

مکانیکال سیل نوع Dual Tandem

در این نوع از این دو عدد مکانیکال پشت سر هم نصب شده اند و تفاوت آن با مکانیکال سیل قبلی در بالاتر بودن فشار سیال مانع از فشار محفظه آب بندی است. که امکان خارج شدن مایع را از پمپ نمی دهد و اگر مکانیکال سیل جلویی مشکل پیدا کند به دلیل بالشت بودن فشار سیال مانع سیال مانع وارد پمپ می شود که باعث کاهش فشار و با کاهش سطح مایع در مخزن روغن سیال مانع Seal Pot و تحریک سیستم انرم می شود و خرابی مکانیکال سیل را اعلام می کند و در صورتی که مکانیکال سیل بیرونی که قبل مشاهده است مشکلی نداشته باشد خرابی مربوط به مکانیکال سیل داخلی بوده که باعث شده سیال مانع وارد پمپ شود.

از این از این وقتی استفاده می شود که مایع داخل پمپ خیلی خطرناک باشد و اصلش باید وارد محیط بیرون شود. فشار سیال مانع باید حدود 10-15 Psi بیشتر از فشار محفظه آب بندی و با مایع پمپ هم خوانی لازم را داشته باشد. همچنین درجه حرارت سیال مانع که از مکانیکال سیل خارج می شود (و وارد کولر می شود) باید بین 10-15 F بیشتر از درجه حرارت ورودی سیستم کولینگ باشد تا کارکرد مناسب کولرها و بتوان اطمینان حاصل کرد.

لازم به توضیح است که در این نوع از این مکانیکال سیل بیرونی اختلاف فشار زیادی را تحمل می کند (فشار سیال مانع که بیشتر از فشار پمپ است نسبت به فشار جو) و کاملاً در شرایط بحرانی قرار دارد که به همین دلیل از این نوع از این فقط در شرایط بسیار خاصی استفاده می شود زیرا هزینه های اولیه آن به مراتب بیشتر از نوع قبلی است و همچنین رینگ ثابت آب بندی مکانیکال سیل بیرونی باید مقاومتر و از نوع کلمپس شده باشد (دو طرف آن مهار باشد) تا بتواند این فشار را در تحمل کند.



مکانیکال سیل نوع DOUAL TANDEM

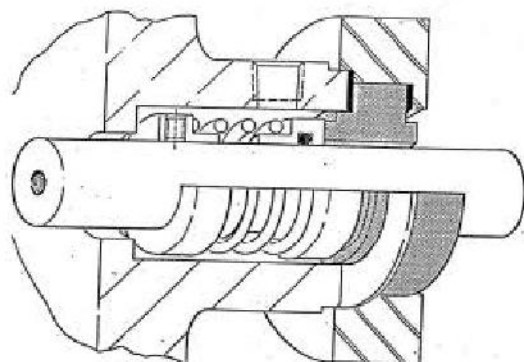
مکانیکال سیل های فشاری و غیر فشاری Pusher & Non Pusher Type Mechanical Seals

اگر سیستم آب بند ثانویه قسمت شناور یا Float (قسمتی که مجموعه فلزی یا بلور روی آن نصب می شود) مکانیکال سیل ثابت باشد به آن Non Pusher Type گفته می شود (مثل مکانیکال سیل های نوع بلوری یا Seal Oil که گسکت فلزی زیر بلور که به عنوان واشر آب بندی بین بلور و سیلیوم عمل می کند ثابت است) و

اگر طراحی مکانیکال سیل طوری باشد که اورینگ دینامیکی که برای آب بندی بین رتوری و محور (یا Sleeve) بکار میرود متحرک باشد، و بان حرکت کند به آن Pusher Type گفته می شود (مثل مکانیکال سیل های نوع فلکسی باکس که اورینگ داخل رتوری که به عنوان آب بندکننده رتوری وسیلیو عمل می کند در حین حرکت محوری رتوری بان حرکت می کند).

مکانیکال سیل های نوع فشاری Pusher Type Mechanical Seals

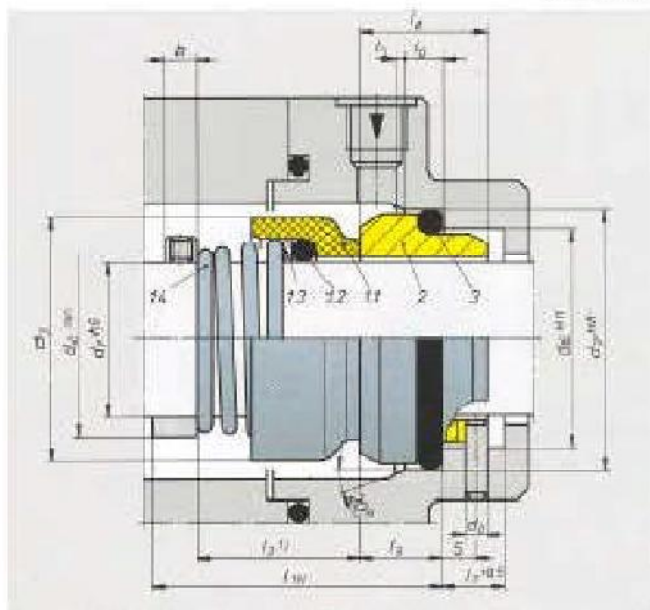
در شکل زیر یک مکانیکال سیل های نوع فشاری نشان داده شده است همانگونه که ملاحظه می شود در این نوع آب بند آب بند ثلثویه (که رتوری را نسبت به شافت یا سیلیو آب بندی می کند) به صورت محوری روی شافت یا سیلیو حرکت جزئی می کند و حرکت های محوری شافت و سیلیو سطوح آب بندی را جبران می کند. لازم به توضیح است که فشار ناشی از سیال داخل استافینگ باکس اورینگ رتوری را روی محور فشرده می کند تا کار آب بندی انجام شود.



مزایا و معایب مکانیکال سیل های نوع فشاری

- ۱- به دلیل درگیری اورینگ با شافت یا سیلیو حرکت های محوری باعث خط افتادن یا گود برداشتن روی محور یا سیلیو می شود که می تواند باعث نشی شود.
- ۲- به دلیل اصطکاک که بین اورینگ و شافت یا سیلیو در اثر حرکت محوری یا شرایط Misalignment باعث می شود سطوح آب بندی با تاخیر زمانی بسته شود و ایجاد نشی کند.
- ۳- این نوع آب بندها در فشارها و دور های بالا قابل استفاده نیستند.
- ۴- نفوذ ذرات جامد بین اورینگ و محور (یا سیلیو) باعث تشدید سایش و گاهی گیر افتادن و جام شدن مکانیکال سیل می شود که در این شرایط نشی نیز اجتناب ناپذیر است.
- ۵- چون اورینگ ها قادر به تحمل درجه حرارت های بالا نیستند این نوع مکانیکال سیل ها قادر به کار در درجه حرارت های بالا نیستند و فقط در درجه حرارت پایین کاربرد دارند.
- ۶- چون اورینگ ها با مواد شیمیایی ترکیب می شوند استفاده از این نوع مکانیکال سیل برای بعضی از مواد شیمیایی مناسب نبوده و گاهی با جایگزینی اورینگ های مخصوص که قیمت آنها بسیار بالاست کار می کنند. تنها مزیت این نوع مکانیکال سیل پایین بودن قیمت آن است.

مکانیکال سیل های نوع فلکسی باکس موجود در پالپلنگاه از نوع فشاری است و در شکل زیر نیز شماتی از این نوع مکانیکال سیل نشان داده شده است.



مکانیکال سیل های غیر فشاری Non Pusher Type Mechanical Seals

در این نوع اب مکانیکال سیل اب بند ثانویه روی شافت پلیسیو حرکت محوری ندارد (اورینگ زبر رتوری ثابت است) و کار مطابق سطوح توسط حرکت آکاردئونی بلوز انجام می دهد. مزایای این نوع مکانیکال سیل عبارتند از:

- ۱- نیازی به سختی و صافی سطح بالاد روی شافت Sleeve نمی باشد و در این های شافت و سیلیو که ناشی از حرکت اورینگ روی شافت پلیسیو است کاملاً منفی است.
- ۲- همچنین جام شدن اورینگ رتوری در اثر نفوذ رسوبات پائیکل کک در پشت کربن... که باعث ثابت ماندن مکانیکال سیل Hang Up می شود کمتر اتفاق می افتد.
- ۳- برای اب بندی سیالیت با درجه حرارت مناسب می باشند.
- ۴- قابلیت استفاده در دورهای بالا را دارد.

انواع مکانیکال سیل های غیر فشاری بلوزی شامل:

الف- مکانیکال سیل های نوع بلوز لاستیکی Elastomeric Bellows Mechanical Seals

ب- مکانیکال سیل های بلوز فلزی Metallic Bellows Mechanical Seals

محدودیت های کاربردی مکانیکال سیل های نوع بلوزی گران قیمت بودن آنها (مدل های بلوز فلزی) است.

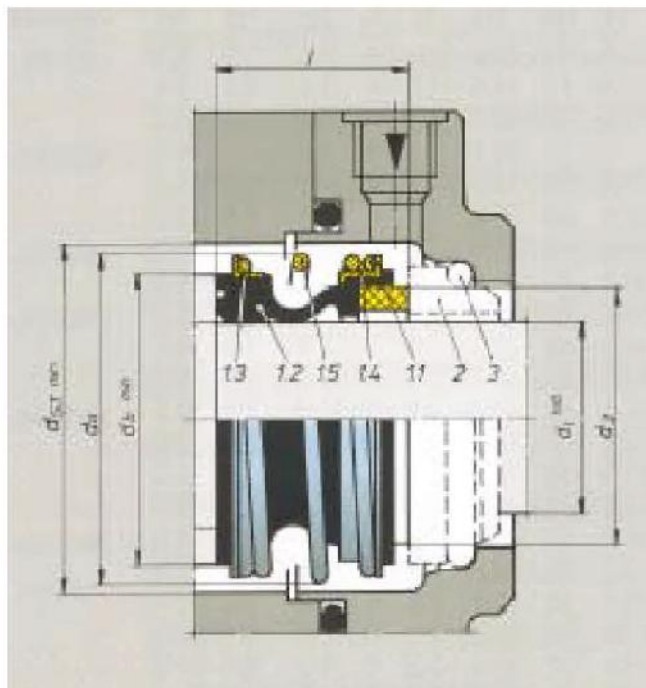
مکانیکال سیل های نوع بلوز لاستیکی Elastomeric Bellows Mechanical Seals

در این نوع مکانیکال سیل بلوز از جنس الاستومر مناسب با نوع مایع و شرایط عملیاتی ساخته می شود و معمولاً در پمپ های آب روغن و... استفاده می شوند و به ندرت در پمپ های عملیاتی استفاده می شوند. در این نوع آب بند الاستومر وظیفه انتقال گشتاور از شافت به سطح متحرک آب بندی را به عهده دارد مزایای این نوع مکانیکال سیل عبارتند از:

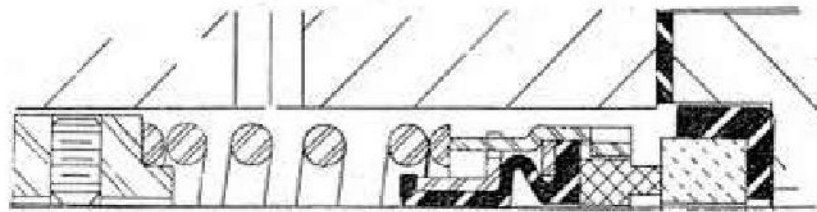
- ۱- طول عمر بین نوع مکانیکال سیل زیاد است و ارزان قیمت اند.
- ۲- به راحتی روی شافت نصب می شوند و نیازی به پیچ های نگهدارنده روی محور ندارند.
- ۳- روی شافت جام نمی شود پدیده Hang Up در این نوع مکانیکال سیل کمتر اتفاق می افتد.
- ۴- ساپش شافت در محل آب بند نوبه منفی است و نیازی به دقت بالایی برای تراشکاری شافت نیست.
- ۵- به راحتی می توان الاستومر های مناسب برای هر نوع شرایط عملیاتی استفاده کرد.
- ۶- جهت سرویس های خورنده می توان از بلوزهای از جنس تفلون استفاده کرد.
- ۷- در شرایط Misalignment کاردهی مناسب دارد.

معایب این نوع مکانیکال سیل عبارتند از:

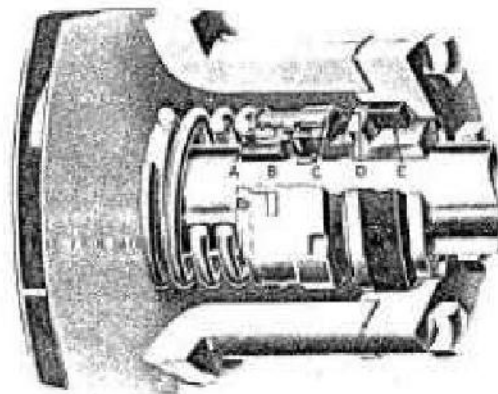
- ۱- عدم تحمل فشار و درجه حرارت بالا است.
- ۲- هنگام دمونتاز حتماً خراب می شود و نصب آنها کمی مشکل تر از انواع دیگر است.
- ۳- برای مایعات مختلف باید از لاستیک های با جنس های مختلف استفاده کرد.



لازم به توضیح است که در این نوع مکانیکال سیل نیز نیاز به فنر هم می باشد.



در شکل زیر یک نمونه دیگر از این نوع مکانیکال سیل که در پمپ های ارزان قیمت و همچنین پمپ آب خودروهایی و فوور مورد استفاده قرار می گیرد نشان داده شده است.



مکانیکال سیل های بلوز فلزی **Metallic Bellows Mechanical Seals**

این نوع مکانیکال سیل ها در صنایع مختلف شیمیایی پالایشگاه ها صنایع داروئی غذایی و..... به وفور استفاده می شوند در این نوع مکانیکال سیل ، بلوز فلزی هم وظیفه آب بندی بین محور رتوری و هم کار فنر را انجام می دهد و با استفاده از بلوز با جنس مناسب قادر به آب بندی مایعات با فشار و درجه حرارت بالا ، خورنده و..... می باشند.

این نوع مکانیکال سیل ها از لحاظ ساختمان بلوز به دو دسته تقسیم بندی می شوند:

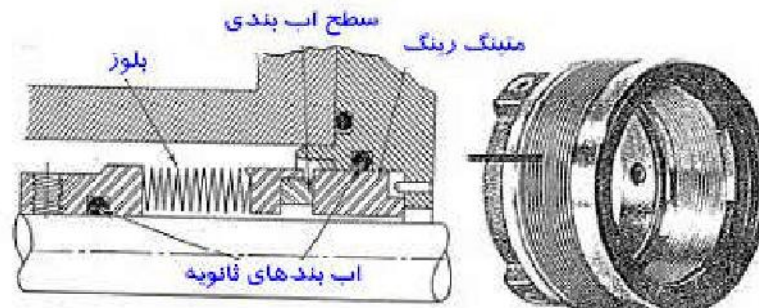
۱- مکانیکال سیل با بلوز فلزی جوش داده شده **Welded Metal Bellows**

۲- مکانیکال سیل با بلوز فرم داده شده **Rolled Metal Bellows**

مکانیکال سیل با بلوز فلزی نوع جوشی **Welded Metal Bellows**

در این نوع مکانیکال سیل معمولاً بلوز ها از ورقه های فولادی ضد زنگ از جنس های استلوی C یا AM350 و با ضخامت حدود هفت تا دوازده هزارم اینچ به روش پرسکاری ساخته می شوند و بصورت خیلی ظریفی در قطرهای داخلی و خارجی و با تکنولوژی بسیار پیشرفته ای به هم جوش داده می شوند و پس از جوشکاری نیز با روش **Helium Leakage Detector** به دقت نسبت نشی می شوند.

میزان فنریت بلور ها وابسته به تعداد اکاردئون ها (صفحات فلزی) جنس و ضخامت صفحات سالزنده است که بلور ازان ساخته شده است که هرچه تعداد اکاردئون ها بیشتر باشد میزان فنریت (مغدار فشردگی) نیز بیشتر خواهد شد.



شماتی از یک مکانیکال سیل نوع بلوزی غیر فشاری

لازم به توضیح است که نفوذ ذرات جلمد بین اکاردئون ها باعث جام شدن بلور ها می شود که عملیات تمیزکاری سطوح خارجی بلورها توسط نیروی گریز از مرکز (در مکانیکال سیل های نوع دوار) و بطور اتوماتیک و تمیز کاری سطوح داخلی بلور توسط سیستم کوئینچ Steam Quench که گاز یا بخار آب با فشار چند پوند براینچ مربع است و از طریق منبع خارجی به مکانیکال سیل تزریق می شود.

در صورتی که پمپ در سرویس نباشد و مقدار ناشتی جزئی وجود داشته باشد (بخصوص در مایعات گرمی که پس از سرد شدن مایع به کریستال یا تک تبدیل) باعث جام شدن بلور داخل می شود که این نیز باعث ناشتی مکانیکال سیل می شود. در این نوع مایعات سیستم کوئینچ نقش بسزائی در طول عمر مکانیکال سیل بخصوص وقتی پمپ در سرویس نیست به عهده دارد که توصیه بر در سرویس بودن این سیستم چه وقتی پمپ در سرویس باشد یا نباشد است.

همچنین برای جلوگیری از نفوذ بخار به محفظه یا تاقان ها باید تمهیدات خاصی اعم از نصب پوش های فشار شکن در انتهای سیل پلیت و یا استفاده از سیستم پکینگ زوی انتهای استافین باکس ثانویه در نظر گرفته شود.

مزایای مکانیکال سیل های نوع بلوز فلزی

- ۱- قابلیت استفاده در درجه حرارت بال (تا ۸۰۰ درجه فارنهایت).
- ۲- ثابت بودن نیروی فنری بلور روی تمامی سطح آب بندها.
- ۳- توانایی بهتر کار در شرایط Missalignment.
- ۴- سالم ماندن شافت پاسیلو در برابر حرکت های محوری در قسمت زیر اورینگ رتوری (بلور) به دلیل ثابت بودن اورینگ یا گسکت در محل قرارگیری خود.
- ۵- قابل استفاده در سرعت های بالابه دلیل عدم تاثیر نیروی گریز از مرکز روی بلور.
- ۶- عدم نیاز به بالانس هیدرولیکی و عدم نیاز به استفاده از یله روی شافت پاسیلو.

۷- استفاده از آب بند های تلویه فلزی ثابت (برای آب بندی بلوز نسبت به شناخت) که باعث می شود مکانیکال سیل در درجه حرارت بالشتی کارایی داشته باشد.

۸- سوراخ شدن بلوز یا افزایش فشار روی بلوز باعث نشی ناگهانی نمی شود.

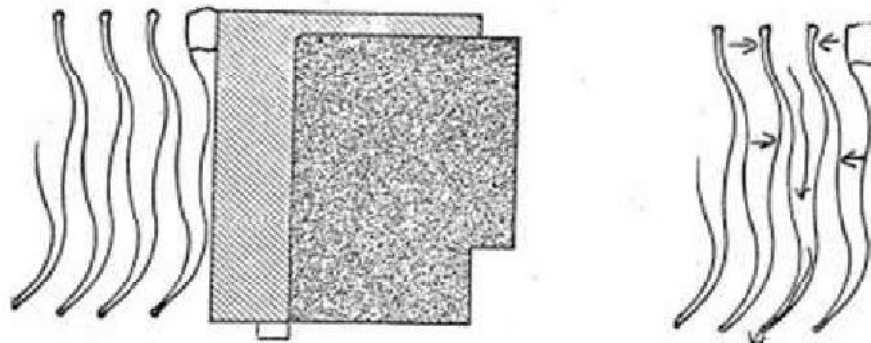
۹- قبل استفاده در شرایط عملیاتی در رنج وسیع تر فشار درجه حرارت و انواع مایعات خورنده و

۱۰- کم بودن خشکی ناشی از حرکت محوری روی بلوز.

۱۱- عدم جام شدن مکانیکال سیل در مایعات کثیف به دلیل نبودن حفره برای به دام انداختن ذرات.

۱۲- عدم نیاز به فیلتر (به دلیل خاصیت فیلتری بلوز)

همینطور که ملاحظه می شود شرایط بلوز طوری است که در اثر باره شدن بلوز نشی ناگهانی بوجود نمی آید اگر ترک در قسمت قطر بیرونی بلوز اتفاق افتد (معمولاً ترک ها در قسمت های قطر داخلی و خارجی بلوز ها و در محل جوشکاری شده اتفاق می افتد) فشار اعمال شده از طرفین باعث چسبیدن صفحات روی یکدیگر و بسته شدن مسیر نشی می شود و اگر ترکیدگی در قسمت قطر داخلی بلوزها اتفاق افتد فشار مایع نشی شده در زیر بلوز مثل حالت فوق عمل می کند و جلوی نشی های خیلی زیاد گرفته می شود و امکان از سر و بیس خارج کردن یصق فراهم می شود.



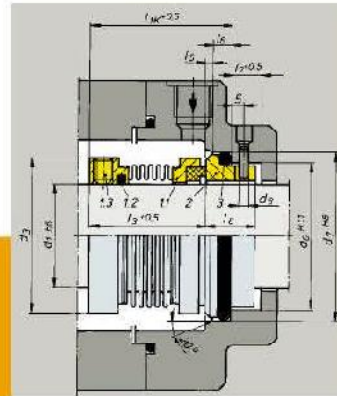
همچنین برای انتقال حرکت و گشتاور از محور به بلوز در داخل بلوز بخصوص در مکانیکال سیل های بزرگ در داخل بلوز شیارهایی تعبیه شده است که بصورت کشویی در داخل هم بازی می کنند که در حین نصب باید از روان حرکت کردن آنها نسبت به همدیگر اطمینان حاصل نمود.

مکانیکال سیل بایلو زفرم داده شده Rolled Metal Bellows

بلوز فلزی مکانیکال سیل های بایلو زفرم داده شده Rolled Metal Bellows از لوله های نازک فولاد ضد زنگ با روش های هیدرولیکی و مکانیکی رول و تغییر شکل داده می شوند. از این نوع آب بند های توان در محیط هایی که دارای ذرات ریز سلبنده نیز هستند استفاده نمود زیرا توجه به شکل پیلو ز فاصله بین صفحات شکل داده شده امکان رسوب ذرات و جام شدن بلوز کم است. در شکل زیر یک نوع ان نشان داده شده است.



IF 95N



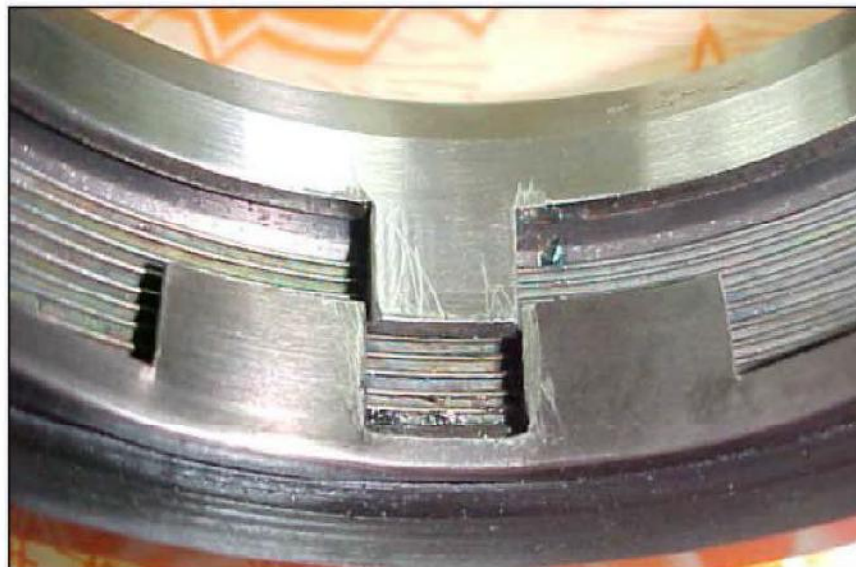
بسته به نوع کاربرد بیلوزهای می توان آنها را طوری طراحی نمود که برای موارد خاص استفاده شوند که ذیلا به چند نمونه ان اشاره می شود.

۱- بیلوزهای انتقال دهنده گشتاور **Welded Metal Bellows With Torque Transmission**

۲- بیلوزهای بدون اب بند فلزی **Non Elastomer Bellows**

۳- بیلوزهای با گسکت

در مواردی که تنش های برشی سیال روی بیلوز زیاد است می تواند باعث تغییر شکل بلوز و یا بریدن صفحات ان شود و لذا برای جلوگیری از این مشکل و کاهش خستگی بیلوز در بعضی از طراحی ها دو یا چند زبانه از نگهدارنده بیلوز امتداد داده می شود و بصورت نرو ماده داخل نگهدارنده صفحه متحرک قرار می گیرد و حرکت محور را به نگهدارنده صفحه متحرک و خود سطح اب بندی می دهد. که به این نوع طراحی بیلوزهای انتقال دهنده گشتاور **Welded Metal Bellows With Torque Transmission** گفته می شود. که در شکل زیر شمائی از ان نشان داده شده است.

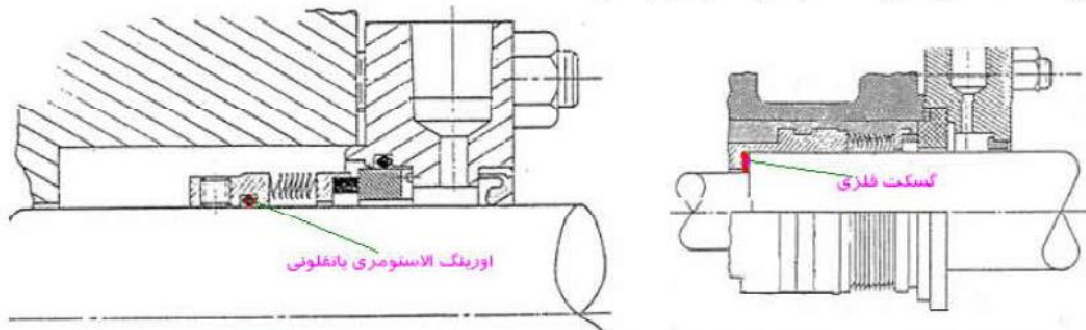


البته در بعضی از طراحی های نزدیک دوبا سه عدد کلید کوچک روی سیلیبوتعیبه می شود که بصورت کشوئی در گاید های تعیبه شده در داخل بلور بصورت کشوئی کار می کند و در بعضی از طراحی های دیگر نیز با تعیبه یک بین در قسمت داخل بلور کار انتقال گشتاور انجام می شود. که در هنگام مونتاژ مکانیکال سیل ها باید دقت زیادی نمود که سیستم انتقال گشتاور روان و بدون هیچگونه گیری بازی کند (بخصوص در مواردی که بلور و سیلیبواهم تعویض نشده باشند) در غیر این صورت بلور در حین کار جام می کند. باعث نشنی شدید مکانیکال سیل می شود. سیستم آب بندی بیلور ها روی محوری دو صورت انجام می شود:

۱- آب بندی توسط اورینگ های الاستومری

۲- آب بندی توسط گسکت فلزی

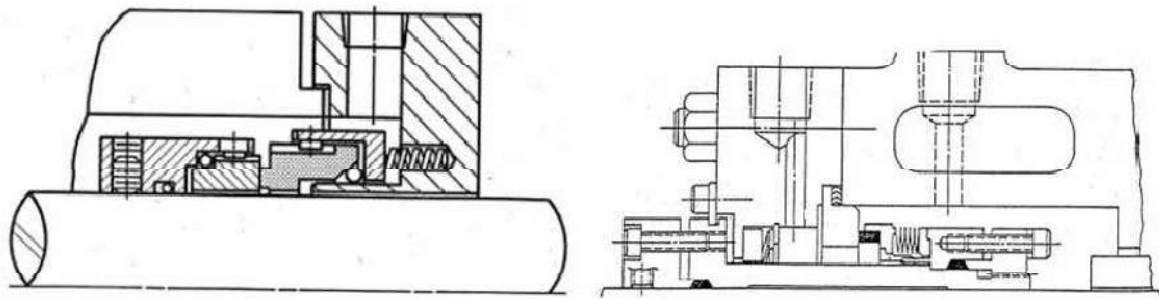
در مواقعی که درجه حرارت مایع سیل شونده بالا باشد بجای اورینگ های لاستیکی یا فلوونی از گسکت های فلزی یا گرافیتی استفاده می شود که در شکل های زیر نشان داده شده است.



مکانیکال سیل های ثابت و دوار Rotating & Stationary Floating Mechanical Seals

در مکانیکال سیل های نوع Rotating قسمت Floating مکانیکال سیل (مجموعه سطح آب بندی همراه فنریا بلور) با محور می چرخد ولی در مکانیکال سیل های نوع Stationary مجموعه فنری Float ثابت است و Mating Ring (سطح سخت) تنها با محور می چرخد و باعث می شود حرکات محور و ارتعاشات ماشین به مکانیکال سیل منتقل نشود که باعث افزایش طول عمر آب بند خواهد شد.

مکانیکال سیل های نوع ثابت معمولاً برای دور های بالا مورد استفاده قرار می گیرند (برای سرعت های بیشتر از 5000 Ft/Min) و دارای طول عمر بسیار بالتری نسبت به نوع دوار آن دارد که ذیلاً به مزایای آن اشاره می شود.



مکانیکال سیل نوع ثابت جهت دورهای زیاد

شمائی از یک مکانیکال سیل کارتریج نوع بلور ثابت

مزایای مکانیکال سیل های نوع دوار

- ۱- استفاده ز نیروی گریز از مرکز برای نمیز کاری بلوز و فنر (چون با محور می چرخند)
- ۲- تاثیر نیروی گریز از مرکز برای ممانعت از نشتی.
- ۲- نیاز به فضای محوری کمتر برای نصب دارند.
- ۳- نیاز به فضای شعاعی کمتری دارند.
- ۴- ارزان تر بودن آن نسبت به نوع ثابت.

مزایای مکانیکال سیل های نوع بلوز ثابت

- ۱- قابلیت استفاده برای دور های بالا دارند (سرعت زاویه ای بیشتر از $25\text{m}^2/\text{s}$).
 - ۲- نسبت به نوع دوار دارای طول عمر بسیار بالتری می باشند.
 - ۳- قابلیت کاردهی در لرزش های بالا دارند (به دلیل اینکه مجموعه فنری یا Float ثابت است و تحت تاثیر حرکت ها و ارتعاشات محور قرار نمی گیرد). چون لرزش همان حرکات هارمونی محور است.
 - ۴- توانایی بهتر در شرایط ناهم محوری به دلیل حالت Self Aligning آن.
 - ۵- جام نشدن قسمت داخلی بلوز روی محور (چون محور زیران می چرخد)
 - ۶- قابل استفاده برای مایعات با ویسکوزیته و چسبندگی زیاد.
 - ۷- تاثیر کمتر تغییر شکل های مکانیکی حرارتی و فشاری (distorsion) آروی سطوح اب بندی به دلیل این که سطوح اب بندی هر دو در شرایط یکسانی قرار دارند.
- لازم به توضیح است که در سال های اخیر در اکثر صنایع مکانیکال سیل های قدیمی نوع دوار جای خود را به انواع جدید ثابت که دارای مزایای بسیار بالتری نسبت به نوع قبلی است داده اند.
- در جدول صفحه بعد تعداد موارد تعمیراتی (که مربوط به یکی از کارخانجات ژاپن است) بیست عدد پمپ را در در طی مدت زمان ده سال رانشان می دهد که به مرور زمان از نوع دوار به نوع ثابت تبدیل شده که همینطور که ملاحظه می شود پس از تبدیل تعداد کارهای تعمیراتی به مراتب کاهش پیدا کرده است. همچنین در بعضی موارد پس از تغییر به واسطه مسائلی ممکن است حجم کارهای تعمیراتی زیاد هم بشود که بر اساس مسائل تجربی مرتفع می شود (و این بدان معناست که تئوری محض جوابگوی مسائل فنی نیست و مسائل تجربی را نیز باید مدنظر قرارداد).

مقایسه دفعات تعمیرات قبل و بعد از تعمیر مکانیکال سیل از نوع متحرک به نوع ثابت

سال Pump No.	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	1	1	①	0	0	1	0	0	1	0
2	0	1	1	1	②	0	0	0	0	0
3	5	2	3	③	0	1	0	0	0	0
4	3	5	4	①	0	1	0	0	0	0
5	③	1	0	1	0	0	0	0	0	0
6	3	①	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	3	1	①	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	1	②	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	-2	③	0	0
10	0	0	1	0	1	1	0	①	1	0
11	2	3	3	1	0	0	1	①	0	0
12	1	0	2	1	1	①	0	0	0	0
13	2	0	2	1	④	1	0	0	0	0
14	0	0	1	1	1	3	0	①	0	0
15	1	2	1	2	0	①	0	0	0	0
16	1	0	0	0	2	0	2	①	0	1
17	0	0	0	0	0	2	②	0	1	0
18	0	0	0	0	1	①	0	0	0	1
19	12	①	1	0	0	0	0	0	0	0
20	2	1	0	1	2	①	0	1	0	1

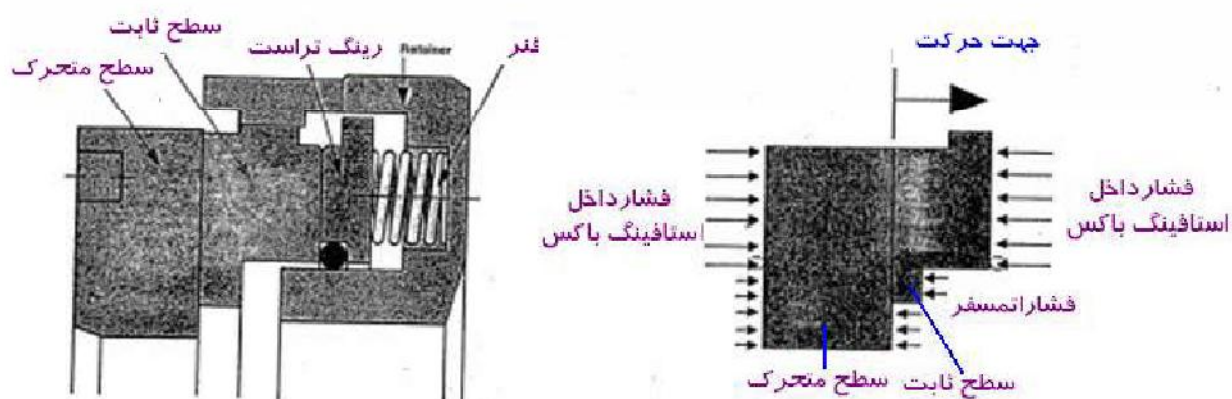
در مستطیل های خاکستری تعداد تعمیر مکانیکال سیل رتوری و در مستطیل های سفید تعداد دفعات تعمیر مکانیکال سیل های نوع ثابت درج شده است

تعداد کل دفعات تعویض مکانیکال سیل های
نوع رتوری به تعداد کل سالها عبارتست از:
بار در سال $1.15 = 86$ سال / 99 دفعه

تعداد کل دفعات تعویض مکانیکال سیل های
نوع ثابت به تعداد کل سالها عبارتست از:
بار در سال $0.16 = 92$ سال / 15 دفعه

مکانیکال سیل های بالانس شده و بالانس نشده **Balanced & Unbalanced Mechanical Seals**

منظور از بالانس مکانیکال سیل ها بالانس جرمی است زیرا مکانیکال سیل ها طوری طراحی و ساخته می شوند که از نظر جرمی کاملاً بالانس باشند. منظور از بالانس، بالانس نیروهای هیدرولیکی است که در جهت محوری روی مجموعه شناور Float تاثیر می گذارد و باعث افزایش یا کاهش نیروی فشاری روی سطوح اب بندی می شود. در مکانیکال سیل های بالانس نشده در اثر فشار هیدرولیکی مایع داخل محفظه اب بندی نیروی فشاری بین سطوح اب بندی افزایش پیدا می کند (و به نیروی فنری اضافه می شود) و باعث افزایش اصطکاک و ایجاد حرارت و نهایتاً کاهش طول عمر مکانیکال سیل می شود.



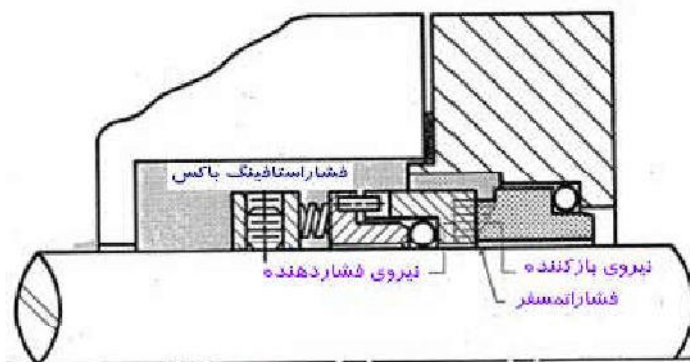
در مکانیکال سیل های بالانس شده با افزایش دادن سطح پیشانی (جلوئی) مکانیکال سیل نسبت به سطح پشتی آن از طریق پله دادن یا تغییر قطر روی شافت با سیلیو باعث کم شدن فشار روی سطوح اب بندی می شود که با این طراحی اصطلاحاً سیل بالانس می شود.



مکانیکال سیل بالانس شده

لازم به توضیح است که در مکانیکال سیل های نوع بلوز فلزی بر اساس فرم بلوز مکانیکال سیل بصورت اتوماتیک بالانس شده است چون فشار روی اکاردئون های صفحات بلوز از هر دو طرف یکسان است البته به غیر از اکاردئونی که روی سطح اب بند (کربن رینگ) چسبیده است که معمولاً طوری روی آن قرار می گیرد که سطح مقطع مناسب را بوجود آورد.

لازم به توضیح است که پروفیل توزیع فشار بین سطوح تماسی (بین سطوح آب بندی) بصورت مثلثی تخریب زده می شود بدین صورت که ابتدای لبه سطوح تماسی در داخل محفظه آب بندی در معرض فشار استاتیک باکس قرار دارد و لبه بیرونی سطوح تماسی (طرف اتمسفر) در معرض فشار جو است که معمولاً صفر در نظر گرفته می شود.



مکانیکال سیل بالانس نشده

مزایای مکانیکال سیل های بالانس شده

- ۱- تولید حرارت کمترین سطوح آب بندی.
- ۲- نیلایه سیل فلش کمتر برای خنک کاری سطوح تماسی.
- ۳- طول عمر بالاتر به دلیل کم بودن مسائل سایشی.
- ۴- قابلیت کاردهی برای رنج های بالتری از فشار و سرعت.
- ۵- قابلیت کنترل Surge ها و تغییرات فشار بالذخص هنگام راه اندازی که فشار متغیر است.



فشار هیدرولیکی روی آب بند ثانویه اعمال می شود

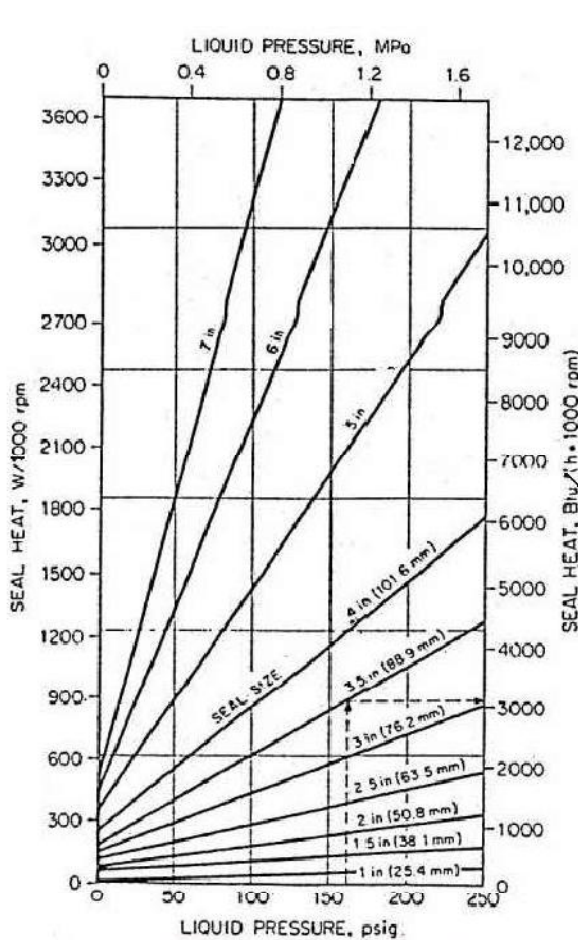
محدوده کاری استفاده از مکانیکال سیل های بالانس شده و بالانس نشده طبق استانداردهای استیوئی نیت امریکا API بر اساس قطر مکانیکال سیل، فشار محفظه آب بندی و سرعت خطی سیل است و در صورتی که شرایط از محدوده ذیل تجاوز نماید حتماً باید از مکانیکال سیل های بالانس شده استفاده شود. جدول زیر نمایانگر این محدوده ها است.

محدوده استفاده از سیل های بالانس نشده طبق استاندارد

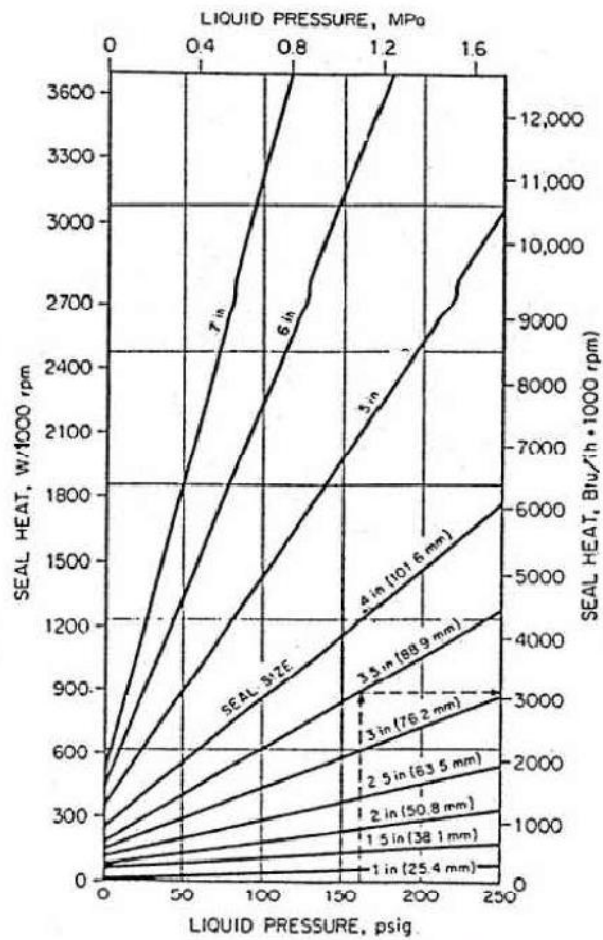
API 610-5TH EDITION

SEAL I.D. INCHES	SHAFT SPEED RPM	SEALING PRESSURE PSIG
1/2 to 2	Up to 1800	100
	1801 to 3600	50
Over 2 to 4	Up to 1800	
	1801 to 3600	

منحنی های زیر مقدار حرارت تولید شده برای مکانیکال سیل های بالانس نشده و بالانس نشده را بر اساس قطر مکانیکال سیل سرعت و فشار محفظه آب بندی نشان می دهد که همینطور که ملاحظه می شود مقدار حرارت تولید شده در مکانیکال سیل های بالانس نشده به مراتب بالاتر از مکانیکال سیل های بالانس شده است.



حرارت تولید شده در سیل بالانس نشده



حرارت تولید شده در سیل بالانس نشده

همانطور که ملاحظه می شود مقدار حرارت تولید شده در مکانیکال سیل های بالانس نشده به مراتب بیشتر از مکانیکال سیل های بالانس شده است.

البته در کاربردهای صنعتی توصیه براین است که در تمامی موارد از مکانیکال سیل های بالانس شده استفاده شود بخصوص برای مایعات با وزن مخصوص کمتر از 0.65 و دورها و سلیز های بالتر از حد فوق حتما باید از مکانیکال سیل های بالانس شده استفاده شود.

مکانیکال سیل های کارتریج و غیر کارتریج Cartridge & Non Cartridge Mechanical Seals

مکانیکال سیل های کارتریج بصورت پیش نصب طراحی می شوند و گلند و متعلقات دیگر روی یک سیلینو نصب می شوند و کل مجموعه با هم روی پمپ نصب می شود و دیگر نیازی به تنظیم قطعات ندارد ولی در مکانیکال سیل های نوع غیر کارتریج قطعات بصورت تک تک روی پمپ نصب می شوند و درجین کار نیازی به تنظیم دارند.

مزایای مکانیکال سیل های کارتریج

- ۱- هنگام نصب نیازی به تنظیم ندارد.
 - ۲- زمان نصب به حداقل زمان ممکن می رسد.
 - ۳- هنگام نصب امکان آسیب دیدن سطوح آب بندی کمتر است.
 - ۴- برای نصب نیازان چنانی به نگر ماهر ندارد.
 - ۵- با صافیت به لزوم نصب سیلینو امکان خرابی و سلیز شافت وجود ندارد.
 - ۶- زمان تعمیر و هزینه تعمیر کمتر است.
- لازم به توضیح است که اکثر مکانیکال سیل هائی که در مراکز صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند بصورت کارتریج طراحی شده اند.



اجزا و قطعات اصلی مکانیکال سیل ها

مکانیکال سیل ها دارای اجزا و قطعات متعددی هستند که در این بخش وظایف و انواع هر کدام از آنها مورد بحث قرار می گیرد این اجزا شامل :

۱- انواع آب بندهای ثانویه و مزایا و معایب هر کدام از آنها

۲- انواع فنرها و مزایا و معایب هر کدام از آنها

۳- انواع ارایش سطوح اصلی آب بندی و مزایا و معایب و موارد کاربرد هر کدام از آنها

انواع آب بند های ثانویه Type Of Secondary Seals

برای آب بندی اجزا و قطعات داخلی مکانیکال سیل ها از آب بند های ثانویه استفاده می شود که بسته به شرایط طراحی شامل اورینگ ها و ریوینگ ها یا گسکت ها و است.

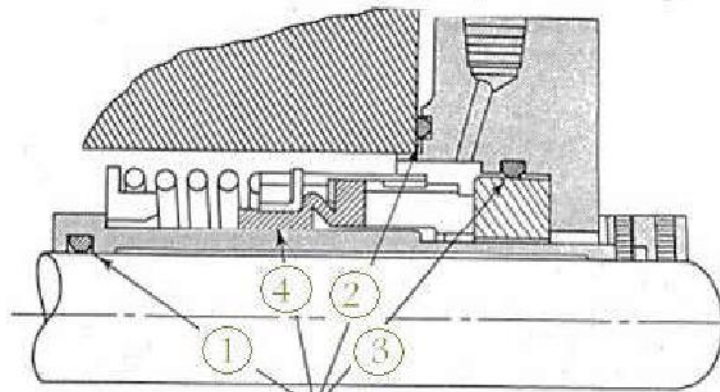
نقاطی که توسط آب بند های ثانویه آب بندی می شود شامل:

۱- آب بندی بین سیلیو و محور پمپ

۲- آب بندی بین سیل پلیت (گلند) و بدنه پمپ (استافین باکس)

۳- آب بندی بین سطح ثابت آب بندی و سیل پلیت

۴- آب بندی بین سطح متحرک آب بندی و محور



نقاطی که توسط آب بندهای ثانویه باید آب بندی شود

که سه مورد اول آب بند ثابت بوده (قطعاتی که روی هم نصب می شوند نسبت به هم حرکت ندارند) ولی مورد چهارم به دلیل حرکتی که مجموعه رتوری باید روی محور داشته باشد تا بتواند سطوح تماسی را همواره روی هم قرار دهد انواع دینامیکی است (حرکت اورینگ همراه رتوری) که معمولاً بیشترین مشکلات اورینگ اعم از خرابی های شافت و سیلیو Fretting (سایش) می شود. در مکانیکال سیل های نوع رتوری (مربوط به آب بند ثانویه ای است که بین رتوری و محور (یا سیلیو) را آب بندی می کند و توضیحات و مسائل ارائه شده در زیر نیز دقیقاً در رابطه با آب بند نوع دینامیکی است و در رابطه با آب بند های ثانویه ثابت که انواع اورینگ ها، گسکت ها، ریوینگ ها و تقریباً هیچ مشکل حادی وجود ندارد.

بسته به نوع طراحی مکانیکال سیل برای ابتدای بین رتئوری و محور از انواع اب بند ها استفاده می شود که ذیلا به توضیح انواع و مزایا و معایب و کاربرد های آن اشاره می شود:

الف - اورینگ ها O-Ring

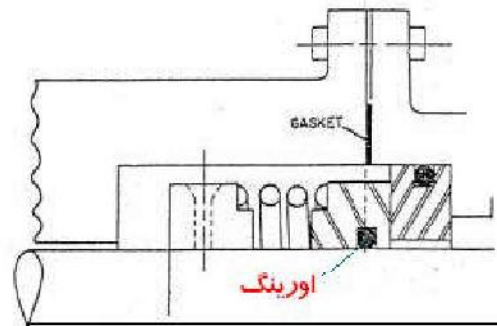
ب-رینگ های کوه ای Wedge Rings

ج-رینگ های وی شکل V-Rings

د-رینگ های فنجانکی U-Cups Rings

اورینگ ها O-Ring

که بسته به نوع مایع درجه حرارت مایع و.....ازجنس های مختلفی ساخته می شود که درمکانیکال سیل ها اورینگ زیررتئوری جز Automatic Packingها محسوب می شود بدین معنی که وقتی درمعرض فشار قرار می گیرند تغییر شکل می دهند(متورم می شوند)و با چسبیدن روی محور و در محل قرارگیری دررتئوری جلوی خروج مایع را می گیرند.



مزایا و معایب اورینگ ها

مزایای اورینگ ها:

- ۱- درمقابل حرکت محوری شافت مقاومت کمی ایجاد می کنند.
 - ۲- وقتی فشرده می شوند تغییر شکل می دهند و به شکل محفظه ای که در آن قرار دارند درمی آیند.
 - ۳- برای حرکت کردن نیروی کمی لازم دارند و نیازی به فنر قوی ندارند.
 - ۴- اورینگ ها قطعات استاندارد هستند که در سلیزها و جنس های مختلف و با قیمت های پایین قابل تهیه اند.
- معایب اورینگها:

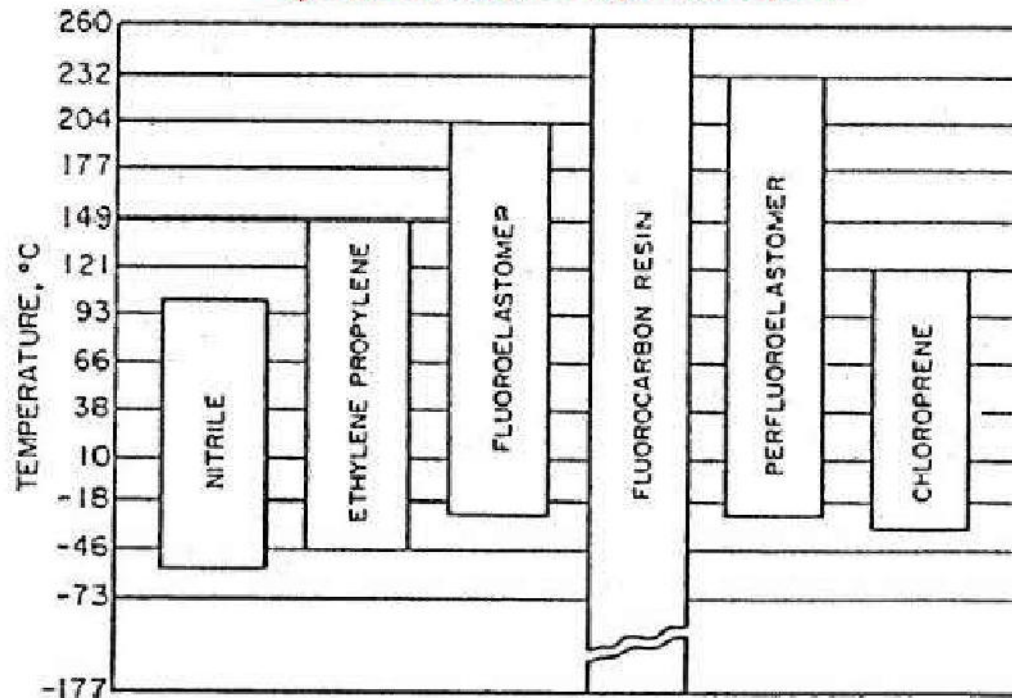
- ۱- محل حرکت آنها باید خیلی صیقلی و تمیز باشد.
- ۲- سطوح خود اورینگ باید خیلی صیقلی باشد که نیاز به تکنولوژی ساخت بالایی است.
- ۳- تحمل درجه حرارت های بالاتر ندارند.
- ۴- هر اورینگی برای هر مایعی مناسب نیست و برای هر مایع باید از اورینگ مناسب آن مایع استفاده شود.
- ۵- تئورانس های اندازه ای آنها خیلی دقیق است (که هزینه های ساخت را افزایش می دهد).
- ۶- باعث خرابی شافت Shaft Fretting می شوند.

۷- نشانه استاندارد ندارند .

۸- تشخیص آنها از همدیگر (از لحاظ جنس و اندازه) خیلی مشکل است.

در جدول زیر محدودیت های استفاده از اورینگ ها از نظر درجه حرارت برای جنس های مختلف داده شده است

محدوده درجه حرارت کاری آب بندهای ثانویه



لازم به توضیح است که در طی چند سال گذشته اورینگ هایی از جنس های مخصوص به نام Isolast وارد بازار شده که در مجاورت اکثر مواد شیمیایی و همچنین گرما مقاومت بسیار بالایی دارند که با توجه به مزایای ذکر شده برای اورینگ ها برای استفاده روی پمپ های مواد شیمیایی (مثل آمین و.....) که بیشترین مسائل و مشکلات اورینگ ها را دارند بسیار مناسب است .

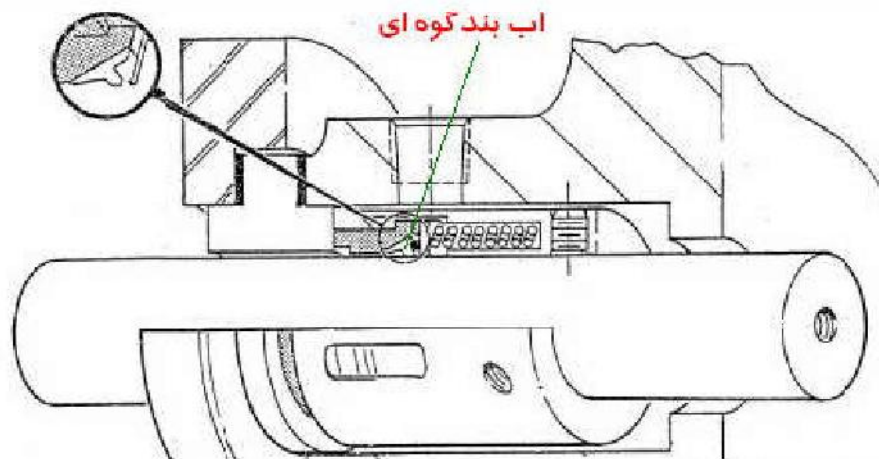
البته بیشترین مسائل اورینگ ها تاثیرات شیمیایی مواد آب بند شونده روی آن و درجه حرارت بالاست است که باعث تغییر شکل و سوختن اورینگ ها می شود لازم به توضیح است که تاثیرات شیمیایی بیشتر روی قسمت هایی از اورینگ که با مواد آب بند شونده در تماس است (قسمتی از اورینگ که به طرف محفظه آب بندی است) و تاثیرات درجه حرارت بالا بیشتر در قسمتی از اورینگ اتفاق می افتد که با محیط بیرون در تماس است که با ترکیب شدن با اکسیژن دچار تغییر شکل و خرابی می گردد که در هنگام باز کردن مکانیکال سیل با کمی دقت می توان به علت اصلی خرابی پی برد که البته در بسیاری از مواقع که در مدت زیادی از مکانیکال سیل استفاده شده است و ترکیبی از شرایط فوق وجود دارد تشخیص کمی مشکل تر خواهد شد.

رینگ های گوه ای Wedge Rings

برای آب بندی رتوزی روی محور در بعضی طراحی ها از رینگ های گوه ای استفاده می شود که چند نمونه آن در زیر نشان داده شده است.

مراپو معایب رینگ های گوه ای

- ۱- این پکیج ها به اندازه شافت حساس نیستند و نیاز به توالرانسهای بالا برای ساخت ندارند.
- ۲- به دلیل فوق برای کارخانه های سازنده ارزان تر تمام می شوند.
- ۳- برای آب بندی آنها با شافت نیروی زیادی لازم است.
- ۴- به دلیل اصطکاک زیاد با محور حرکت های محوری و Misalignment را نمی تواند تحمل کند و احتمال جام کردن آنها روی محور وجود دارد.
- ۵- به دلیل اصطکاک زیاد نیروی زیادی به شافت اعمال می کنند و باعث خرابی بیشتر شافت می شوند.
- ۶- این نوع آب بند ها بصورت یک طرفه و فقط در یک جهت کار آب بندی را انجام می دهند.
- ۷- به دلیل اصطکاک زیاد آنها با محور نیاز به فنر قوی تر دارند که باعث افزایش اصطکاک و تولید حرارت بیشتر و نیاز به فلشینگ بیشتر است.

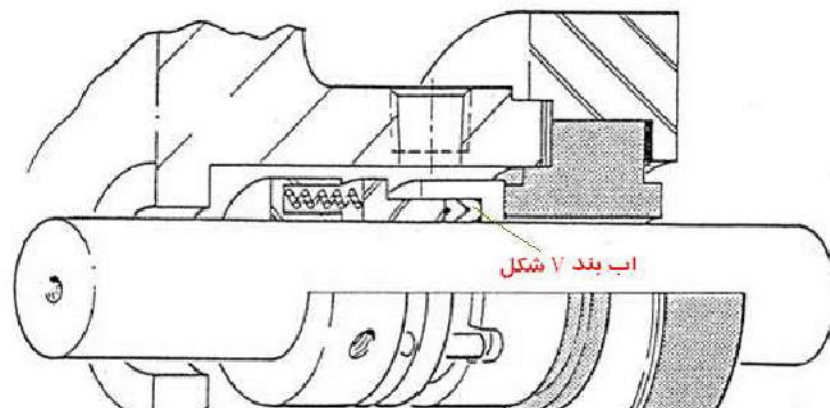


رینگ های وی شکل V-Rings

این نوع رینگ ها معمولاً از تفلون ساخته می شوند و دارای مقاومت شیمیایی زیادی اند.

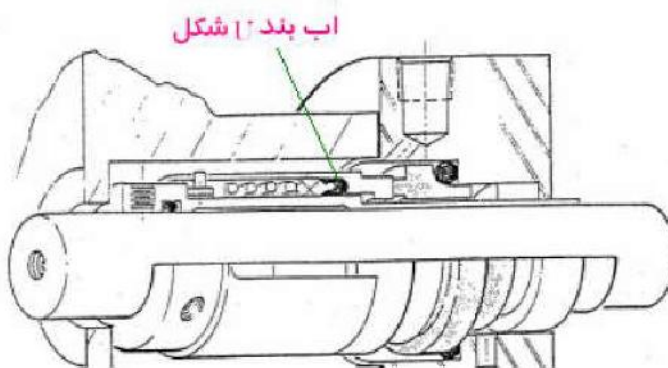
- ۱- V-Ring ها به راحتی و با کمترین نیروی رتوزی محور حرکت می کنند و نیاز به نیروی فتری زیاد ندارند.
- ۲- نیاز به سطوح خیلی صیقلی دارند.
- ۳- به سایز و اندازه های محور بسیار حساسند.
- ۴- فشار معکوس را نمی توانند تحمل کنند.
- ۵- باعث خرابی شافت می شوند.
- ۶- به راحتی قابل تغییر شکلند و معمولاً در رتوزی مکانیکال سیل ها از آنها استفاده می شود.

در شکل زیر یک نمونه مکانیکال سیل باب بندنانونیه نوع وی شکل نشان داده شده است:



رینگ های فنجانکی U-Cups Rings

- ۱- این نوع اب بند ها از نوع تماس خطی اند و معمولاً از تفلون یا واینون ساخته می شوند.
- ۲- قابلیت تحمل فشار های بالا را دارند.
- ۳- به دلیل زیاد بودن سطح تماس آنها با محور نسبت به اب بند های دیگر بیشتر باعث خراب شدن محور می شوند.



نصب آب بندهای نانونیه متحرک Dynamic Elastomer Installation

شافت باید بسیار صیقلی باشد با پرداخت ۶ تا ۱۶ میکرو اینچ (Rms Range) این سطحی شیشه ای مانند است. لورینگها و دیگر مواد ارتجاعی بطور طبیعی با فشردگی کمی طراحی می شوند. فاصله بین شافت و سیل معمولاً "نباید بیشتر از 0.005 در هر طرف باشد. او رینگ باید به دور شافت کشیده شود و با اندازه قطر داخلی آن باشد نه قطر خارجی. کشیدن او رینگ تا ۵٪ طول مشکلی ایجاد نمی کند آنها را بیش از این نکشید. مواد ارتجاعی به مواد شیمیایی حساسند، برای اطمینان آنها را با استفاده از گریس های تفلونی و گریس سبلیکیونی روی شافت حرکت دهید. سبلیکیون روی رنگ و مواد غذائی مشکل ایجاد می کند پس باید مطمئن شد که محصول پمپ شونده روی آن تاثیری نخواهد گذاشت همچنین پوشش ضخیم گریس بهتر از استفاده از روغنهای رقیق است.

انواع فنردر مکانیکال سیل ها Mechanical Seal Springs

برای روی هم تکه داشتن سطوح آب بندی برای جلوگیری از نشتی از فنر استفاده می شود که بسته به نوع طراحی از طرح هائی نظیر سیستم های بلوز (فلزی) فنرهای ماریچی و فنرهای موج دار استفاده می شود به دلیل استفاده از فنرهای ماریچی در اکثر مکانیکال سیل ها ذیلاجه شرح انواع و مزایا و معایب هر کدام می پردازیم.

مکانیکال سیل ها از لحاظ نوع فنر (ماریچی) به دو دسته زیر تقسیم بندی می شوند:

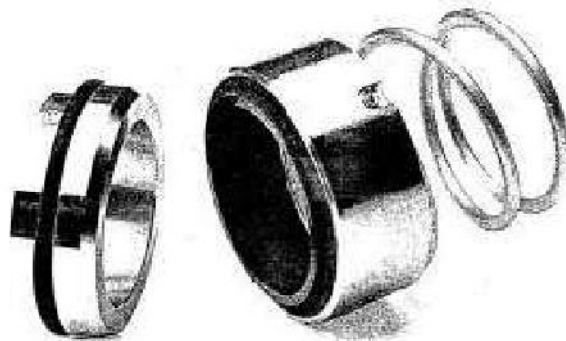
۱- Multi Springs Mechanical Seals

۲- Single Spring Mechanical Seals

مکانیکال سیل های تک فنری Single Spring Mechanical Seals

مزایای مکانیکال سیل های تک فنری:

- ۱- با چرخش محور فرجمع می شود و باعث کاهش نیروی اصطکاک روی سطوح آب بندی می شود.
- ۲- از لحاظ شعاعی جای کمتری را اشغال می کند.
- ۳- نسبت به خوردگی مقاوم ترند.
- ۴- فنر به عنوان عامل انتقال قدرت عمل می کند.
- ۵- در اثر رسوبات دیرتر جام می شوند.
- ۶- چرخش فنر در داخل محفظه آب بندی نوزیو لئیس ایجاد می کند و باعث حرکت مایع و تبادل حرارت بیشتر می شود.



معایب مکانیکال سیل های تک فنری

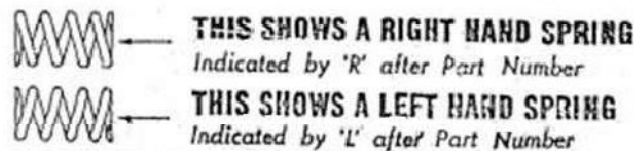
- ۱- برای هر مکانیکال سیل باید یک فنر با ابعاد مشخص طراحی شود.
 - ۲- اگر جهت دو جهت شود باید جهت فنر عوض شود.
 - ۳- از لحاظ طولی جای بیشتری را اشغال می کند.
 - ۴- در سرعت های بالا نیروی گریز از مرکز باعث جمع شدن فنر و نهایتا باز شدن سطوح آب بندی می شود.
- ذکته حائز اهمیت این که جهت دو فنر برای این نوع مکانیکال سیل خیلی مهم است و در صورتی که فنر مناسب استفاده نشود باعث باز شدن حلقه های فنر و افزایش نیروی فنری در حين کار می گردد که علاوه بر ساییدگی

سیلیبو و فنری باعث کاهش طول عمر مکانیکال سیل و نشستی می شود. جهت فنری باید طوری باشد که در حین کار جمع شود و نیروی فنری روی سطوح آب بندی کاهش یابد.

با عنایت به این که تنها تفاوت مکانیکال سیل پمپ های Between Bearing که دارای دو عدد مکانیکال سیل هستند (مکانیکال سیل داخلی و خارجی) متفاوت بودن جهت پیچش فنر آنها می باشد در صورت اشتباه می تواند منجر به آسیب دیدن هر دو مکانیکال سیل گردد باید در حین انجام تعمیر علاوه بر مارک نمودن انبساط کافی انجام شود. برای اطمینان از نصب فنر با پیچش مناسب به این صورت عمل می شود فنر رتوری روی سیلیبو قرار داده می شود و پیک دست رتوری ثابت نگه داشته می شود و پادست دیگر سیلیبو در جهت چرخش محور حرکت داده می شود در صورتی که فنر در حین انجام این کار جمع شود جهت آن درست است در غیر این صورت جهت پیچش فنر اشتباه است و باید تعویض شود.

نکته: جهت پیچش فنر با جهت دور پمپ باید یکی باشد.

در شکل زیر جهت صحیح فنر برای شرایط مختلف نشان داده است.

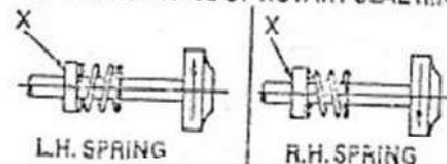


Looking at the lapped face of the rotary seal ring (marked X in the sketches on the reverse side of this label), clockwise shaft rotation requires a right hand spring, and anti-clockwise shaft rotation requires a left hand spring.

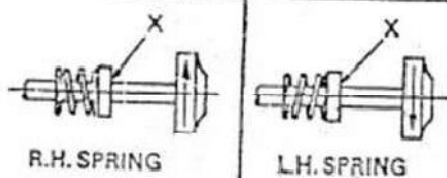
FLEXIBOX LIMITED

SOME TYPICAL EXAMPLES

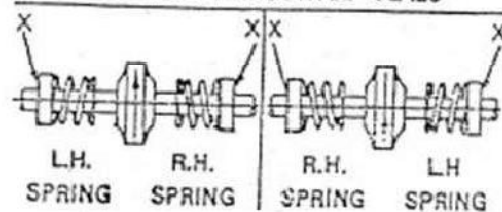
X = LAPPED FACE OF ROTARY SEAL RING



INTERNALLY MOUNTED SEALS



EXTERNALLY MOUNTED SEALS



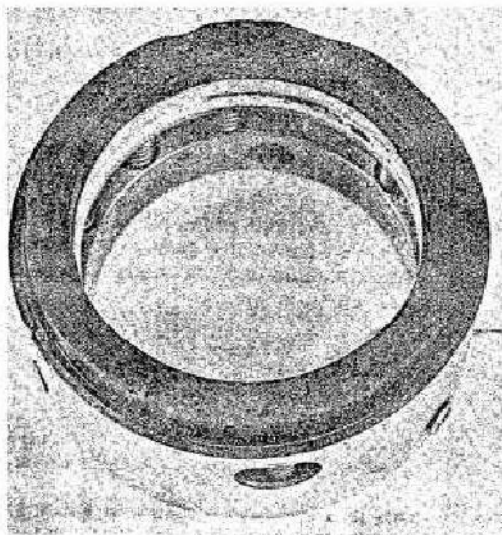
INTERNALLY MOUNTED SEALS

مکانیکال سیل های چند فنری Multi Springs Mechanical Seals

در این نوع طراحی از تعدادی فنر پیچشی کوچک استفاده می شود که خود نیز دارای مزایا و معایبی هستند که ذیلاً با آن اشاره می شود.

مزایای مکانیکال سیل های چند فنری:

- ۱- از لحاظ طولی کوچکترند و جای کمتری در دسترس باکس اشغال می کنند.
- ۲- از یک نوع فنر در مکانیکال سیل های مختلف می توان استفاده کرد.
- ۳- برای تغییر نیروی فنر با کم و زیاد کردن تعداد فنرهایم می توان نیروی فنری را تغییر داد.
- ۴- دایره نیروی گریز از مرکز روی آنها کمتر است و در دورهای بالایی می توان از آنها استفاده کرد.
- ۵- روی سطح سیل توزیع فشار یکنواختی ایجاد می کنند.
- ۶- مستعمل از دور شافت عمل می کنند.



معایب مکانیکال سیل های چند فنری

- ۱- به دلیل نازک بودن، فنر ها زودتر خورده می شوند.
- ۲- در اثر رسوبات زودتر از فنرهای تکی جام می شوند.
- ۳- خستگی روی آنها بیشتر اثر می کند.

اصول انتخاب آرایش های سطوح آب بندی

انتخاب آرایش سطوح آب بندی مکانیکال سیل ها در صنایع نفتی و پالایشگاه ها طبق استانداردهای نفتی آمریکا A.P.I است که علاوه بر مسائلی که قبلاً گفته شد از پارامترهای سرعت (سرعت خطی که حاصل ضریب تعداد دور در دقیقه پمپ در نصف قطر سطح مکانیکال سیل است) و فشاری که مکانیکال سیل در آن سرویس می دهد باید مدنظر قرار گیرد.

در جدول زیر ضریب اصطکاک آرایش های جنس های مختلف سطوح آب بندی آورده شده است.

ضریب اصطکاک آرایش های سطوح مواد مختلف آب بندی

Sliding materials		Coefficient of friction
Rotating	Stationary	
Carbon-graphite (resin filled)	Cast iron	0.07
	Ceramic	0.07
	Tungsten carbide	0.07
	Silicon carbide	0.02
	Silicon carbide converted carbon	0.015
Silicon carbide	Tungsten carbide	0.02
Silicon carbide converted carbon		0.05
Silicon carbide		0.02
Tungsten carbide		0.05

یکی از مهم ترین پارامترها در انتخاب سطوح آب بندی ضریب اصطکاک بین سطوح است که همانگونه که در جدول فوق مانده مانده می شود سیلیکون کارباید ها کمترین ضریب اصطکاک را دارند که با توجه به این موضوع و مزایای دیگری هم که دارند (و در بخش های بعدی به آنها اشاره می شود) در طی سال های گذشته بطور وسیعی در اغلب مکانیکال سیل های جدید مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول صفحه بعد مرجع مناسبی برای انتخاب انواع آرایش ها است:

موارد استفاده و محدودیت های کاربرد سطوح آب بندی بر اساس PV

Sliding materials		PV limit, $\frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \cdot \frac{\text{ft}}{\text{min}}$ (bar·m/s)	Comments
Rotating	Stationary		
Carbon-graphite	Ni-resist	100,000 (35.03)	Better thermal shock resistance than ceramic
	Ceramic (85% Al ₂ O ₃)	100,000 (35.03)	Poor thermal shock resistance and much better corrosion resistance than Ni-resist
	Ceramic (99% Al ₂ O ₃)	100,000 (35.03)	Better corrosion resistance than 85% Al ₂ O ₃ ceramic
	Tungsten carbide (6% Co)	500,000 (175.15)	With bronze-filled carbon-graphite, PV is up to 100,00 $\frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \cdot \frac{\text{ft}}{\text{min}}$ (35.03 bar·m/s)
	Tungsten carbide (6% Ni)	500,000 (175.15)	Ni binder for better corrosion resistance
	Silicon carbide converted carbon	500,000 (175.15)	Good wear resistance; thin layer of Si-C makes relapping questionable
	Silicon carbide (solid)	500,000 (175.15)	Better corrosion resistance than tungsten carbide but poorer thermal shock resistance
Carbon-graphite		50,000 (17.51)	Low PV, but very good against face blistering
Ceramic		10,000 (3.50)	Good service on sealing paint pigments
Tungsten carbide		120,000 (42.04)	PV is up to 185,000 $\frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \cdot \frac{\text{ft}}{\text{min}}$ (64.8 bar·m/s) with two grades that have different % of binder
Silicon carbide converted carbon		500,000 (175.15)	Excellent abrasion resistance; more economical than solid silicon carbide
Silicon carbide (solid)		500,000 (175.15)	Excellent abrasion resistance, good corrosion resistance, and moderate thermal shock resistance

مهمترین قسمت مکذیکال سبیل ها سطوح اب بندی اصلی آنهاست که نوع ازایش و جنس سطوح اب بندی باید بادقت زیادی انتخاب شود.

انتخاب جنس سطوح اب بندی

اصول انتخاب سطوح اب بندی بر اساس موارد زیر انجام می شود:

- ۱- مقاومت سایشی آنها خوب باشد (سختی سطح بالا)
- ۲- مقاومت شیمیائی و خوردگی بالا داشته باشند
- ۳- ضریب صطکاک پایینی داشته باشند
- ۴- ضریبانقال هدایت حرارتی آنها بالا باشد.
- ۵- در برابر شوک های حرارتی مقاومت لازم داشته باشند
- ۶- در برابر شوک های مکانیکی مقاومت لازم داشته باشند.
- ۸- قیمت پایین آنها پایین باشد.
- ۹- ضریب انبساط آنها پایین باشد.
- ۱۰- مدول الاستیسیته آنها بالا باشد.
- ۱۱- خاصیت خودرو نکاری سطح داشته باشند Dry Running.
- ۱۲- در برابر نیروهای کششی فشاری و برشی مقاومت بالگی داشته باشد

جنس سطوح آب بندی

ماتریال هایی که بطور عمومی برای سطوح اب بندی در مکانیکال سیل هامورد استفاده قرار شامل یک جنس سخت و یک جنس با مقاومت کمتر است که ذیلا به شرح انواع موادی که در ساخت سطوح اصلی مکانیکال سیل ها استفاده می شود و مزایا و معایب هر کدام از آنها پرداخته می شود:

- ۱- کربن Carbon- Graphite
- ۲- تفلون PTFE
- ۳ NI-RESIST
- ۴- اکسید آلومینیوم Aluminium Oxide
- ۵- Cemented Carbide (Hard Metals- Tungsten Carbide)
- ۶- سیلیکون کارباید Silicon Carbide

کربن Carbon- Graphite

اولین انتخاب برای کلیه مکانیکال سبیل ها کربن گرافیت است. کربن دارای دوفرم الماسی و گرافیتی است. گرافیت به شکل کریستالی یا بلور است و به دلیل دارا بودن لایه های مولکولی به ان خاصیت روانکاری می دهد

البته فرمول ساخت کربن گرافیت ها جز سرار کارخانه های سازنده است ولی روش ساخت نها به روش متالوژی پودر است که پودر های گرید های مختلف کربن همراه مواد فیلرات دیگر باهم مخصوص می شوند

و در قالب های مخصوص تا حدود هر از درجه سانتیگراد گرم می شود که در این درجه حرارت ذرات به هم جوش می خورند و به تک تبدیل می شوند که در این حالت کربن ساخته شده متخلخل و خیلی نرم است که در مرحله بعد با موادی که خاصیت سیالیت خوبی دارند اشباع می شود تا خواص مکانیکی آن بهبود یابد.

کربن های اشباع شده دارای انواع مختلفی می باشند:

۱- کربن اشباع شده بازرین

۲- کربن اشباع شده با فلز

۳- کربن گرافیت.

کربن اشباع شده بازرین طیف وسیعی از مقاومت شیمیایی را داراست و درای خواص سایشی بسیار خوبی است ولی در محیط هایی که اکسید کننده های قوی (مثل اسید سیتریک) وجود دارد مقاومت خوبی ندارند.

در کربن اشباع فلزی عمل اشباع با فلزانی نظیر آنتیمونی و باییت صورت می گیرد که خاصیت روغنکاری بهتری دارند. گریدهای نوع الکتروگرافیتی برای دماهای بالا مورد استفاده قرار می گیرند و دارای مقاومت شیمیایی بهتری نسبت به انواع قبلی می باشند ولی نسبتاً نرمند و استحکام آنها را ندارند. معمولاً کربن ۸۰ درصد کربن با ۲۰ درصد گرافیت را برای مکانیکال سیل ها استفاده می شود. روش ساخت کربن مورد نیاز برای شرایط درجه حرارت های بالا که با نام الکتروگرافیت ها معروفند به این صورت است که بوددهای کربن و دیگر فلزات را تا دمای ۲۵۰۰ درجه سانتیگراد گرم نموده و در قالب های مخصوص تحت فشار قرار می دهند.

مزایای استفاده از کربن گرافیت ها

۱- دارای خصلت خودروان کنندگی بسیار خوبی می باشند تحت شرایط خشک یا مرطوب با اصطکاک پایین کار می کنند.

۲- برای اکثر مواد شیمیایی و خوردنده مقاومت خوبی دارند.

۳- قابل تحمل برای رنج وسیعی از درجه حرارت تا ۲۵۰۰ درجه سانتیگراد و حتی تا ۴۵۰۰ درجه سانتیگراد برای انواع فلزی (کربن کربن و فلزات) و نمونه های الکتروگرافیتی آنها

۴- مقاومت بالایی در برابر تنش های فشاری دارند

۵- ارزش قیمتی اندک و به وفور در دسترس می شوند

۶- نیاز به دقت ساخت بالند دارند.

۷- توانایی از بین بردن نقش های هندسی صفحات اب بندی را دارند. (در اثر سایش)

۸- کربن قابلیت استفاده با رنج وسیعی از دیگر سطوح اب بندی است.

ولی کربن رنگ همعایی هم دارند که ذیلاً به شرح آن پرداخته می شود:

معایب کربن ها

۱- مقاومت آنها در مغایله با مواد ساینده با مایعات کریستال شونده کم است.

۲- تأثیرات بعضی مواد شیمیایی مثل خود کربن بر آن که ممکن است باعث ایجاد ترکیبات شیمیایی خطرناک شود.

- ۳- در فشارهای بالا تغییر شکل سطحی Distortion می دهند (البته نه مثل فلزات پاسرامیک ها)
- ۴- هرچند در برابر تنش های فشاری مقاومت در برابر تنش های کششی مقاومت آنها پایین است.
- ۵- براحتی آسیب می بینند و در حمل و نقل باید دقت زیادی شود
- ۶- ضریب هدایت حرارتی آنها پایین است (که باعث کاهش طول عمر آن می شود)
- ۷- در بعضی کاربردها پودرهای (ذرات) کربنی بامایع پمپ وارد واکنش های شیمیایی می شود

تفلون ها PTFE

تفلون ها دارای خصیت خودروان کنندگی بسیار خوبی هستند و به عنوان یکی از انتخاب ها برای سطوح آب بندی مورد استفاده قرار می گیرند اگرچه مقاومت آنها پایین است

مزایا و معایب تفلون ها

مزایای تفلون ها :

- ۱- خاصیت روان کنندگی خوبی دارند.
 - ۲- در مقابل اکثر مواد شیمیایی خنثی هستند که برای بهبود خواص مکانیکی آنها از الیاف مصنوعی فایبرگلاس و یا مواد خمیری مخصوص استفاده می شود ..
- معایب تفلون ها :

- ۱- مقاومت مکانیکی پایین است و تحت load، براحتی تغییر شکل می دهد و نسبت به کربن گرید آن پایین تر است و برای شرایط سخت قابل استفاده نیستند .
- ۲- علی رغم این که خاصیت خودروان کنندگی دارند ولی در اثر گرما تغییر شکل می دهند و باعث ایجاد نشی می شوند.
- ۳- برای مواردی که مواد ساییده (همراه با مواد جامد) همراه سیال است مناسب نیستند .
- ۴- ضریب هدایت حرارتی آنها پایین است.
- ۵- تقریباً گران قیمت اند.
- ۶- استفاده از آنها برای آب خالص مناسب نیست .

NI-RESIST

این فلز از خانواده الیاژ چدن های دارای نیکل و مواد دیگر است که خواص شیمیایی چدن را بهبود می بخشد

مزایا و معایب NI-RESIST

مزایای NI-RESIST

- مزایای استفاده از NI-RESIST
- ۱- ارزان قیمت بودن آنها
- ۲- قابلیت ماشینکاری راحت
- ۳- مقاومت نسبتاً خوب در برابر خوردگی
- ۴- دارا بودن ضریب هدایت حرارتی بالا

۵- خواص اصطکاکی خوب در حالت چرخش خشک Dry Running

معایب NI-RESIST

۱- مقاومت آن در برابر ضربه کمتر از چدن است (باعیانیت به مقاومت بودن آن نسبت به چدن)

۲- جانوجه به ارزانی آنها از لحاظ سایش طول عمرشان کمتر از مواد گران قیمت است.

STELLITE

این فلز جز الیافهای کربالت، کرم و وونگستن ها با سختی سطح بالا و مقاومت شیمیایی زیاد و ارزان قیمت است که می تواند بصورت پوشش (روکش) جوش شده یا قالبی روی سطوح استفاده شود.

مزایا و معایب STELLITE.

مزایای STELLITE به قرار زیر است:

۱- از مواد سخت و ارزان قیمت اند.

۲- مقاومت شیمیایی بالایی دارند و با پوشش آنها روی سطوح Base Metal باعث افزایش مقاومت آنها می شوند

۳- قابلیت تحمل درجه حرارت بالا را دارند و در آن درجه حرارت سختی خود را حفظ می کنند

۴- به عنوان یک فلز یوشش دهنده خوب (برای سطوح سخت) برای مکانیکال سیل های بزرگ قابل استفاده است.

۵- برخلاف مواد دیگر برای آب بندهای دانه بزرگ قابل استفاده می باشند.

ولی معایبی هم دارند که عبارتست از:

۱- در حالی که قیمت اولیه آنها نسبت به دیگر سطوح سخت ارزان است ولی طول عمر آنها از لحاظ سایش کمتر است.

۲- در مقایسه با دیگر سطوح آب بندی در معیاتی مثل آب یا بعضی حلال ها خاصیت روانکاری ندارند (سایش سایش)

۳- ضریب هدایت حرارتی آنها پایین است

۴- در حالت خشک Dry Running خوب عمل نمی کنند

که البته دارای گرید های متفاوتی می باشند و در مکانیکال سیل ها گرید های یک و شش آنها استفاده می شود و بیشتر اوقات در مکانیکال سیل ها همراه با کربن های نوع فلزی مورد استفاده قرار می گیرند.

سرامیک اکسید آلومینیوم Aluminium Oxide

اکسید آلومینیوم یا سرامیک ها جز اولین سطوح سخت است که در مکانیکال سیلها ئی که برای آب بندی مواد خیلی خورنده و اسیدها استفاده می شود..

مزایا و معایب اکسید آلومینیوم

مزایای اکسید آلومینیوم شامل:

۱- سرامیک ها از سطوح سخت ارزان قیمتند (بخصوص در سایزهای بزرگ)

۲- مقاومت بالایی در برابر ادر برابر سایش دارند.

۳- دارای مقاومت بسیار بالا در برابر مواد شیمیایی هستند (البته بسته به نوع کاربرد انتخاب شده).

۴- دارای بودن خواص چرخشی مناسب در آب و حلال ها همراه با سطح کربنی

۵- قابلیت استفاده در مایعات ساینده همراه با مواد جامد (مثل آب دریا).

معایب اکسیدالومینیوم شامل:

۱- پایین بودن ضریب هدایت حرارتی آنها.

۲- عدم مقاومت کافی در برابر شوک های مکانیکی و حرارتی

۳- عدم تحمل شرایط Dry Running

۴- تردی و شکنندگی بالای آنها که باعث صدمه دیدن آن در حین حمل و نقل و تراشکاری می شود.

سرامیک هبسته به در صدا استفاده از اکسیدالومینیوم در آنها در چندین نوع مختلف طبقه بندی می شوند. که

مقاوم ترین آنها در برابر مواد شیمیایی اکسیدالومینیوم ۵ / ۹۹ درصد است که در مکانیکال سیل ها استفاده می

شود که همراه با سطح کربنی یا قفلونی در مواد شیمیایی خیلی خورنده مثل اسیدها و بازها استفاده می شوند.

سرامیک کاربیدها و تنگستن کاربیدها (Cemented Carbide (Hard Metals-Tungsten Carbide)

تنگستن کاربیدها از یک باند کاربید سخت به همراه یک فلز نرم به عنوان نگه دارنده Binder ساخته می شوند و

نوع سمنتی آن از ترکیب ذرات سخت همراه با فلزات داکتیلی تشکیل شده است.

مزایا و معایب سرامیک کاربیدها و تنگستن کاربیدها

مزایای سرامیک کاربیدها و تنگستن کاربیدها

۱- در اکثر موارد دارای خاصیت ضد سایستی بالایی هستند.

۲- ضریب هدایت حرارتی آن بالا است.

۳- مدول الاستیسیته آنها بالا است که باعث تغییر شکل (Distorsion) کمتر آن در فشارهای بالا می شود (در

مقایسه با سطوح فلزی)

۴- مقاومت آن نسبت به دیگر مواد غیر فلزی در مقابل شوک های مکانیکی بالاتر است.

معایب سرامیک کاربیدها و تنگستن کاربیدها عبارتند از:

۱- مقاومت آنها در برابر مواد شیمیایی و سیدها محدود است.

۲- بالا بودن چگالی آنها High Density که باعث محدودیت استفاده آنها در دورهای بالا می شود.

۳- عدم امکان خشک چرخاندن Dry Running آنها

۴- گران قیمت هستند.

۵- شکننده اند.

گرمای کربال در مقابل PH بالاتر از ۷ محدودیت کاربرد دارند.

سیلیکون کاربید Silicon Carbide

در حال حاضر در اغلب مکانیکال سیل ها برای شرایط سخت و اسان از آنها استفاده می شود که در انتخاب

آنها باید دقت زیادی شود زیرا گرمای آنها در مقابل خواص متفاوتی هستند.

مزایا و معایب سیلیکون کاربایدها

مزایای سیلیکون کاربایدها شامل:

- ۱- مقاومت سایشی بالادرسرویس های مختلف
 - ۲- ضریب هدایت حرارتی بالا
 - ۳- مقاومت بالا در برابر شوک های حرارتی
 - ۴- مدول الاستیسیته بالا
 - ۵- بی اثر بودن اکثر مواد شیمیایی روی آن
 - ۶- سبک تر بودن آنها نسبت به تنگستن کرباید (Low Density)
 - ۷- ارزانه تر بودن نسبت به تنگستن کارباید
 - ۸- فراوانی آنها و در دسترس بودن آنها بصورت خام
 - ۹- ضریب انبساط حرارتی پایین
- محدودیت های کاربرد سیلیکون کاربایدها:
- ۱- سختی سطح آنها نسبت به تنگستن کرباید (بسته به نوع گرید آنها) کمتر است و در اثر مسائل مکانیکی زود آسیب می بینند.
 - ۲- مقاومت آنها در برابر تنش های کششی کمتر است.
 - ۳- مواد قلیایی جریعی از انواع آن تاثیر شیمیائی دارد.
 - ۴- نیاز به نفوذ در انتخاب انواع آرایش های آنها که با هم می چرخند. انتخاب اشتباه باعث تولید حرارت زیاد بین سطوح و تبخیر مبع و خرابی زودرس سطوح اب بندی می شود.
- سیلیکون کارباید ها دارای گرید های مختلفی می باشند که بعضی از آنها دارای سیلیکون های آزادند که دارای بهترین مقاومت مکانیکی هستند Sintered Alpha.

کدهای استاندارد مکانیکال سیل ها

با توجه به حساسیت و اهمیت کاری مکانیکال سیل ها و شناخت و استفاده راحت تر از آنها انجمن انستیتوی نفت آمریکا (A.P.I) برای هر مکانیکال سیل کداستنداردی تعریف می کند که مبین کلی ان مکانیکال سیل است. این کد شامل پنج حرف لفتین است که هر کدام مبین مطلبی راجع به ان مکانیکال سیل است که به توضیح ان می پردازیم:

۱-حرف اول از سمت چپ یکی از حروف لفتین U یا B است که حروف اول لغات Balance و Unbalance است که مبین بالانس بودن یا بالانس نبودن هیدرولیکی مکانیکال سیل است

۲-حرف دوم از سمت چپ که یکی از حروف S (Single) یا D (Double) است و مشخص کننده مکانیکال سیل تکی یا مکانیکال سیل دوتائی (دوبله) است.

۳-حرف سوم که شامل یکی از حروف A (Auxiliary Sealing Device) P (Plain) و یا T (Throttle Bushing) است که مبین وضعیت اب بندی انتهای سیل پلیت End Plate است .

لازم به توضیح است که در سیل پلیت های نوع Plain هیچ نوع اب بندی استفاده نشده است که این نوع از این برای مکانیکال سیل های با درجه حرارت پایین که نیازی به سیستم کوئینچ ندارند استفاده می شود و از Throttle Bushing ها در مکانیکال سیل هایی که از سیستم کوئینچ استفاده شده است مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین در مکانیکال سیل های نوع Stationary که سطوح اب بندی در قسمت داخلی استافین باکس قرار دارند و سیستم کوئینچ برای شستشوی داخلی قطعات باید فاصله بیشتری را طی کند (و نیاز به بخار با فشار و فلوی بیشتری است) از استافین باکس های تلنوپه که شامل پکینگ های گرافیتی با کلرنس بسیار پایین با شافت هستند و بصورت چند تایی استفاده می شود.

۴-حرف چهارم مبین نوع اب بندهای تلنوپه قسمت های مختلف مکانیکال است که شامل یکی از حروف E, F, G, H, X است که در جدول زیر توضیحات مربوط به ان داده شده است

۵- حرف پنجم که یکی از حروف J, K, L, M, X است مبین جنس سطوح اب بندی است که توضیح ان در جدول زیر آمده است:

حرف چهارم					
	E	F	G	H	X
Stationary Seal Ring Gasket:	Viton	Viton	Fluorocarbon	Buna N	As Specified
Seal Ring to Sleeve Gasket:	Fluorocarbon	Viton	Fluorocarbon	Buna N	As Specified
حرف پنجم					
	J	K	L	M	X
Seal Ring:	Carbon	Carbon	Carbon	Carbon	As Specified
Mating Seal Ring:	Stellite	Niresist	Tungsten Carbide-1	Tungsten Carbide-2	As Specified

مثال: مکانیکال سیل با کد استاندارد BSEI امکانیال سیلی است از نوع بالانس هیدرولیکی نوع نکی که در انتهای سیل پلیت ان از رول بوشینگ استفاده شده و گسکت قسمت ثابت مکانیکال سیل و اینون و همچنین گسکت رتوری و شفدت از نوع تفلون یا وسطوح اب بندی شامل کربن و تنگستن کرباید گرید یک است .

سیستم های حفاظتی مکانیکال سیل ها

برای افزایش طول عمر مکانیکال و بالا بردن ضریب ایمنی آنها بسته به نوع عملیات و شرایط عملیاتی از سیستم های حفاظتی استفاده می شود که به شرح ان پرداخته می شود.

۱- سیستم کوئینچ مکانیکال سیل ها

۲- سیستم های سیل فلش مکانیکال سیل ها

۱-۲- بالانس لجن

۲-۲- جوش محافظه اب بندی

۳- سیستم های سیال مانع در مکانیکال سیل های دوبله

۴- سیستم خنک کاری استافین باکس Jacket Cooling



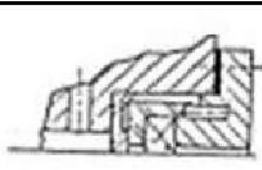
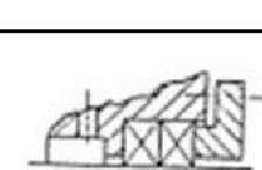
سیستم کوئینچ مکانیکال سیل ها

برای تمیز کاری نشنی های جزئی مکانیکال سیل ها که در اثر سرد شدن یا ترکیب شدن با هوا تولید کک یا کریستال می کنند و باعث تجمع آنها زیر و اطراف سطوح اب بندی می شود و باعث جام شدن اورینگ ها و همچنین جوش خوردن سطوح اب بندی (وقتی پمپ در سرویس نیست) و شکسته شدن آنها در حین راه اندازی پمپ می شود از سیستم کوئینچ که سیالی نظیر اب بخار اب یا یک گاز بی اثر (بسته به نوع مایع پمپ) برای شستشو و تمیز کاری بین قطعات استفاده می شود. که البته بسته به شرایط عملیاتی از این سیستم برای گرم کردن مکانیکال سیل برای جلوگیری از یخ زدگی (برای مایعاتی نظیر گاز مایع) و همچنین برای خنک کاری سطح ثابت اب بندی نیز مورد استفاده قرار می گیرد.

لازم به توضیح است در صورتی که مایع پمپ در اثر تماس با محیط بیرون و سرد شدن تولید کک و کریستال کند سیستم کوئینچ باید همیشه در سرویس باشد (چه پمپ در سرویس باشد و چه پمپ در سرویس نباشد).

فشار بخار در سیستم کوئینچ برای شرایط مختلف متفاوت است و باید به اندازه ای باشد که بتواند بین قسمتهای داخلی بوزها یا زیر اورینگ های دینامیکی نفوذ کرده و عملیات شستشو و تمیز کاری را به نحو مناسبی انجام دهد ولی در مکانیکال سیل های نوع دوار (که مجموعه فنری دوران می کند) که سطوح اب بندی نزدیک به انتهای محافظه اب بندی است نیاز به بخار با فشار چندین پوند بر اینچ مربع و در مکانیکال سیل های نوع ثابت Stationary که سطوح اب بندی در قسمت داخلی استافین باکس است و بخار باید فاصله بیشتری را طی کند نیاز به بخار با فشار بالاتری است. لازم به توضیح است که مسیر تخلیه Drain سیل پلیت نیز باید طوری طراحی شود که اولاً بتواند ناخالصی های شسته شده را براحتی از خود عبور دهد و در ثانی انقدر تنگ باشد که باعث تخلیه سریع فشار این ناحیه نشود که معمولاً فرار دادن از ریغیس با سایز مناسب می توان به ان رسید .

مسئله حائز اهمیت در این خصوص نشستی های بخاری است که سیستم کوئینچ در اثر وارد شدن به هوزینگ برینگ برای یانافان ها بوجود می آورد که برای مصلحت از آن استافین باکس های ثانویه در انتهای سیل پلیت استفاده می شود که انواع آن در جدول زیر آورده شده است.

شرح	موارد کاربرد
<p>تروتل پوشینگ</p> 	<p>موارد استفاده آن برای مسیرهای Vent و Drain روی گلند است و جنس آن باید طبق API ضد جرقه باشد</p>
<p>تروتل پوشینگ معلق</p> 	<p>موارد استفاده آن برای مسیرهای Vent و کوئینچ و Drain همراه با فنر روی گلند است و جنس آن باید طبق API ضد جرقه باشد و نیاز به فضای بیشتری دارد</p>
<p>بوش معلق</p> 	<p>موارد استفاده آن برای مسیرهای Vent و کوئینچ و Drain همراه با فنر روی گلند است و جنس آن از پکینگ نرم و هم اندازه قطر شافت است و برای چرخش خشک بسیار عالی است و نیازی به تنظیم ندارد</p>
<p>پکینگ رینگ</p> 	<p>موارد استفاده آن برای مسیرهای کوئینچ با فنر بالاتر روی گلند و در حین کانپاز به تنظیم دارد</p>

انواع سیستم های آب بندی مسیرهای Vent Drain Quench روی گلند مکانیکال سیل ها

سیستم های سیل فلش مکانیکال سیل ها

سیل فلش مایعی است که از خروجی پمپ یا از یک منبع مناسب که با مایع پمپ هم خوانی دارد (در صورتی که مایع پمپ دارای خاصیت روانکاری مناسبی نداشته باشند) در حین کار مکانیکال سیل با فشردن بالشتک از فشار محفظه آب بندی روی سطوح آب بندی تزریق می شود و وظایف زیر را انجام می دهد:

الف- خنک کردن سطوح آب بندی مکانیکال سیل (که در اثر اصطکاک چرخشی سطوح روی یکدیگر تولید گرما شده است).

ب- تمیز کردن اطراف سطوح آب بندی

ج- حرکت دادن و بیرون راندن مایع گرم شده بین سطوح آب بندی از محفظه آب بندی

د- تنظیم نمودن فشار محفظه آب بندی

که مورد آخر مورد بسیار مهمی است که بخصوص در مکانیکال سیل های پمپ های چند مرحله ای که برای پمپا مایعات گرمی که در شرایط نزدیک به بخار شدن کار می کنند حائز اهمیت است.

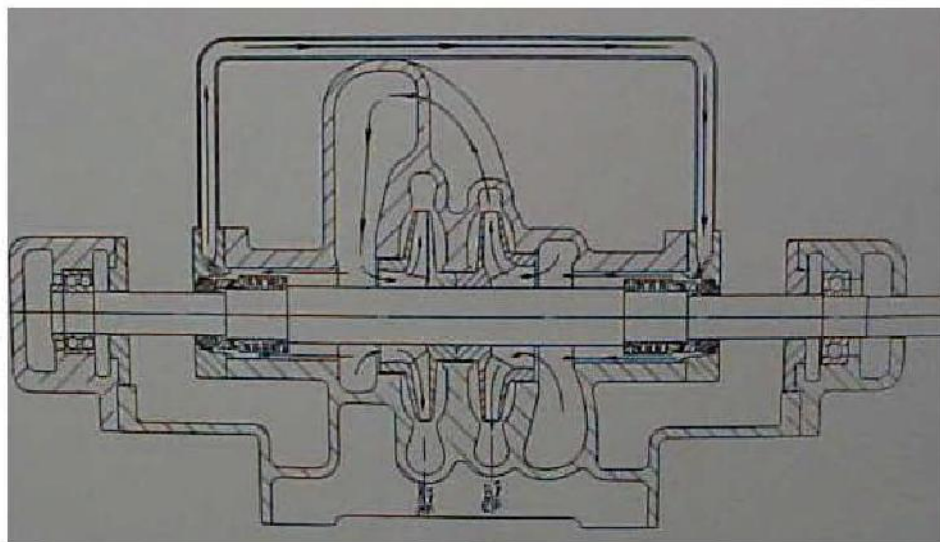
در پمپ های چند مرحله ای که با مایعات گرم کار می کنند (یا پمپ هایی که در شرایط خلا کار می کنند) مشکل مکانیکال سیل طرف ورودی ناشی از تبخیر شدن مایع در محفظه آب بندی در اثر کاهش فشار و بالا بودن درجه حرارت مایع داخل محفظه آب بندی است که باعث خشک چرخیدن سطوح آب بندی روی همدیگر می شود و نقش سیل فلش نیز بقی شده در محفظه آب بندی بالا بردن فشار محفظه آب بندی برای جلوگیری از تبخیر شدن مایع و همچنین بیرون زدن مایع گرم داخل استافین باکس از آن ناحیه به طرف داخل پمپ و خشک کردن سطوح آب بندی است که در اثر اصطکاک گرم شده اند.

در پمپ های چند مرحله ای مکانیکال سیل های طرف فشار دارای وضعیت بحرانی تری است چون اولاً در معرض فشار خروجی قرار دارد (به علاوه درجه حرارت بالا) و تزریق مایع سیل فلش نیز با مشکل بیشتری همراه است به همین دلیل باید تمهیدات خاصی در نظر گرفته شود تا بحث بالا بودن فشار محفظه آب بندی و خشک کاری و تزریق مایع سیل فلش بر اکتی انجام گردد. به این ترتیب در استافین باکس های طرف فشار از چند مکانیزم استفاده می شود که به شرح آن می پردازیم:

بالانس لاین Balance Line

بالانس لاین لوله رابطی است که یک طرف آن به استافین باکس و طرف دیگر آن به قسمت کم فشاری مثل ورودی پمپ متصل می شود و کار تخلیه محفظه آب بندی و پایین آوردن فشار محفظه آب بندی را انجام می دهد. که از طریق این لوله که قطران بین نیم تاپک اینچ است فشار محفظه آب بندی با فشار ورودی پمپ تقریباً متعادل می شود.

لازم به توضیح است که برای متعادل نگه داشتن و کنترل نمودن فشار داخل محفظه آب بندی در داخل مسیر بالانس لاین یک عدد اریفیس نصب می شود (با داخل محفظه آب بندی بصورت اریفیس ساخته می شود) تا مقدار مایع برگشتی را کنترل کند.



بوشن محفظه آب بندی Stuffing Box Bushing

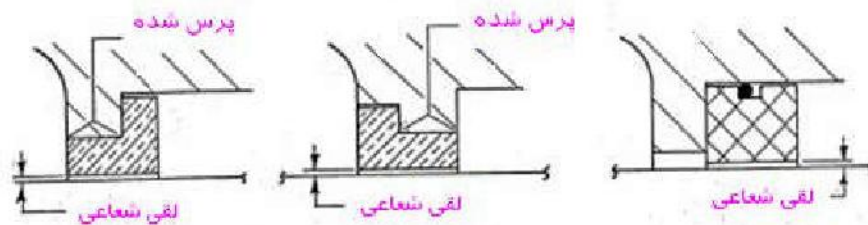
این بوشن هادرا نهایی محفظه آب بندی طرف فشار بالا و همچنین سمت فشار پایین نصب می شود و هم زمان چندین کار مختلف انجام می دهند:

۱- باعث شکسته شدن فشار بین پمپ و محفظه آب بندی (در سمت فشار بالا) می شود و از وارد شدن مایع گرم یا کثیف به محفظه آب بندی ممانعت می کنند و در صورتی که کلرینس آن از حد متعادل طراحی تجاوز نماید باعث وارد شدن بیشتر مایع گرم (که باعث گرم تر شدن محفظه آب بندی) و کثیف (که باعث نفوذ ذرات جامد به محفظه آب بندی و وارد شدن آنها بین سطوح و افزایش مسائل سلیشی و ...) می شود.

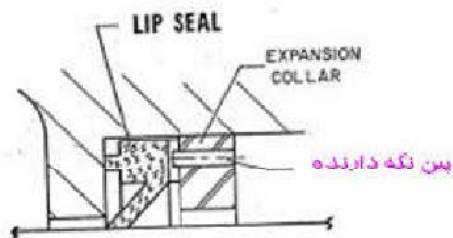
۲- فشار داخل محفظه آب بندی را نگه می دارند (در سمت فشار پایین) بخصوص در مواقعی که دمای مایع پمپ شونده بالاست و امکان تبخیر مایع در این محفظه وجود دارد که این کار با تزریق مایع سیل فلش داخل محفظه انجام می شود که علاوه بر روانکاری و خنک کردن سطوح آب بندی باعث افزایش جزئی فشار استافینگ باکس هم می شود.

در شکل های زیر انواع متداول بوشن های محفظه آب بندی نشان داده شده است.

تروتل بوشینگ های ثابت



اب بند غیر فلزی

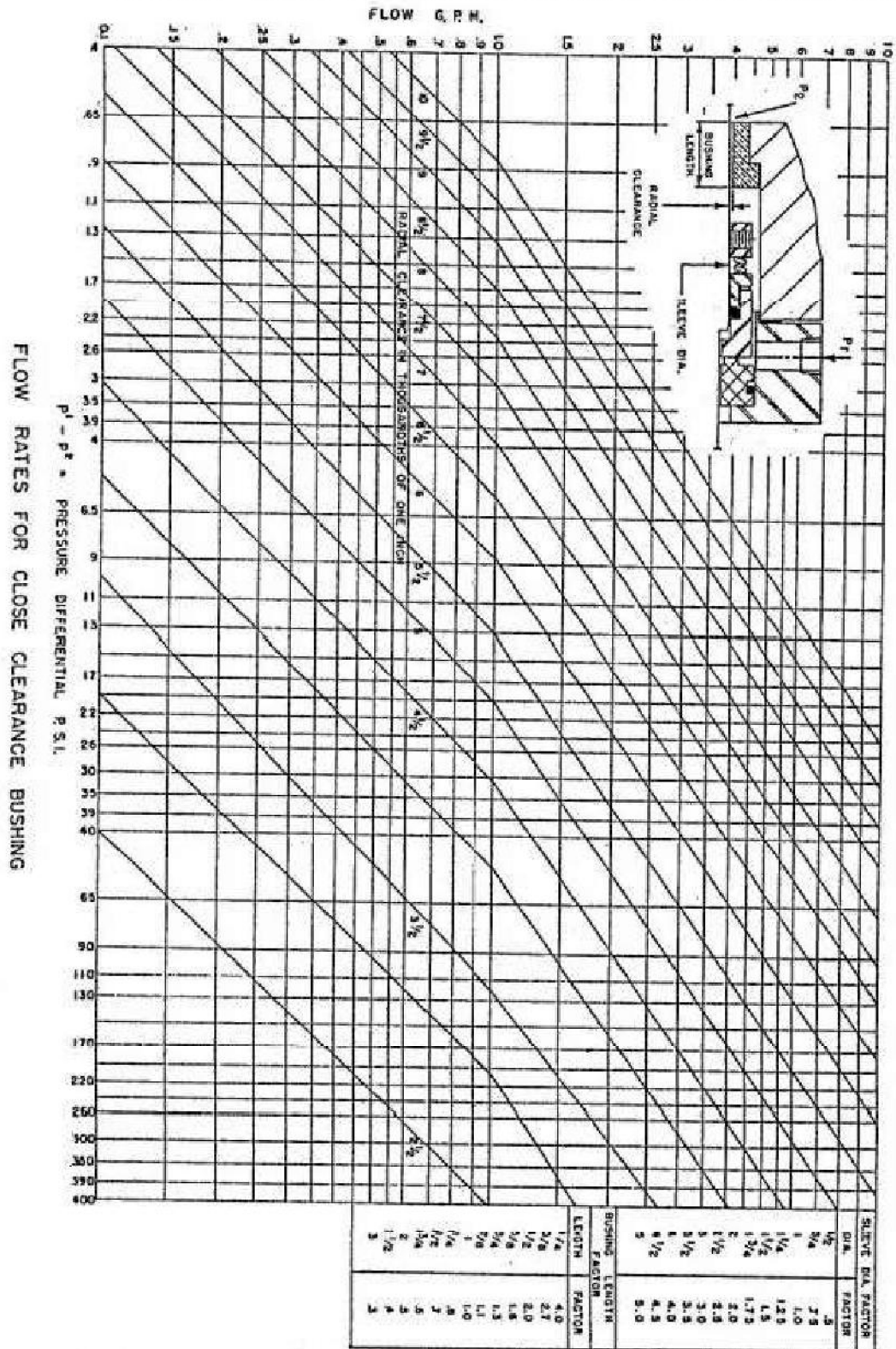


تروتل بوشینگ معلق



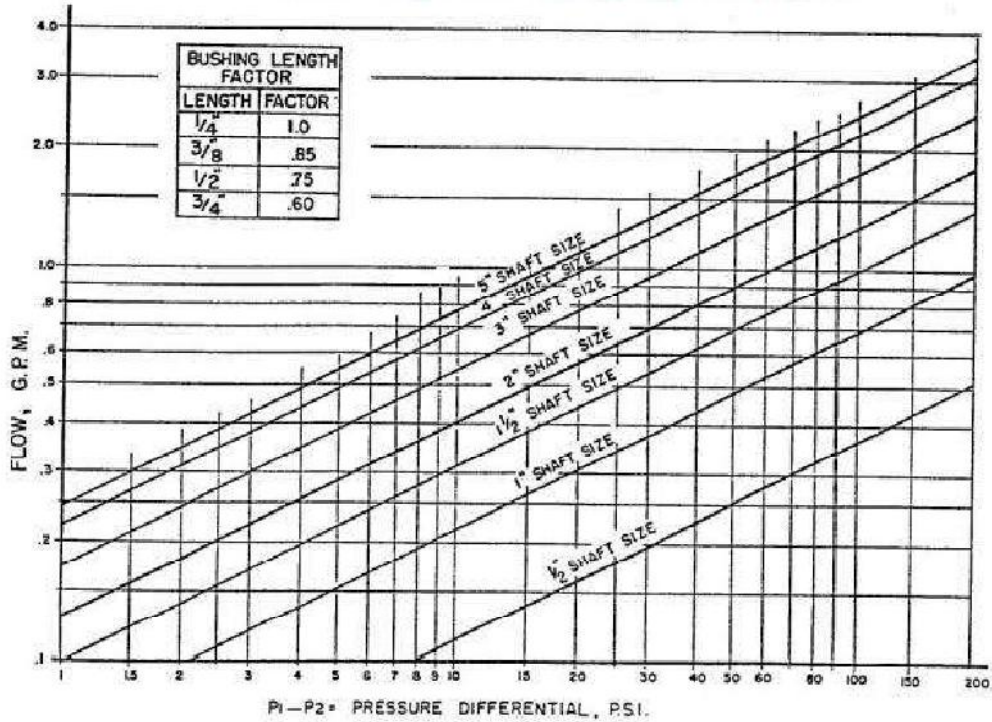
لازم به توضیح است که در پمپ های گرم یا در شرایطی که مایع پمپ سبک باشد در قسمت فوقانی این بوشن هایک سوراخ تعبیه می شود که علاوه بر این که کار هوایگیری این محفظه را انجام می دهد باعث می گردد بخارات ایجاد شده در آن در حرارت از این محفظه خارج شود و از خشک کار کردن سیل جلوگیری کند.

صحنی زیرمیزان مایعی که در آن اختلاف فشار بین دو طرف بوش های استافین باکس (داخل پمپ و مخزن) اب بندی (بر اساس میزان کلد ریس (لغی) های متفاوت از بوش عبور می کند) را نشان می دهد.



منحنی زیر بزرگترین عبوری از بوش های شناور با کلاس های مختلف و نحوه نصب آنها را نشان می دهند:

FLOATING BUSHING جریان خروجی از بوش های شناور



مثال - FLOATING BUSHING AS THROAT BUSHING

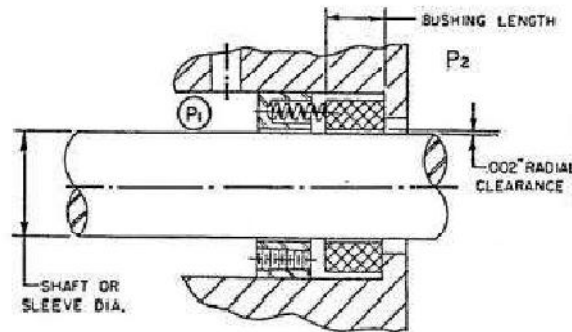
BOX PRESSURE - $P_2 = 25$ P.S.I.

FLUSHING FLUID PRESSURE - $P_1 = 50$ P.S.I.

SHAFT DIA = 2" BUSHING LENGTH = 1/2"

PRESSURE DIFFERENTIAL = $P_1 - P_2 = 50 - 25 = 25$ P.S.I.

FROM CHART FOR 25 P.S.I. AND 2" SHAFT DIA., FLOW IS 0.64 G.P.M., BUSHING LENGTH FACTOR FOR 1/2" BUSHING IS .75, FLOW = 0.64 G.P.M. X .75 = 0.48 G.P.M.

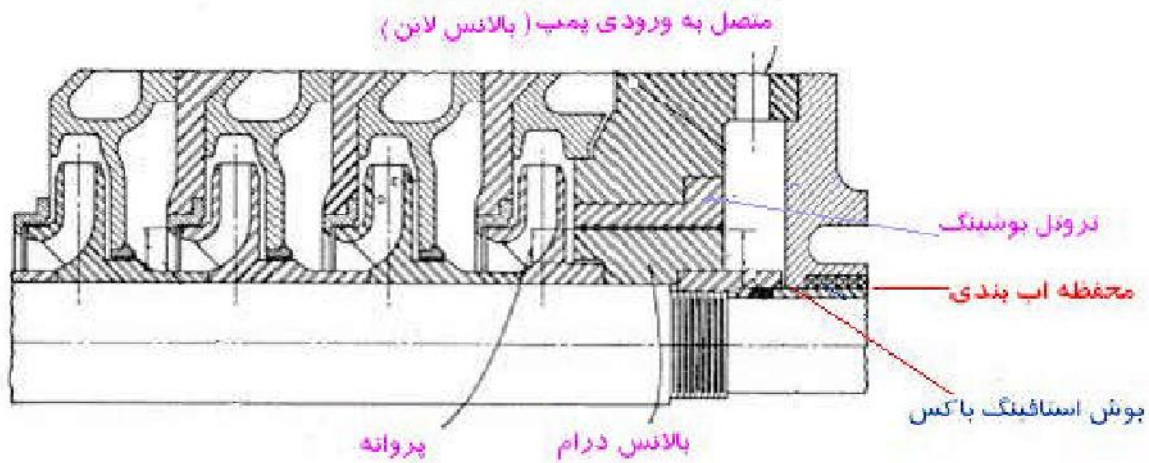


FLOATING BUSHING AS THROTTLE BUSHING

البته برای طول های دیگر بوش باید اعداد بدست آمده در ضرایب مربوطه که از جدول کناری بدست می آید ضرب شود

پوش گلوگاهی Throttle Bushing

پوش های گلوگاهی Throttle Or Neck Bushing معمولاً در سمیت فشار بالا نصب می شوند و وظیفه اصلی آنها شکستن فشار مایع بین مرحله آخر پمپ و محفظه آب بندی است به عبارت دیگر از خارج شدن مایع داخل پمپ بطرف استافینگ باکس که باعث بالا رفتن فشار محفظه آب بندی می شود جلوگیری می کنند. لازم به توضیح است که بالا رفتن فشار محفظه آب بندی علاوه بر این که سیل را در شرایط سخت قرار می دهد باعث عدم امکان تزییح سیل فلش در این ناحیه می گردد که این نیز باعث اختلال در سیستم خنک کاری و روانکاری سطوح آب بندی و کاهش سریع طول عمر مکانیکال سیل و ایجاد نشتی خواهد نمود.



همانطور که در شکل بالا مشاهده می شود مسیر بالانس لاین بین تروئیل پوشینگ و پوش محفظه آب بندی واقع شده است و باعث می گردد از یک طرف مایع خارج شده از سمیت فشار بالا که از زیر تروئیل پوشینگ در حال جریان است از طریق مسیر بالانس لاین مجدداً به قسمت ورودی پمپ منتقل شود و از طرف دیگر سیل فلش تزییح شده در داخل محفظه آب بندی که از زیر پوش استافینگ باکس خارج می شود به از طریق بالانس لاین به قسمت ورودی پمپ منتقل شود.

بیشترین مشکلات مربوط به نشتی مکانیکال سیل های طرف فشار بالایی پمپ ها مربوط به این قسمت می باشد که حتی با نصب مکانیکال سیل نو نیز مشکل نشتی حل نخواهد شد که به این اشاره می شود:

۱- زیاد شدن کلرنس پوش از حد مجاز استافینگ باکس (در اکثر مسائل سابقه) باعث خروج بیضتر مایع از داخل پمپ بطرف محفظه بالانس لاین و عدم امکان تخلیه آن از طریق بالانس لاین و نهایتاً بالا رفتن فشار این ناحیه و به دنبال آن بالا رفتن فشار محفظه آب بندی و عدم امکان تزییح سیل فلش و ... خواهد شد. که نتیجه آن عدم خنک کاری و گرم شدن محفظه آب بندی (در اکثر اوقات مانند مایع و تعبیر مایع و لظائل در سیستم روانکاری سطوح آب بندی و شروع سایبلی و جدائی سطوح آب بندی که باعث نشتی و کاهش شدید طول عمر مکانیکال سیل می شود.

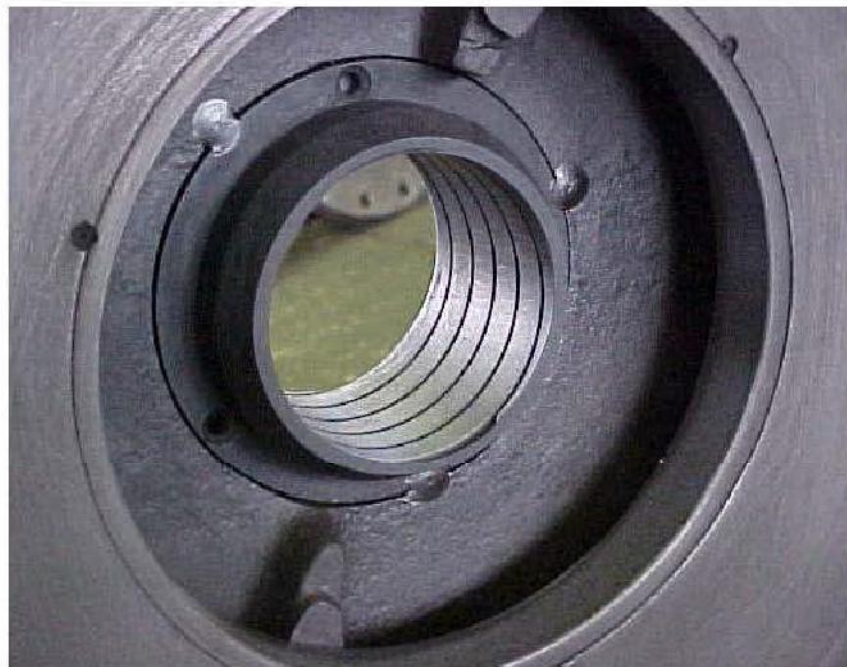
۲- گرفتگی مسیر بالانس لاین به دلیل تجمع رسوبات بالا رفتن فشار محفظه آب بندی می شود.

۳- اگر فشار محفظه آب بندی به هر دلیلی اعم از بیش از حد باز بودن مسیر بلانس لاین (نصب اریفیس نامناسب یا سایش اریفیس) یا تزیق نشدن (یا کمبود) مایع سیل فلش باعث کاهش فشار محفظه آب بندی و نهایتاً باز هم تبخیر مایع (در اثر کم شدن فشار) و همان مسائل قبلی می گردد. که باید هنگام تعمیر پمپ موارد به دقت بررسی و تنظیم شود. لازم به توضیح است در پمپ های حساس روی محفظه آب بندی حتماً باید یک عدد فشارسنج نصب شود و فشار آن (با تنظیم مقدار سیل فلش تزیقی) تحت کنترل قرار گیرد.

این بوش ها کترنس کمی با محور دارند و باید مثل رینگ های فرسایشی مراقبت های لازم را روی آنها انجام داد. بیشترین مشکل این تماس پیدا کردن آنها با محور است که باعث گرم شدن ناگهانی آنها در اثر تماس با محور و جام شدن و یا گنده شدن آنها می شود که برای ممانعت از تماس رینگ های فلزی با یکدیگر باید فاصله بین قطعات روانکاری شود که معمولاً مایع روان کننده همان مایع داخل پمپ است. در صورت خشک چرخیدن (راه اندازی پمپ خالی) باعث تماس فلز با فلز و ... خواهد شد.

جنس بوش ها بر اساس کلاس پمپ تعیین می شود و کترنس خیلی کمی با محور دارند و بر اساس شرایط عملیاتی مثل فشار درجه حرارت و جنس دارای ارتفاع (طول) مناسبی اند ولی غالباً از جنس های سخت انتخاب می شوند و هر چه طول آنها بیشتر باشد باعث ایجاد افت فشار بیشتری می شوند. و در بعضی از طراحی ها نیز برای جلوگیری از جنس شدن ذرات جامد بین بوش و محور (در پمپ هایی که مایع آنها کثیف است) در داخل آن شیارهای ملایمی تعبیه می کنند (در جهت مناسب) تا ذرات جامد در آن قرار گیرد و در جهت مناسب از محفظه آب بندی خارج شوند.

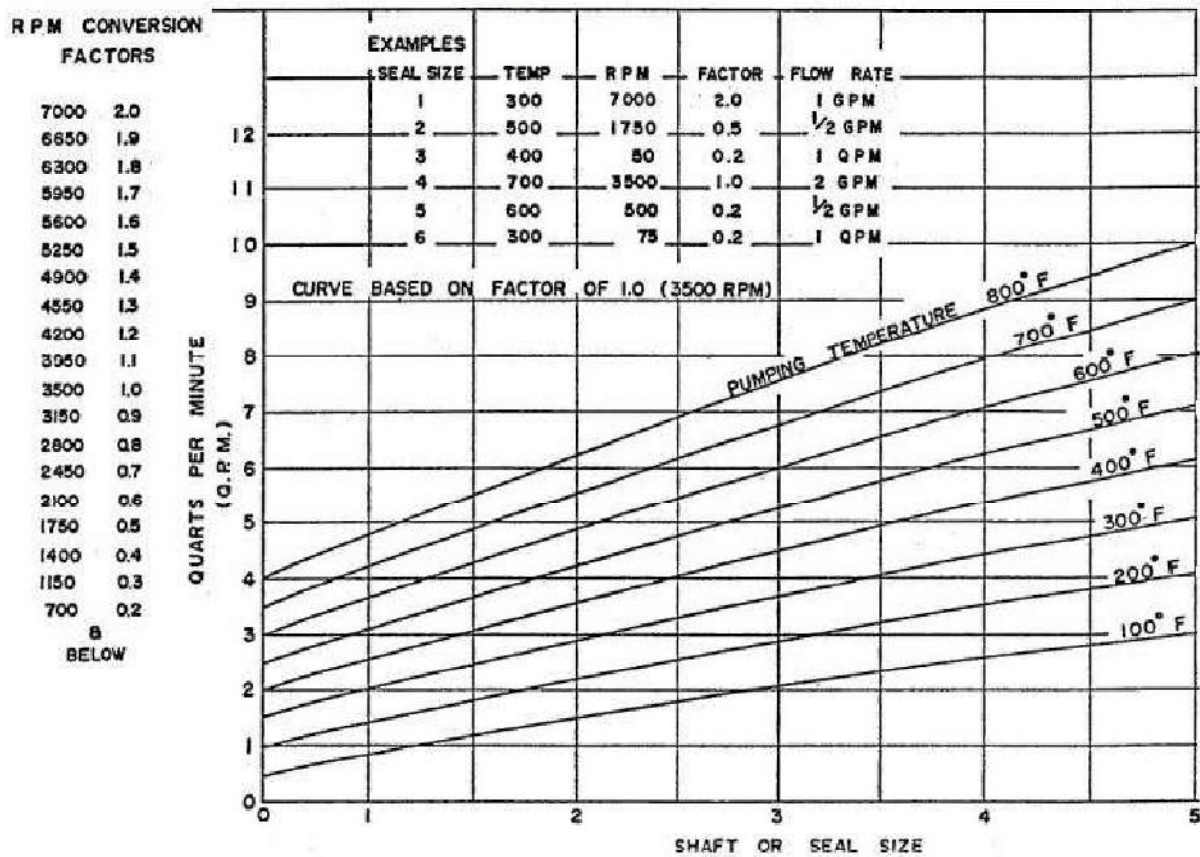
در شکل زیر بر شماتی از یک بوش استافینگ با کس شیاردار نشان داده شده است.



مقدار سیل فلش مورد نیاز سطوح اب بندی

مقدار سیل فلش مورد نیاز برای یک مکانیکال سیل باید به اندازه ای باشد که بتواند مقدار حرارت تولید شده در اثر حرکت چرخشی سطوح روی یکدیگر و همچنین مقدار مایعی که از طریق بوش استنلین باکس وارد محفظه اب بندی می شود را بتواند خنک کند که کمبود مایع سیل فلش باعث افزایش دمای تدریجی محفظه اب بندی تبخیر مایع داخل استنلین باکس و می شود .
 منحنی های زیر مقدار مایع سیل فلش مورد نیاز مکانیکال سیل را بر حسب دور محور و قطر سیل و درجه حرارت مایع پمپ شونده را ارائه می کند.

مقدار سیل فلش مورد نیاز مکانیکال سیل ها



لازم به توضیح است که این جدول مربوط به کارخانه مکانیکال سیل سازی DURA SEAL است و برای مکانیکال سیل های دیگر نیز باید از منحنی های مربوطه استفاده کرد.

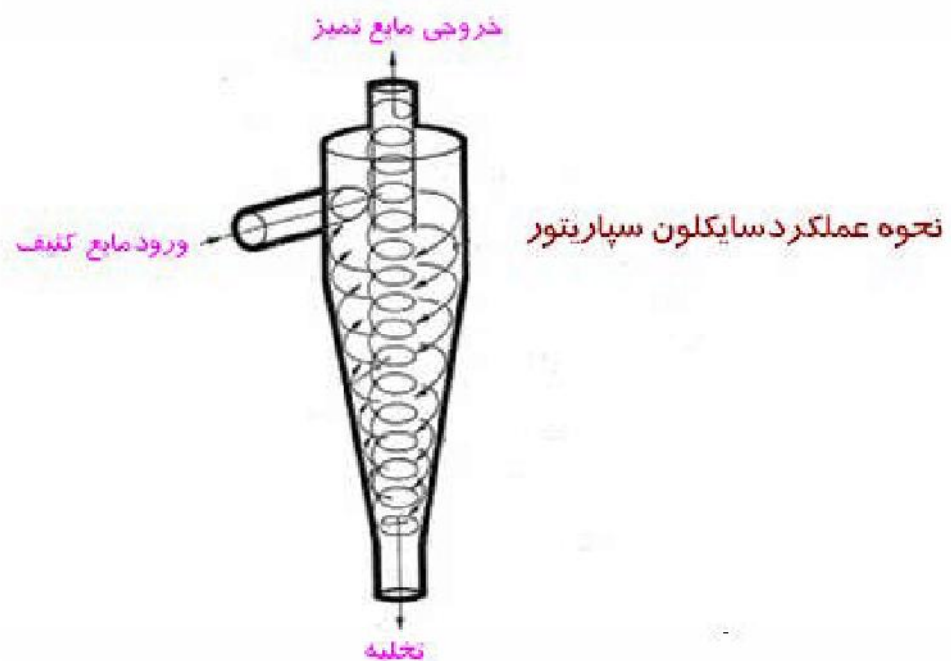
سیستم های تمیز کننده سیل فلش

مایع سیل فلشی که برای خنک کاری سطوح اب بندی روی آنها تزریق می شود باید علاوه بر خنک بودن (که در داخل کولرهای مربوط به سیل فلش خنک می شوند) تمیز نیز باشد و هیچ گونه ذرات و ناخالصی خارجی نداشته باشند در غیر این صورت ای نوع ذرات بین سطوح اب بند قرار می گیرند و باعث سایش شدید سطوح

اب بندی می شوند که برای رفع ای مشکل درموالعی که سبیل فلش از منبع بهرون پمپ تامین می گردد با قراردادن صافی با مش سبیل مناسب مشکل مرتفع می گردد.

در صورتی که مایع سبیل فلش از خروجی پمپ گرفتگی شود معمولاً با قراردادن یک Cyclon Separator در مسیر این مشکل مرتفع می شود.

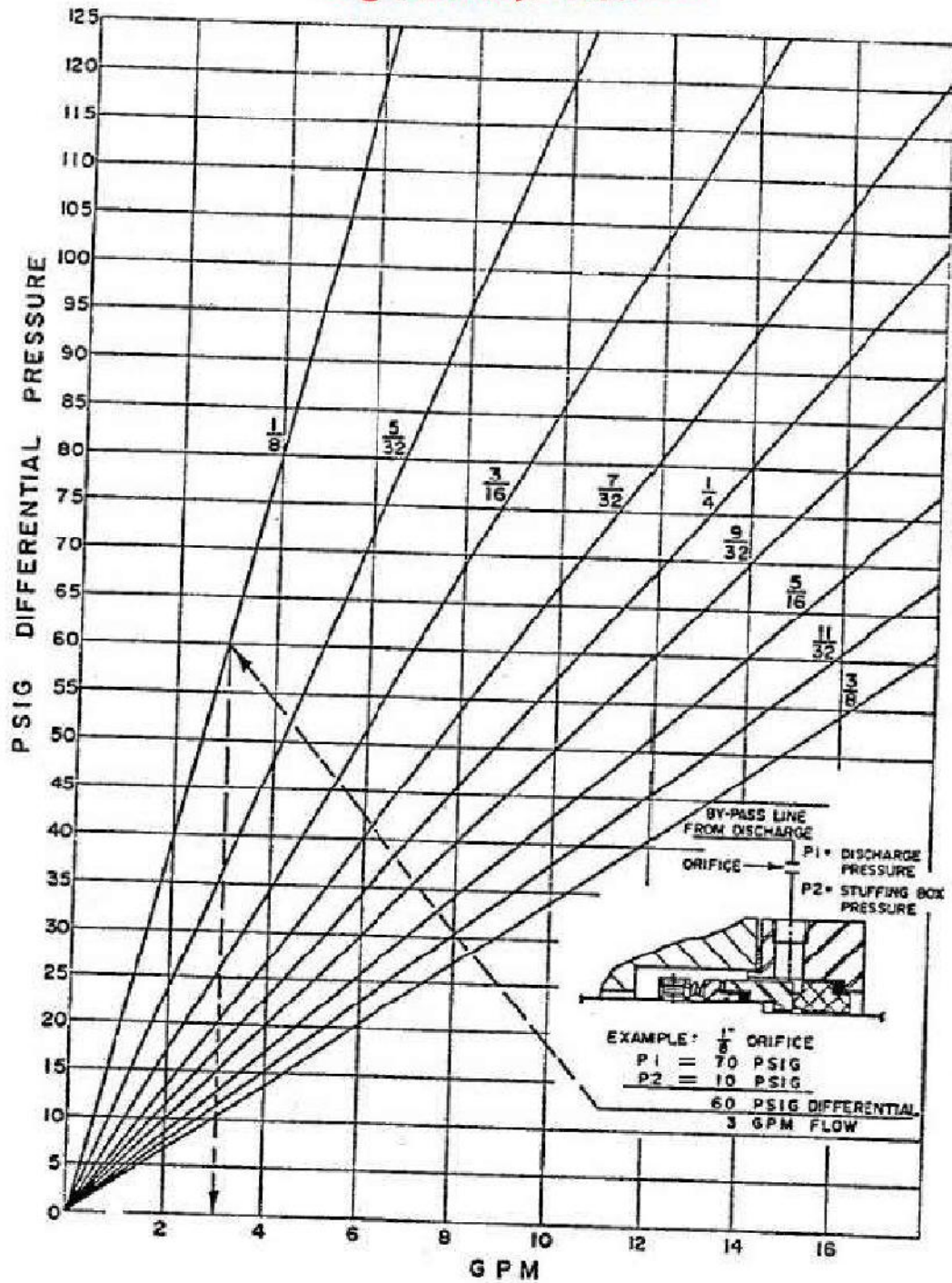
اصول کار ساینکون سپاریتور در شکل زیر نشان داده شده است به دلیل اختلاف فشاری که بین ورودی (که از این خروجی پمپ به طرف بدنه آن وارد می شود) و خروجی (قسمت تحتانی آن که به قسمت ورودی پمپ متصل می شود) آن وجود سیال داخل ساینکون سرعت می گیرد و به واسطه شکل مخروطی داخل ساینکون شروع به چرخش می کند و به توسط نیروی گریز از مرکز ناشی از چرخش ذرات و مایعات سنگین تر به طرف دیواره های اطراف پرتاب می شوند و ذرات به روی و زرشان به سمت پایین حرکت می کنند و از آنجا خارج شده و به سمت ورودی پمپ مکنده می شوند و مایعات سبک نیز به دلیل اختلاف دانسیته ای که با مواد سنگین دارند به سمت بالا حرکت می کنند و از قسمت فوقانی ساینکون وارد محفظه استافین باکس می شوند.



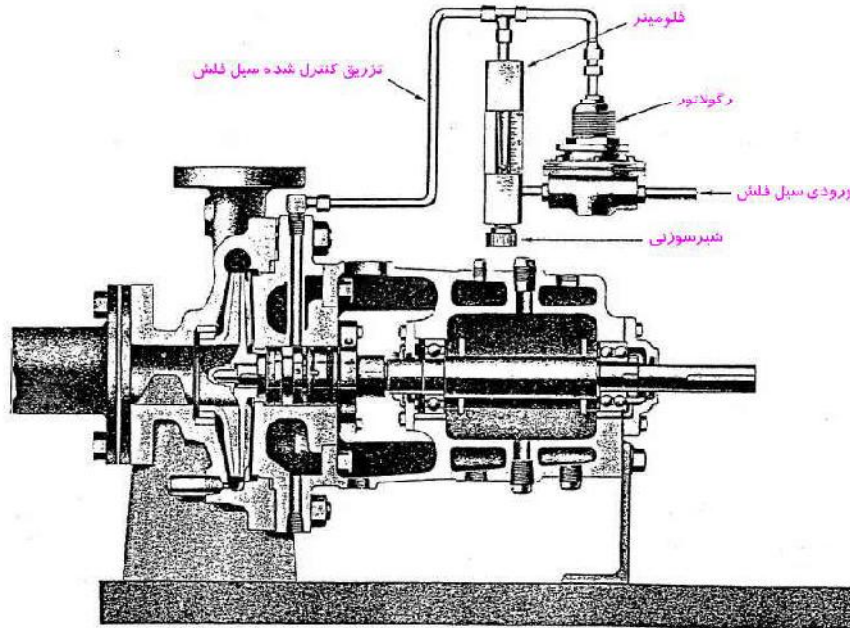
لازم به ذکر است که با قراردادن این پمپ های مناسب در مسیرهای ورودی و خروجی ساینکون فلوی مورد نیاز برای ساینکون و همچنین مکانیکال سیل بدست می آید.

در محلی های فوق میزان فلوی عبوری در اثر اختلاف فشار بین طرفین این پمپ ها داده شده است که می توان از آن برای طراحی این پمپ مورد نیاز ساینکون سپاریتورها استفاده کرد.

مقدار جریان عبوری از اریفیس ها



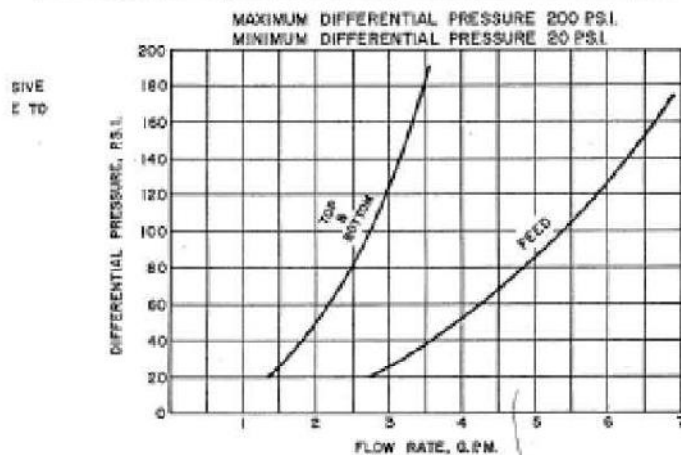
همچنین روی بعضی از پمپ ها نیز در مسیر مایع سیل فلش فلومتر نصب می شود تا فلوی پتیمم مورد نیاز مکانیکال سیل تامین شود چون فلوی کم مایع سیل فلش باعث بالا رفتن درجه حرارت سطوح آب بندی می شود و فلوی زیاد هم از لحاظ اقتصادی در درازمدت باعث افزایش هزینه ها می شود که در صفحه بعدیک نمونه از آن نشان داده شده است.



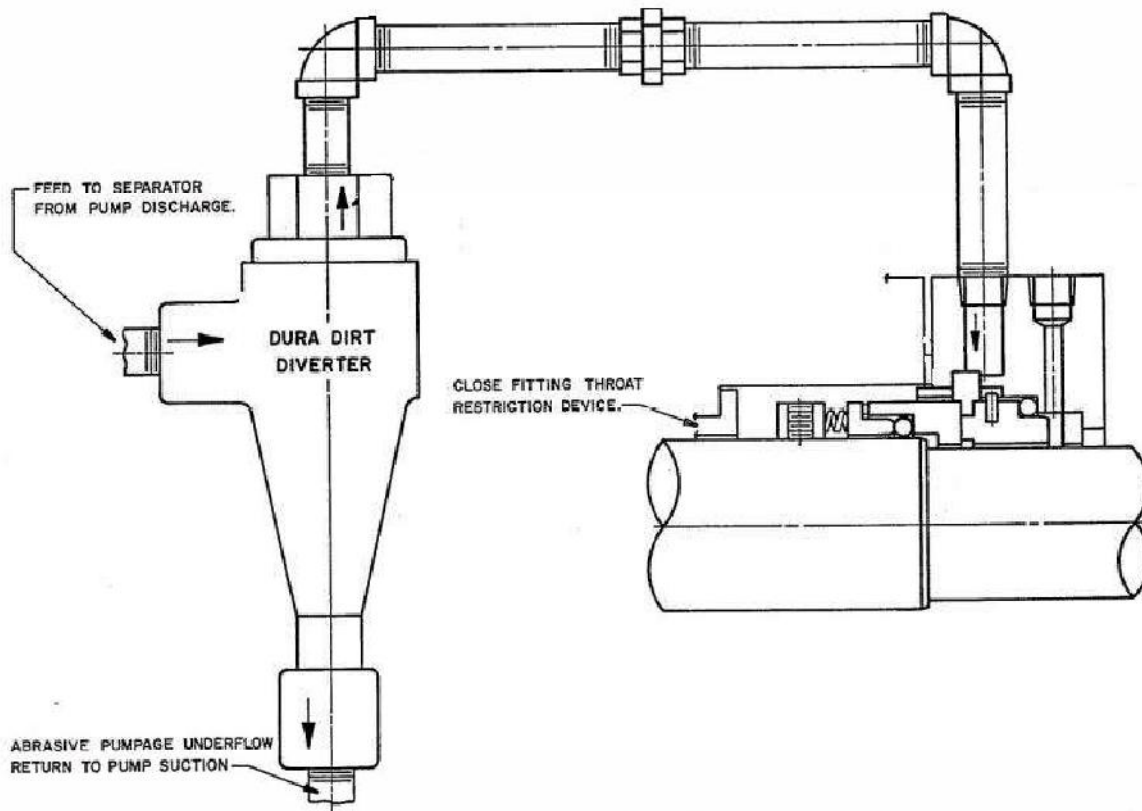
میزان فیلتراسیون سایکلون سپاریتورها بستگی مستقیم به اختلاف فشار بین ورودی و خروجی سایکلون دارد و هر مقدار اعیان وارد شده و اختلاف فشار به سایکلون کمتر باشد عمل جدایی بهتر انجام می شود. که در جدول و منحنی های زیر که از طریق آزمایش بدست آمده این موضوع نشان داده شده است:

SEPARATION EFFICIENCY TESTS *

MICRON SIZE	DIFFERENTIAL PRESS. P.S.I.	BOTTOM SOLIDS C.C.	TOP SOLIDS C.C.	TOTAL SOLIDS C.C.	% SOLIDS BOTTOM	% SOLIDS TOP	SAMPLE SIZE G.C.	% CONCENTRATION
2.5	200	8.485	0	8.485	100.00	0	1000	.85
2.5	150	8.346	.018	8.364	99.78	.22	1000	.84
2.5	100	7.981	.115	8.096	98.58	1.42	1000	.81
2.5	50	7.700	.206	7.906	97.40	2.60	1000	.79
2.5	20	7.632	.333	7.965	95.82	4.18	1000	.80
5.0	200	3.598	.023	3.621	99.36	.64	1000	.36
5.0	150	3.333	.065	3.398	98.08	1.92	1000	.34
5.0	100	2.967	.147	3.114	95.28	4.72	1000	.31
5.0	50	2.917	.273	3.190	91.44	8.56	1000	.32
5.0	20	2.599	.364	2.973	87.10	12.90	1000	.30
2.5	200	3.137	.060	3.197	98.12	1.88	1000	.32
2.5	150	2.967	.118	3.085	96.24	3.76	1000	.31
2.5	100	2.918	.192	3.110	93.82	6.18	1000	.31
2.5	50	2.587	.309	2.896	89.32	10.68	1000	.29
2.5	20	2.357	.374	2.731	86.30	13.70	1000	.27



بطور مثال وقتی اختلاف فشار بین ورودی و خروجی سایکلون 20psi باشد ذرات تا سایز 2.5 میکرون جدا می شوند و همینطور که ملاحظه می شود حدود 86.3% ذرات از قسمت پایین سایکلون خارج می شود و 13.7% آن از بالا و این درحلی است که بیشترین حجم مایع از قسمت بالای سایکلون خارج می شود.



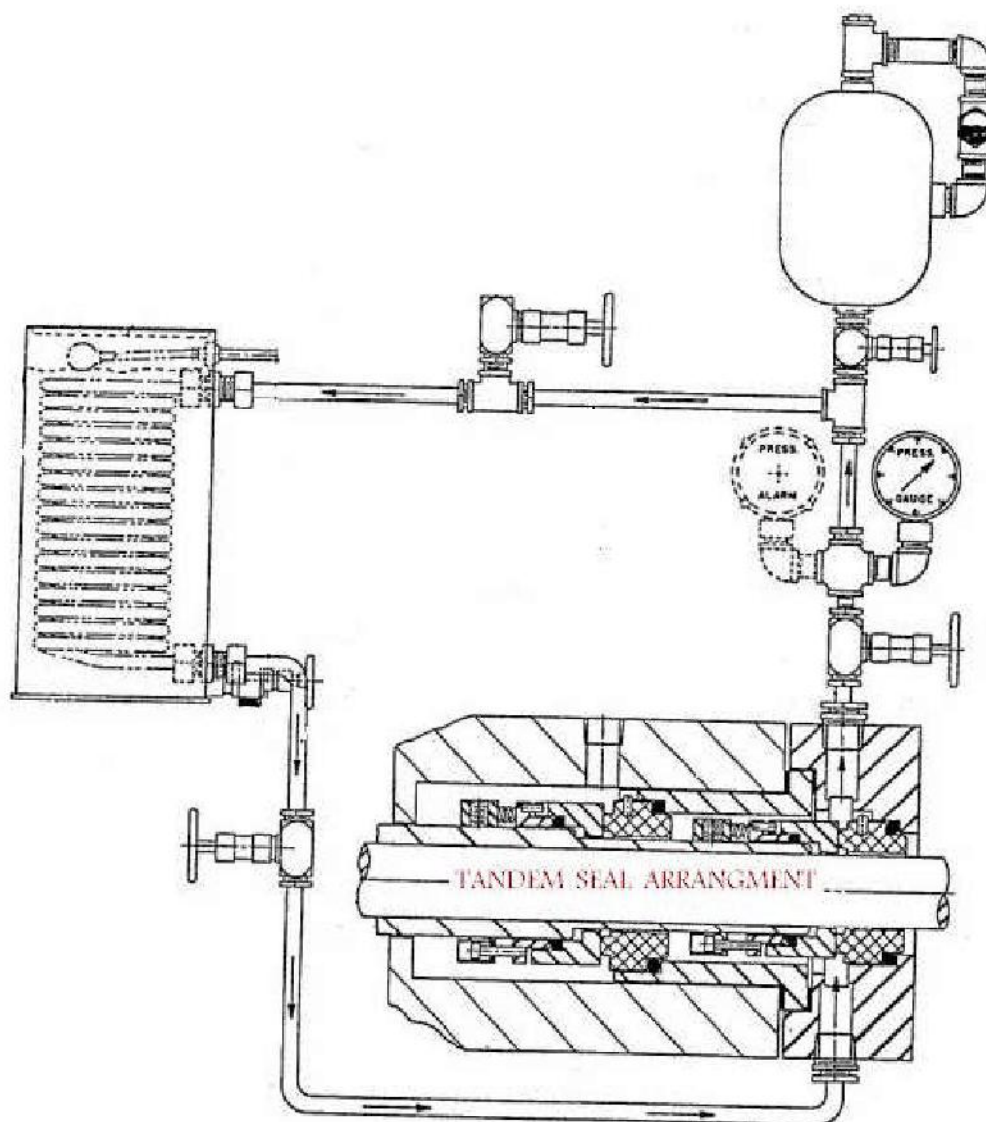
سیستم های سیال مانع در مکانیکال سیل های دوبله

همانطور که قبلا نیز توضیح داده شد مکانیکال سیل های دوبله در شرایطی استفاده می شود که مایع پمپ شونده خیلی گران قیمت سمی و سرطان زا باشد یا مایع پمپ شونده خیلی خوردنده یا دارای ذرات جامد باشد و خاصیت روانکاری نداشته باشد که در اینگونه موارد مایع مورد استفاده برای روانکاری بین سطوح از منبع دیگری نلین می شود و وارد محفظه آب بندی شده و کاربرد روانکاری بین سطوح را انجام می دهد لازم به توضیح است که با توجه به اینکه همواره نشستی جزئی سیل پات به طرف داخل پمپ و یا بالعکس وجود دارد مایع سیل پات باید با مایع پمپ از لحاظ شیمیایی و..... تاثیرات نامناسبی روی هم نداشته باشند.

سیستم های سیل پات از قسمت های زیر تشکیل شده است:

۱- پمپ Pumping Ring که برای حرکت دادن مایع سیل پات که در اثر چرخش سطوح آب بندی گرم شده است به داخل کولر های مخصوص استفاده می شود. این پمپ ها معمولا بصورت رینگ ملایم مانند است که روی شافت یا سیلیو پیچ می شود و با دور محور می چرخد و مایع داخل محفظه آب بندی را بطرف ورودی کولر های سیل فلش حرکت می دهد که معمولا هد آن نیز بسیار پایین است.

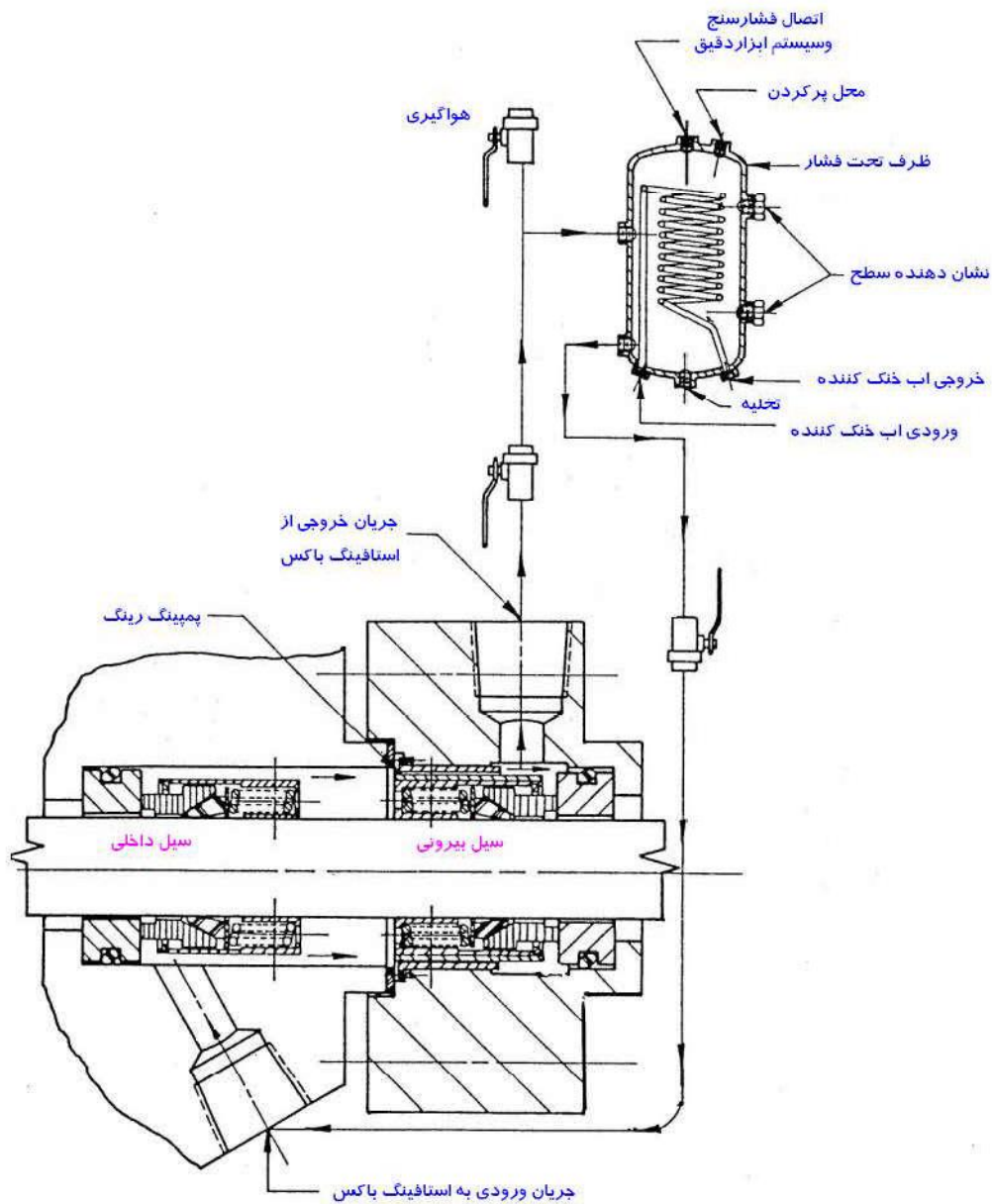
۲- کولرهای سیل پات برای خنک کردن مایع سیل پات که در محفظه آب بندی حرارت تولید شده را جذب کرده اند مورد استفاده قرار می گیرند که بسته به سلیقه طراح بشرایط نصب از کولرهای هوایی (لوله های پره دار) که با محیط اطراف تبادل حرارت می کنند یا کولرهای آبی که حرارت مایع سیل پات را به آب منتقل می کنند استفاده می شود



۳- سیستم های تامین فشار برای تامین کردن فشار مایع سیل پات بسته به نوع طراحی از دو سیستم استفاده می شود:

الف- استفاده از مخزن Seal Pot که در ارتفاع کمی بالاتر از محور پمپ نصب می گردد و در قسمت بالای آن با یک گازی اثر مثل ارت و..... شارژ می شود و با تنظیم زگولشور روی آن روی فشار مورد نظر تنظیم می شود و وظیفه Pumping Ring فقط به حرکت در آوردن مایع سیل پات است (نه تولید فشار) و هد آن در حد چند پوند بر اینچ مربع است.

لازم به توضیح است که بانصب Sight Glass روی دیواره سیل پانسطح مایع داخل آن قابل مشاهده است که در صورتی که سطح مایع تغییر کند (بسته به این که فشار سیال مایع کمتر یا بیشتر از فشار محفظه آب بندی باشد) مبین خرابی مکانیکال سیل است که اگر سیال مایع بیرون پمپ نریخته باشد مبین خرابی مکانیکال سیل داخلی پمپ است. همچنین روی پمپ های بزرگ نیز با نصب سیستم های ابزار دقیق اندازه گیری سطح مایع ارتفاع مایع اندازه گیری می شود و در صورتی که سطح مایع تغییر کرده باشد باعث تحریک سیستم های الارم و Shut Down دستگاه می شود.



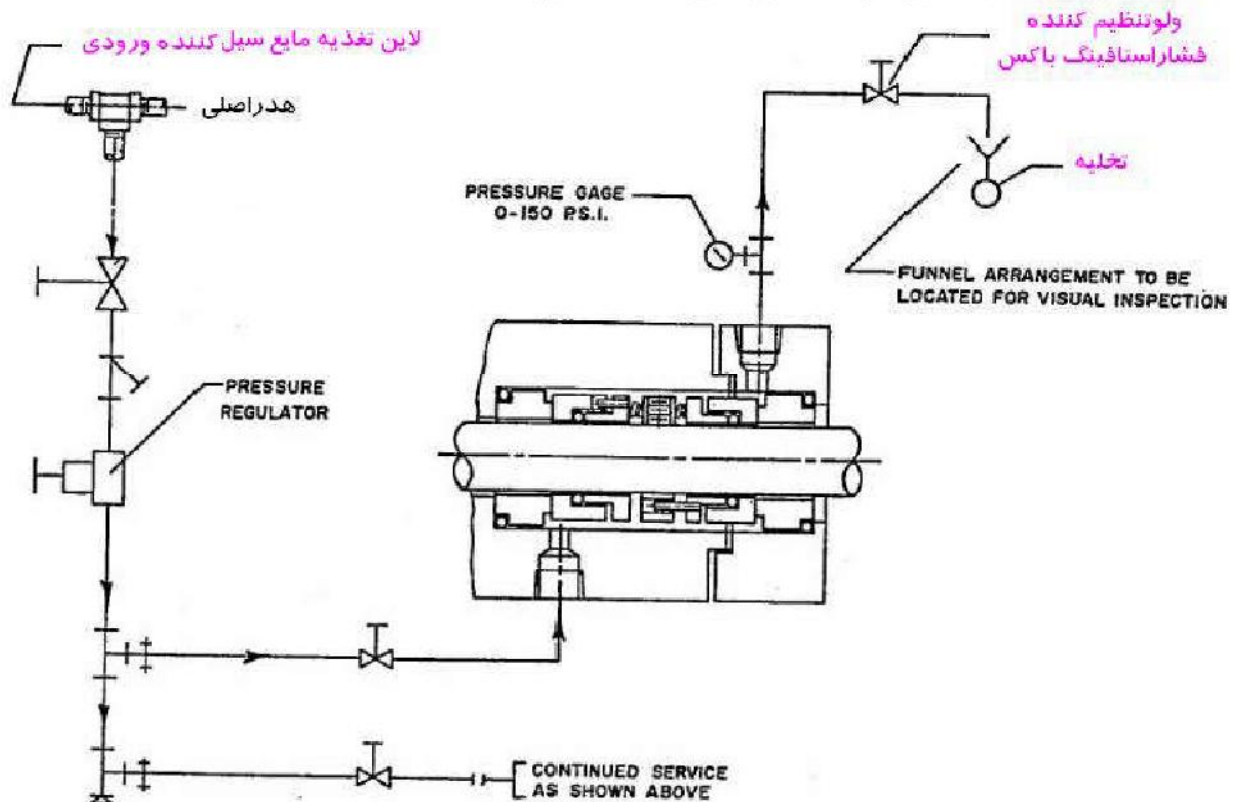
ب- استفاده از پمپ ویاسیستم مرکزی که این روش برای مجتمع هایی که دارای تعداد زیادی پمپ با مکانیکال سیل دوبله استفاده شده است (مثل واحدهای فود فورال کارخانجات روغن سازی) کاربرد دارد که سیستم از یک

پمپ اصلی و پدک و فیلترها و رطوبت گیرها تشکیل شده که روغن با فشار بالا از طریق سیستم لوله کشی روی کلبه مکانیکال سیل ها منتقل می شود .



۴- سیستم های حفاظتی مورد استفاده سیستم هایی هستند که بسته به نوع ارایش مکانیکال سیل های دوبله تغییرات حجم محفظه اب بندی را اندازه گیری می کنند و در صورت تغییر باعث تحریک سیستم الارم می شود که در مکانیکال سیل هایی که از سیل پات استفاده می کنند با اندازه گیری سطح مایع در تانک سیل پات و تنظیمات مربوطه وضعیت مکانیکال سیل مشخص می شود و در مکانیکال سیل هایی که مجهز به سیستم مرکزی فشار روغن هستند با نصب فلومترهای حساس در مسیر ورودی روغن به محفظه اب بندی میزبان

فلوی عبور کرده (که در اثر نشتی بوجود آمده) اندازه گیری می شود و در صورتی که از حد متعارف بیشتر باشد سیستم آلارم تحریک می شود که مبین نشتی مکانیکال سیل است .

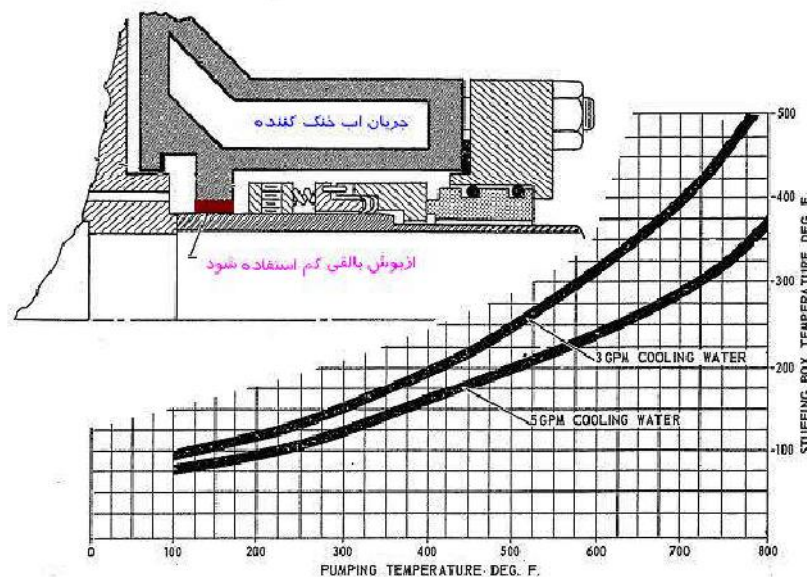


البته برای پمپ هایی که بصورت **Between Bearing** اند (برینگ دو طرفه) تشخیص خرابی مکانیکال سیل طرف داخلی یا خارجی کمی مشکل تر است که اگر مکانیکال سیل های بیرونی دو طرف سالم باشند روشن تشخیص به این صورت است که وقتی پمپ از سرویس خارج است مسیر مایع به طرف یکی از مکانیکال سیل ها بسته می شود که اگر پس از مدتی نشتی سیال مانع وجود نداشت مشخص می شود مکانیکال سیل طرف دیگر خراب است و اگر سیستم حفاظتی اندازه گیری نشتی ای را نشان داد مبین این است که همان مکانیکال سیل معیوب بوده است .

سیستم خنک کاری استافین باکس Stuffing Box Jacket Cooling

برای پایین آوردن درجه حرارت کاری مکانیکال سیل هایی که در پمپ های با درجه حرارت بالا کار می کنند علاوه بر تزریق سیل فلش خنک که با فشار و فلوی مناسب روی سطوح آب بندی تزریق می شود از سیستم فوق نیز استفاده می شود و حرارت محوطه اطراف محفظه آب بندی توسط آب گردش کولینگ جذب و خارج می شود و باعث افزایش طول عمر مکانیکال سیل می شود.

لازم به توضیح است که مکانیکال سیل باید طوری طراحی شود که بتواند در درجه حرارت کامل پمپ کار آب بندی را انجام دهد و با قطع مایع سیل فلش یا از کار افتادن سیستم کولینگ از کار نیفتد. ولی در عمل با اضافه نمودن سیستم های کولینگ، سیل فلش خنک، پوشش های استافین باکس، بالانس لین و شرایط مناسبی برای استافینگ باکس و مکانیکال سیل بوجود می آورند تا مکانیکال سیل در دما و فشار کمتری نسبت به مایع پمپ کار کند.



استافینگ باکس با سیستم آب خنک کننده

تجهیزات لازم برای سیل کردن مایعات گسیب

- ۱- استفاده از مایع سیل فلش پاک و تمیز به میزان کافی (ترجیها از منبعی خارج از پمپ) برای بیرون راندن و ممانعت از وارد شدن مایع گسیب به داخل محفظه آب بندی.
- ۲- استفاده نکردن از مکانیکال سیل های نوع Multispring
- ۳- اجتناب از به کار بردن اورینگ های تفلونی زیر رتوری.
- ۴- استفاده از رینگ های ثابتی که به صورت Self Aligning عمل می کنند.
- ۵- دقت زیاد در Alignment.
- ۶- استفاده از Neck Bush در انتهای استافین باکس و نصب Lip Seal مناسب و یا Restrictor Bushing های تفلونی با کلرنس پایین در انتهای آن.