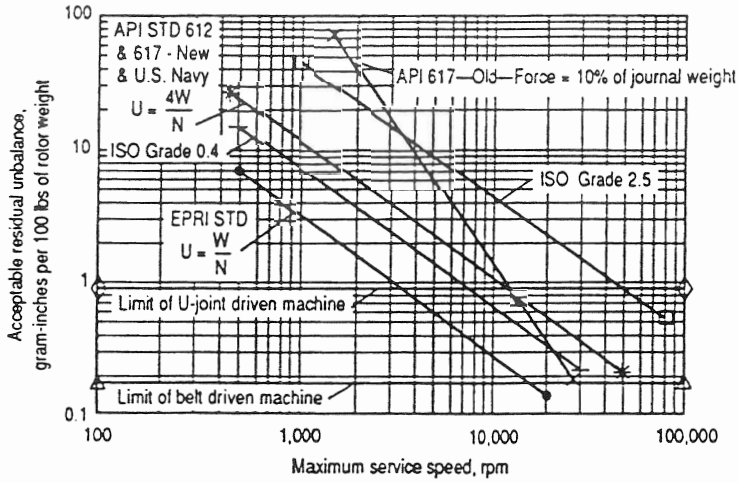
بالانس پروانه پمپ‌ها از طریق برداشتن مواد از نواحی سنگین و یا اضافه کردن وزن (توسط جوشکاری یا پرچ‌کاری) به نواحی سبک انجام می‌گیرد. هدف آنست که مرکز جرم روتور بر مرکز هندسی محور دوران منطبق شود. تنها راه ساخت روتوری با وضعیت دینامیکی مطلوب آنست که هر کدام از اجزاء آن طی عملیات ماشینکاری و مونتاژ تقریباً در حالت بالانس کامل نگه داشته شود. انجام اطلاحات نهایی در مجموعه روتور هرگز نباید این تعادل را از بین ببرد.

۲-۱- حدود عدم تعادل

در شکل ۱ دو روش معمول که برای تعیین حد مجاز عدم تعادل باقی مانده در محور بکار می‌رود مورد مقایسه قرار گرفته است به این منظور واحد عدم تعادل گرم - اینچ (g.cm) در ۱۰۰ پوند وزن روتور انتخاب شده است.

۱ - روش اول در مجموعهٔ استانداردهای ۶۱۰ (چاپ هفتم) و ۶۱۲ (چاپ سوم) از انستیتو نفت امریکا (API) بیان شده است. این روش در اصل توسط نیروی دریایی ایالات متحده تحت شماره MIL-STD-167 استاندارد شده و بیش از پنجاه سال برای تعیین حد مجاز عدم تعادل در محورها بکار رفته است و در دهه هشتاد میلادی با API منطبق شده است. روش اخیر گسترده‌تر از استاندارد قدیمی API و محدودتر از استانداردهای سازمان جهانی استاندارد (ISO) است. براساس این استاندارد عدم تعادل باقی مانده در هر صفحه اصلاح شده نباید بیش از مقدار زیر باشد: $\frac{4W}{N}$= عدم تعادل

که در آن N حداکثر سرعت دوران واقعی برحسب دور بر دقیقه است که برای مقادیر بزرگتر از ۱۰۰۰ دقت دارد و W وزن استاتیک مؤثر در یاتاقان‌های دو سر روتور است.



شکل ۱ - مقایسه حدود عدم تعادل. U عدم تعادل برحسب گرم - اینچ. W وزن روتور برحسب پوند. N سرعت دوران روتور بر حسب دور بر دقیقه

۲ - استاندارد ISO-DR 1940، این استاندارد منحنی‌هایی را برای تعیین عدم تعادل باقی مانده در روتور در موارد مختلف ارائه می‌دهد. روتور توربین‌ها و کمپرسورها با درجه ۲/۵ منطبق می‌شوند حد بالای این منحنی 15W/N و حد پایین آن 6W/N است. پروانه پمپ‌ها با درجه ۶/۳ منطبق شده است که در حدود ۳۵W/N است. این حدود در بسیاری از کاربردهای توربوماشین‌ها مناسب نیستند. رسم منحنی حدود عدم تعادل براساس ISO, API در یک نمودار نشان می‌دهد که استفاده از درجه ۷ ISO مناسب‌تر خواهد بود. (شکل ۱)

برخی از تولید کنندگان عقیده دارند که بالانس قطعات براساس استانداردهای API به ساخت قطعاتی بیش از حد لازم محکم و گران منجر می‌شود. برای تأمین این حدود عدم تعادل در مقایسه با استاندارد ISO بیش از یک نفر ساعت کار و در حدود ۵۰ دلار هزینه بیشتر، لازم خواهد بود. دقت بیشتر به کاهش تنش‌ها و نیروهایی که بر اجزاء ماشین اعمال می‌شود منجر خواهد شد و بخصوص عمر مفید یاتاقان‌ها افزایش می‌یابد اما در تعمیرات به کار بیشتر و دقیق‌تری نیاز خواهد بود.

۲-۲- روش کار بالانس پروانه

بالانس دینامیکی پروانه پمپ‌ها بطورکلی با تراشیدن مواد انجام می‌گیرد. محل و جهتی که باید فلز از آن جدا شود گاهی مورد توجه لازم قرار نمی‌گیرد. استحکام پروانه در حال دوران ممکن است در اثر عملیات ماشینکاری مرحله بالانس تحت تأثیر قرار گیرد. تا حدامکان باید سطوح بیشتری را سنگ‌زنی نمود و گوشه‌های تیز و سوراخهای عمیق را حذف نمود. کیفیت عملیات بالانس دینامیکی به کنترل خروج از مرکز شعاعی قطعات و حذف کوپلهای داخلی در طول روتور بستگی دارد. بالانس پروانه یا پروانه‌ها به تنهایی اهمیت زیادی دارد و روش کار زیر باید حتماً رعایت شود.

۱ - نیمه خارهایی تهیه شود که هنگام سوار کردن پروانه روی ماندرل بالانس، جای خار پروانه را پر کند درست مانند خارهایی که در هنگام مونتاژ نهایی پمپ بکار می‌رود.

۲ - ماندرل مناسب برای بالانس پروانه ساخته شود. طرح نمونه در شکل ۲ نشان داده شده است. ابعاد واقعی باید براساس فاصله پایه دستگاه بالانس از زمین و نحوه قرار گرفتن

محور ماشین بالانس درنظر گرفته شود. اصول طراحی ماندول به شرح زیر است.

الف -ماندرل باید از فولاد کم‌آلیاژ مانند 4140AISI یا 4340 با تنش‌های آزاد شده ساخته شود.

ب - سطوح یاتاقان باید سخت کاری شده و سنگ زده شود بطوریکه صافی سطوح از 16rms کمتر نباشد.

ج - خارج از مرکز بودن در تمام ابعاد باید در حدود ۰/۰۲۵ میلیمتر باشد.

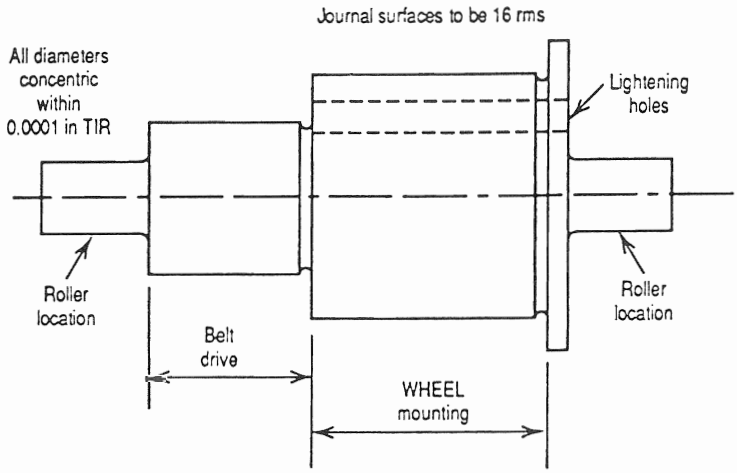
د - قطر مقطعی که پروانه روی آن سوار می‌شود باید در حدی باشد که پروانه بعد از گرم شدن تا ۱۵۰°C جا برود.

هـ - جای خارها روی ماندرل ایجاد می‌شود.

و - ماندرل باید آزمایش شود تا اطمینان حاصل شود که از نظر دینامیکی متعادل است. بالانس کردن ماندرل فقط باید از سطوح عمودی انجام شود.

ز - ماندرل باید عاری از پلیسه و شیار باشد.

ح - پروانه را همراه نصف خار آن بعد از حرارت دادن یکنواخت تا حدود ۱۵۰°C با دقت توسط چکش لاستیکی روی ماندرل سوار کنید.



شکل ۲ - ماندرل بالانس

بهتر است از نوار گچی[1] جهت کنترل دما استفاده شود. پروانه را توسط اعمال جریان هوای فشرده به توپی آن خنک کنید. هنگامی که پروانه و ماندرل تا دمای اتاق سرد شد مجموعه را روی دستگاه بالانس نصب کنید. اصلاحات لازم برای بالانس دینامیکی را در بالاترین سرعت کارکرد پروانه توسط دستگاه بالانس تعیین کنید.

ط - اصلاحات دینامیکی لازم را با تراشیدن مواد از سطوح پروانه توسط سنگ سایش ریزدانه انجام دهید. تحت هیچ شرایطی نباید برای بالانس کردن پروانه آن را سوراخ نمود.

۳ - واشرهای آببندی پمپ‌های پروسس

با کنار گذاشتن آزبست، به عنوان ماده اصلی واشرهای آببندی مشکلات متعددی پیش آمده است. زیرا تاکنون ماده دیگری که تمام مشخصات لازم را داشته باشد عرضه نشده است. مهمترین مسئله واشرهای بدون آزبست عدم مقاومت در مقابل تنش‌های حاصل از دماهای بالا در مدت طولانی است. این اشکال، منجر به آچارکشی متوالی و خطر نشت از واشر می‌شود.

۳-۱- پمپ‌های دو تکه افقی[2]

پمپ‌هایی که با محفوظه دو تکه افقی ساخته می‌شوند تنوع زیادی دارند این نوع پمپ‌ها با کیفیت‌های مختلف و کاربردهای گوناگون در دسترس هستند. بین محصولات سازندگان مختلف و همچنین بین انواع پمپ‌های تولیدی یک سازنده طرح‌های مختلفی به چشم می‌خورد، حتی در مواردی اندازه‌های مختلف یک نوع پمپ توسط یک سازنده به شکل‌های متفاوتی ساخته می‌شود. در روش معمول در ماشینکاری این نوع پمپ‌ها یک ورق لایی به ضخامت ۰/۸mm بین دو تکه محفظه قرار داده می‌شود. ورق لایی بعد از ماشینکاری برداشته می‌شود. واشری که در حالت فشرده به ضخامت ۰/۸mm می‌رسد بین دو تکه قرار داده می‌شود. این مواد هنگام تولید ضخامتی بین ۰/۷۵ تا ۰/۹۵ میلیمتر دارند و تا ضخامت ۰/۶ تا ۰/۸ میلیمتر فشرده می‌شوند. اختلاف تا ۰/۳

1. Crayon stick

2. Horizontally split

میلیمتر معمول است. در صورت استفاده از واشری از موادی با پایه آزبست ضخامت فشردگی ممکن است از مقادیر ذکر شده کمتر باشد.

واشر به تنهایی کافی نیست و باید عملیات آچارکشی مرتب و مناسبی انجام گیرد تا از آب‌بندی اطمینان حاصل شود، بخصوص در پمپ‌های چند طبقه و فشارقوی دقت بیشتری لازم است. استحکام اتصال دو تکه افقی ممکن است در اثر وارد شدن شوک حرارتی به پمپ کاهش یابد. معمول‌ترین علت شوک حرارتی ورود ناگهانی سیال داغ به پمپ سرد است. در نتیجه اگر واشر نامناسب باشد ممکن است پاره شده و باعث نشتی قابل توجهی شود. شکننده بودن مواد با پایه آزبست در مقابل تنش، این احتمال را افزایش می‌دهد.

۳-۲- پمپ‌های دو تکه عمودی[1]

محدودیت‌هایی توسط استاندارد API 610 توصیه شده است که باید در انتخاب پمپ مورد توجه قرار گیرد.

۱ - پمپ دو تکه عمودی برای موارد پمپاژ در دمای بالاتر از ۲۰۰°C مناسب است و در صورت احتمال شوک حرارتی باید حد پایین‌تری درنظر گرفته شود.

۲ - پمپ‌های دو تکه عمودی برای پمپاژ مواد قابل اشتعال و سمی در فشارهای خروجی بیشتر از 70 bar بکار می‌روند.

۳ - پمپ‌های دو تکه عمودی برای پمپاژ مواد قابل اشتعال و سمی با جرم مخصوص کمتر از 0.07 مورد مصرف قرار می‌گیرد.

در پمپ‌های دو تکه عمودی از واشرهای خاصی استفاده می‌شود. این واشرها به صورت نوار مارپیچ فلزی و لایی غیرفلزی ساخته می‌شود و احتمال دست یابی به آببندی با طول عمر زیاد در محفظه دو تکه عمودی را افزایش می‌دهد. بعلاوه تبدیل لایی‌های این واشرها به مواد بدون آزبست تأثیر کمتری در عملکرد آن نسبت به واشرهای ورقه‌ای دارد. بسیاری از پمپ‌های پروسس یک طبقه به صورت از پشت، بازشو[2] ساخته می‌شوند لذا می‌توان اجزاء پمپ را بدون باز کردن محفظه از

1 . Vertically split

2 . back pull out

سیستم لوله‌کشی از محفظه جدا نمود. این نوع ساختمان پمپ همچنین امکان نصب محفظه در خط مرکز لوله‌کشی را فراهم می‌سازد. یک مورد در ساخت این پمپ‌ها وجود دارد که باید مورد توجه قرار گیرد. در تمام محل‌های اتصال قطعات باید شیارها و برآمدگیها با مقطع چهارگوش درنظر گرفت. به دو دلیل این مسئله اهمیت دارد:

۱ - برای ایجاد فشردگی هماهنگ و بدست آوردن تحمل فشار قابل توجه

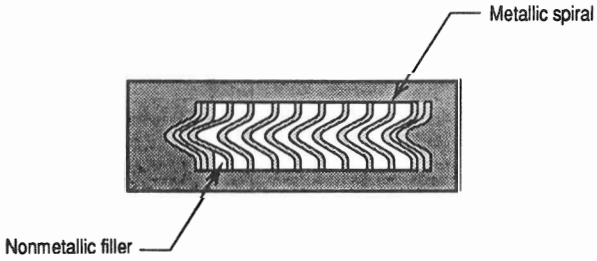
۲ - تأمین هم محوری دقیق اجزاء گردنده نسبت به محفظه و اجزاء ثابت پمپ

مطابق استاندارد API 610 از 1981 به بعد مقاطع اتصال باید به نحوی ماشین‌کاری شود که هنگام تماس فلز با فلز واشر به اندازه کافی فشرده شده باشد. در پمپ‌هایی که قبل از 1981 ساخته شده‌اند ممکن است هنگامی که واشر فشرده شده است بین مقاطع اتصال فاصله‌ای باقی بماند.

۳-۳- فشردگی واشر

نوار فلزی واشرهای مارپیچ دارای شیار V شکل است و بین حلقه‌های مارپیچ فیبر غیرفلزی نرمی قرار دارد (شکل ۳).

V شکل بودن نوار فلزی خاصیت فنری ایجاد می‌کند، به نحوی که در اثر بسته شدن دهانه آن، مواد نرم بین نوار فلزی به سطح واشر رانده شده و آببندی انجام می‌گیرد. شیارهای نوار فلزی باید از داخل و خارج تحت فشردگی یکسانی قرار داشته باشند. قابلیت تراکم واشر حلزونی در مقابل بار ویژه پیچ از ۲۰۰ تا $310\ N/mm^2$ قابل تنظیم است که به فاصله حلقه‌های فلز - فیبر بستگی دارد.



شکل ۳ - سطح مقطع واشرهای نوار مارپیچ فلزی

واشرهای استاندارد برای دماهای تا ۴۰۰°C مناسب هستند و نباید مورد استفاده مجدد قرار گیرند. فشردگی تا ضخامت‌های معین شده باعث می‌شود که واشر بهترین عملکرد را داشته باشد. اغلب واشر پمپ به ضخامت ۴/۵mm میلیمتر بوده و باید تا ۰/۱۲۵±۳/۳ میلیمتر فشرده شود.

از آنجا که قطر داخلی واشر نوار مارپیچی هنگام فشرده شدن کاهش می‌یابد باید لقی در حدود ۱/۵ میلیمتر داشته باشد تا تمام حلقه‌ها به یک میزان فشرده شود. محل واشر در قطر خارجی می‌تواند لقی کمتری داشته باشد اما نباید کاملاً جزم جا زده شود.

■ مرجع :

1. Centrifugal Pump sourcebook
by : JOHN W. Dufour & WILLIAM E. NELSON