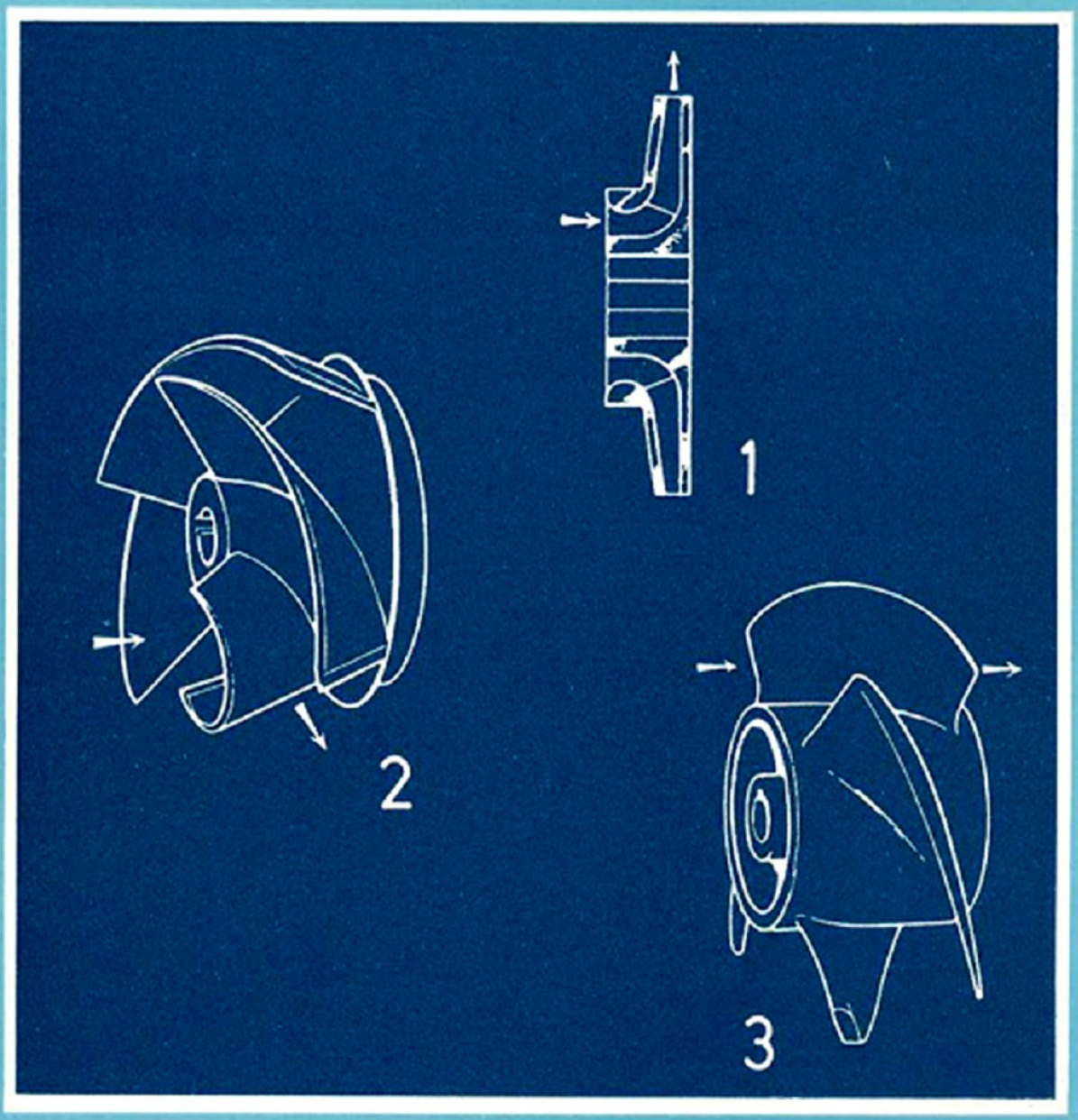
پمپ ۱۴



پمپیران «شرکت سهامی خاص»

نشریه فنی و آموزشی شرکت صنایع پمپ سازی ایران

آبان ۷۰

پمپ ۱۴

پمپیران «شرکت سهامی خاص»
نشریه فنی و آموزشی شرکت صنایع
پمپ سازی ایران
آبان ۷۰

نشریه پمپ
نشریهٔ فنی و آموزشی شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران
هئت تحریریه: گروه مهندسین و متخصصین شرکت صنایع پمپ سازی ایران
مدیر مسئول: مهندس میربیوک احقاقی

نشانی نشریه:
تبریز: قراملک مجتمع ماشین‌سازی تبریز - صندوق پستی ۱۳۵ - ۵۱۸ شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران دفتر فنی،
تلفن: ۹ - ٤٨٠٥٦
تهران: خیابان ولیصر، نبش میرداماد، برج های‌اسکان، برج، ب، طبقه ت،
تلفن: ٤٢٧٨٩٤٣

بسمه تعالیٰ

شرایط درج مقاله در نشریه پمپ

۱ - مطالب مقاله باید فنی، صنعتی وعلمی بوده و به طریقی با طراحی، تولید ویا کاربرد پمپ مربوط باشد.
۲ - مقاله ارسالی قبلاً در هیچ نشریه داخلی چاپ نشده باشد.
۳ - مطالب ارسال حتی‌المقدور بایستی ماشین شده باشند.
٤ - عنوان مقاله با در نظر گرفتن فواصل بین کلمات از دو سطر تجاوز ننماید.
۵ - چکیدهٔ مقاله نباید از حدود یک صفحه A٤ تجاوز نماید و بایستی حاوی نکات اصلی و نتایج مقاله باشد بطوریکه بتوان آن را جداگانه چاپ نمود.
٦ - در پایان مقاله لازم است که نتایج وفهرست و منابع مورد استفاده ذکر گردد.
ضمناً چون مسئولیت صحت مطالب مقاله بعهدهٔ نویسندهٔ آن است، لذا هر گونه تغییر و ویرایش در متن مقاله جهت تائید نویسنده قبل از چاپ ارسال خواهد شد.
* در صورت هر گونه تغییر در نشان مسئولین اشترک را در جریان امر قرار دهید.
* برای دریافت مستمر نشریه پمپ علاقمندان می‌توانند با پُر کردن فرم زیر و ارسال آن به نشانی نشریه جزء مشرکین در آمده و آن را در یافت دارند.

بسمه تعالیٰ

اینجانب ..... شغل ونوع فعالیت اداری وعلمی ..... بنشانی
(لطفاً آدرس کامل و دقیق قید شود) .....مایل
به اشتراک نشریه پمپ می‌باشم و رسید بانکی پرداخت مبلغ ۱٦۰۰ ریال حق اشتراک یکساله را:
در تبریز بحساب شماره ۵۰۰۵ بانک ملّت شعبه مرکزی
..... بضمیمه ارسال می‌نمایم، فقاضا دارم
از شمارهٔ ..... ، نشریه پمپ، بنشانی فوق ارسال گردد.

امضا

فهرست مطالب

عنوان	نویسنده	صفحه
۱ - NPSH و طراحی ورودی پمپ‌ها	مهدی موسوی اکبرزاده	۵
۲ - خوردگی و نیروگاههای و ایستگاههای پمپاژ	مهندس کریم حسن پورمقدم	۱۳
۳ - انتقال و فراوری مواد غذایی	مهندس سید بهزاد مبین	۱۹
٤ - کاربرد مواد کربنی گرافیتی بعنوان یاتاقان	مهندس جوادحسین پورفیض	۳۱
۵ - گزارشی پیرامون امکان تولید چدنهای مقاوم به سایش Norihard	مهندس ناصر ناصرآبادی	٤۷

شرح روی جلد

معمولاً پمپها را بر اساس نحوه حرکت سیال در داخل پروانه نسبت به محور پمپ طبقه بندی می‌نمایند که در این رابطه پمپ با جریان شعاعی (پروانهٔ شماره ۱) و پمپ با جریان مختلط (پروانهٔ شماره ۲) و پمپ با جریان محوری (پروانهٔ شماره ۳) را میتوان نام برد .

لازم به توضیح است که در جریان شعاعی امتداد خروج سیال عمود بر محور پمپ بوده و در پمپ محوری امتداد خروج سیال موازی محور پمپ بوده و در پمپ مختلط امتداد خروج سیال دارای مؤلفهٔ هم در امتداد محور پمپ و هم عمود برآن میباشد .

NPSH و طراحی ورودی پمپ‌ها

مهدی موسوی اکبرزاده

مقدمه

N. P. S. H (Net positive suction Head)

N. P. S. H مطلب مهمی جهت قضاوت در شرایط مکش پمپ است آگاهی از N. p. S. H ما را قادر می‌سازد تا از کار پمپ بدون بوجود آمدن کاویتاسیون مطمئن شویم مجله‌ای که نامیده شده (N. P. S. H در پمپ‌های گریز از مرکز) اطلاعات دقیق در مورد اندازه گیری، محاسبه و مفهوم این مطلب می‌دهد. این مجله در سال 1974 بوسیلهٔ VDMA چاپ شده است توضیحات کافی در استاندارد DIN 24260 (پمپ‌های گریز از مرکز و ایستگاههای پمپاژ) و ISO 2548 (پمپ‌های گریز از مرکز) داده شده است در استاندارد DIN 24260، از Retaining P. H نام برده شده است که بطور فیزیکی مفهوم آن با NPSH یکی است. ممکن است اختلاف عددی بین Retainig P. H و NPSH وجود داشته باشد. ولی امروزه در عمل از NPSH استفاده می‌شود.

اینک مطالبی در مورد NPSH و طراحی ورودی پمپ:

با توجه به شکل ۱ می‌توان نوشت:

NPSH = فشار اتمسفریک - MSLA

که در آن MSLA حداکثر ارتفاع مکش قابل حصول از پمپ تحت شرایط دینامیکی می‌باشد.

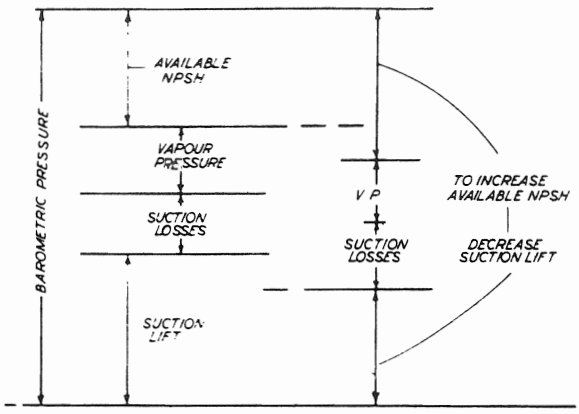


Fig 2

این مطلب اینرا میرساند که تحت هر شرایط، با در نظر گرفتن فشار اتمسفریک واقعی، ارتفاع استاتیکی و افتهای دینامیکی همواره بایستی فشار مطلق در ورود به پمپ بیشتر از فشار بخار مایع باشد. در غیر اینصورت مایع به بخار تبدیل شده و کاویتاسیون در پمپ ایجاد خواهد شد.

با مقدار داده شده NPSH برای یک پمپ با کم نمودن مجموع ارتفاعات اصطکاک و فشار بخار از ارتفاع تئوریکی مکش، ارتفاع مکش قابل حصول بدست می آید.

NPSH مورد نیاز

NPSH مورد نیاز یک پمپ با ساختمان و مخصوصاً در پمپ‌های رتودینامیک با سرعت و دبی تغییر می کند. در پمپ‌های رفت و برگشتی NPSH حداقل مقدار و در پمپ‌های جریان محوری حداکثر مقدار خود را دارا می‌باشد.

هرچه NPSH قابل حصول کاهش یابد ظرفیت نیز کاهش می‌یابد. بنابراین در شرایط کارکرد مشخص هر چه ارتفاع مکش مورد نیاز زیادتر باشد ظرفیت یک پمپ کمتر خواهد بود. ارتفاعات مکش بیش از حد یا NPSH ناکافی معمولاً باعث کاویتاسیون خواهد شد. این حالت (کاهش زیاد در NSPH) می‌تواند در اثر افزایش دمای سیال که باعث بالا رفتن فشار بخار می‌شود بوجود آید.

به علت طبیعت ضربه‌ای جریان در پمپ‌های رفت و برگشتی، دقت زیادی در طراحی سیستم ورودی پمپ لازم می‌باشد. اگر NPSH کافی ایجاد نگردد بایستی یک پمپ تقویتی در نزدیکی مخزن نصب شود تا حداکثر NPSH را ایجاد کرده و اثر ضربه‌ای پمپ را نیز کاهش دهد.

در جائیکه پمپ، ورودی خود را از یک مخزن بسته تأمین می کند بجای فشار اتمسفر یک فشار مخزن را قرار می‌دهند. در واقع NSPH بیانگر ارتفاع فشاری است که بجای راندن دبی مشخصی از یک سیال در طول لوله‌های مکش و ورود به پمپ مور دنیاز می‌باشد.

ارتفاع مکش عملی

حداکثر ارتفاع مکشی که از یک پمپ بدست می آید بستگی به NPSH و نیز شرایط مکش دارد.
جدول زیر مشخصات ارتفاع مکش انواع پمپ را جمع‌بندی کرده است.

TABLE I – SUCTION CHARACTERISTICS OF PUMPS

PUMP TYPE	MAXIMUM SUCTION LIFT		LIKELY PRACTICAL MAXIMUM SUCTION LIFT		REMARKS
	Feet	Metres	Feet	Metres	
Centrifugal, small	–	–	–	–	Not self-priming – usually worked with flooded suction
Centrifugal, single-stage	27	8.25	20	6.0	Not self-priming
Centrifugal, two-stage	27	8.25	15	4.5	Not self-priming
Centrifugal, multi-stage	27	8.25	15	4.5	Not self-priming
Centrifugal self-priming	27	8.25	15	4.5	
Centrifugal regenerative	27	8.25	15	4.5	Self-priming
Centrifugal mixed flow	15	4.50	5–10	1.5–3	Not self-priming
Centrifugal axial flow	–	–	–	–	Not self-priming – usually operated on low head or flooded suction
Borehole immersible	–	–	Nil	Nil	Flooded suction
Borehole submersible	–	–	Nil	Nil	Flooded suction
Reciprocating direct-acting	27	8.25	22	6.7	Self-priming
Reciprocating plunger	27	8.25	22	6.7	Self-priming
Reciprocating piston	27	8.25	22	6.7	Self-priming
Radial piston	27	8.25	22	6.7	Self-priming
Gear	–	–	5	1.5	Usually operated with flooded suction
Vane	–	–	6	1.8	Can self-prime at high speeds – usually operated with flooded suction

طراحی ورودی پمپ

طراحی تجهیزات پمپاژ بایستی به صورتی باشد که اتلاف ورودی حداقل مقدار خود را دارا باشد. هر چه NPSH مورد نیاز بیشتر باشد اثرات ترکیب هد استاتیکی، اتلافات دینامیکی و فشار بخار مایع مهمتر خواهد شد. در پمپ‌های کوچک این موضوع، استفاده از لوله‌های مکش قطور و حدالامکان مستقیم و کوتاه را می‌رساند. هر فیلتر در مسیر مکش بایستی از نوع با افت کم انتخاب شود.

لوله‌های مکش همواره بایستی دارای شیب مثبت به سمت پمپ باشد و از حلقه‌هایی که احتمالاً باعث ایجاد هوای حبس شده می گردند اجتناب گردد. ورودی لوله نیز بایستی کاملاً در مایع غوطه‌ور شده باشد تا امکان نفوذ هوا وجود نداشته باشد. حداقل عمق غوطه‌وری حدوداً ۱ متر (3 فوت) می‌باشد. تمامی بست‌ها در لوله مکش بایستی کاملاً در برابر نفوذ هوا آب‌بندی شده باشند.

هنگام انتخاب اندازه مناسب برای ورودی پمپ «بایستی در مورد محل قرار گرفتن آب نیز توجه خاصی اعمال شود بخصوص در مواردیکه ورودی نسبت به جریان بصورت عمود قرار گرفته باشد. یا از مخزن با سطح آزاد تأمین می گردد.

ورودی به لوله مکش را بصورت ناقوسی می‌سازند و بایستی طوری باشد که از ایجاد گرداب تا حد امکان جلوگیری نماید. ممکن است یک شیر ورودی و یک توری نیز همراه با دهانه ناقوسی بکار رود.

مقدار بهینه قطر ناقوس برابر با دو برابر قطر ورودی پمپ (یا قطر چشمه پروانه) می‌باشد. منتهی در بعضی موارد بسته به کار آن ممکن است اندازهٔ آن غیر از این باشد. محل قرارگیری دهانه ناقوسی نیز مهم بوده و بر جریان ورودی موثر می‌باشد.

حداقل فاصلهٔ دهانه ناقوسی از کف مخزن بایستی برابر D/4 باشد - شکل 3 را نگاه کنید در اینحالت مساحت جریان برابر مساحت دهانه ناقوسی می‌باشد. برای آنکه بازده پمپ بیشتر شود این مقدار را معمولاً برابر D/3 تا D/2 در نظر می گیرند.

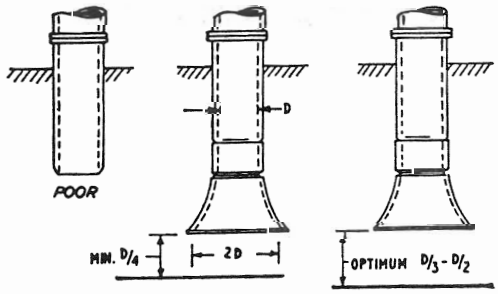


Fig 3 Bellmouth suction intake is preferred, to proportions shown.

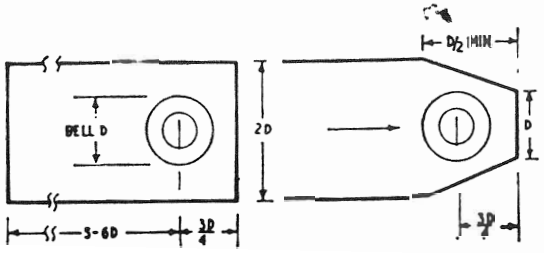


Fig 4

محل و موقعیت ورودی در یک پلان افقی نیز قابل توجه می‌باشد . بخصوص وقتی که دسترسی به جریان از یک سو می‌باشد . در چنین حالاتی قرار دادن یک دیواره در پشت ورودی، حجم سیال تلف شده را کاهش داده و تمایل به ایجاد گرداب را نیز به حداقل خواهد رساند . برای آنکه نتیجه بهتر از این عمل گرفته شود این دیواره را در فاصلهٔ 0.75 D از محل ورودی قرار می‌دهند و این دیواره را طوری می‌سازند که ورودی نسبت به اطراف دیواره قرینه باشد .

جائیکه کانال نامحدودی وجود دارد عرض 2D مقدار بهینه‌ای محسوب می‌شود (شکل 4 را نگاه کنید). طول کانال را بایستی طوری انتخاب کرد که در طول 5D تا 6D بالا دست جریان توزیع سرعت بطور یکنواخت باشد . در جائیکه بایستی از ابعاد کانال بیشتر از 2D استفاده شود . مفید خواهد بود ، که عرض انتهایی کانال را بتدریج طوری کاهش دهیم که عرض کانال در محل قرارگیری ورودی لوله برابر 2D باشد .

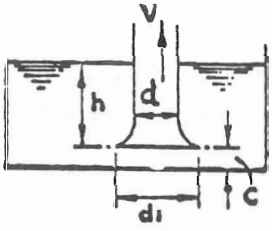
محاسبات تشکیل گرداب

احتمال تشکیل گرداب را می‌توان با محاسبهٔ ضریب غوطه‌وری تخمین زد :

$$F = \frac{h}{D}\left(\frac{c}{d} + c\right)$$

که برای تعریف پارامترهای آن به شکل 5 مراجعه شود .

PIPE SUBMERGENCE



VORTEX GRAPH

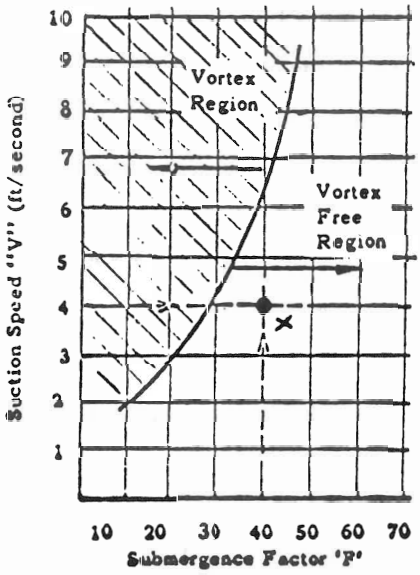


Fig 5 The likelihood of vortex formation can be established approximately from this graph.
(a) calculate submergence factor F
(b) by intersecting the values for F and suction pipe speed V , point X is found indicating whether the operation is in the vortex region.
In this example it is unlikely that a vortex will form

اگر این ضریب در نمودار وجود داشته باشد . به کمک سرعت مکش یک نقطه × بر روی نمودار مشاهده

خواهد شد. موقعیت این نقطه مشخص می کند که آیا شرایط کارکرد در ناحیه بدون گرداب خواهد شد اینک در ناحیه‌ای قرار می گیرد که جریان گردابی ایجاد خواهد شد.

پمپ‌های رفت و برگشتی

در مورد طرح سیستم ورودی یک پمپ رفت و برگشتی پیشنهادات زیر بسیار مفید خواهد بود:

۱ - استفاده از یک منبع ذخیره (ورودی) بطوریکه در شکل 6 دیده می‌شود. این منبع را بزرگ در نظر می گیرند تا حبابهای گاز داخل شده به سیال از آن خارج شده و از سطح مخزن خارج شوند. خط تغذیه این منبع پائین‌تر از حداقل ارتفاع مایع داخل آن می‌باشد و یک مانع در جلو آن قرار گرفته است تا از ایجاد گرداب در منبع و نیز ورود هوا به داخل سیستم ورودی جلوگیری شود.

۲ - یک خط تغذیه مجزا برای هر پمپ (تا از ایجاد ضربه‌های قوسی در مانیفولدهای مشترک جلوگیری شود.)

۳ - یک خط لوله ورودی که تا حد امکان مستقیم و کوتاه بوده و حداقل خمش و موانع را دارا باشد. تمامی پیچها در مسیر بایستی با شعاع زیاد باشند.

٤ - لوله ورودی را طوری در نظر بگیرند که هیچگونه محلی برای تجمع بخارات وجود نداشته باشد. تمام لوله های ورودی افقی بایستی به سمت پمپ یک شیب ملایم رو به بالا داشته باشد. گلویی ورودی پمپ بایستی از نوع خارج از مرکزی بوده و طوری نصب گردد که طرف مستقیم آن در بالا قرار گرفته باشد.

۵ - توری‌های بکار رفته بایستی حداقل سطح جریانی برابر با سه برابر سطح جریان لوله داشته باشند.

٦ - یک اندازه گیر فشار در خط ورودی و در محل اتصال ورودی پمپ نصب شود.

۷ - یک دمپر ضربه‌ای در خط ورودی و نزدیک به پمپ نصب شود (وقتیکه حد شتاب بیش از اندازه است)

پمپ‌های عمودی

در بعضی مواقع، بخصوص در طراحی تأسیسات پمپ‌های عمودی، مفید خواهد بود که برای تعیین بهینه

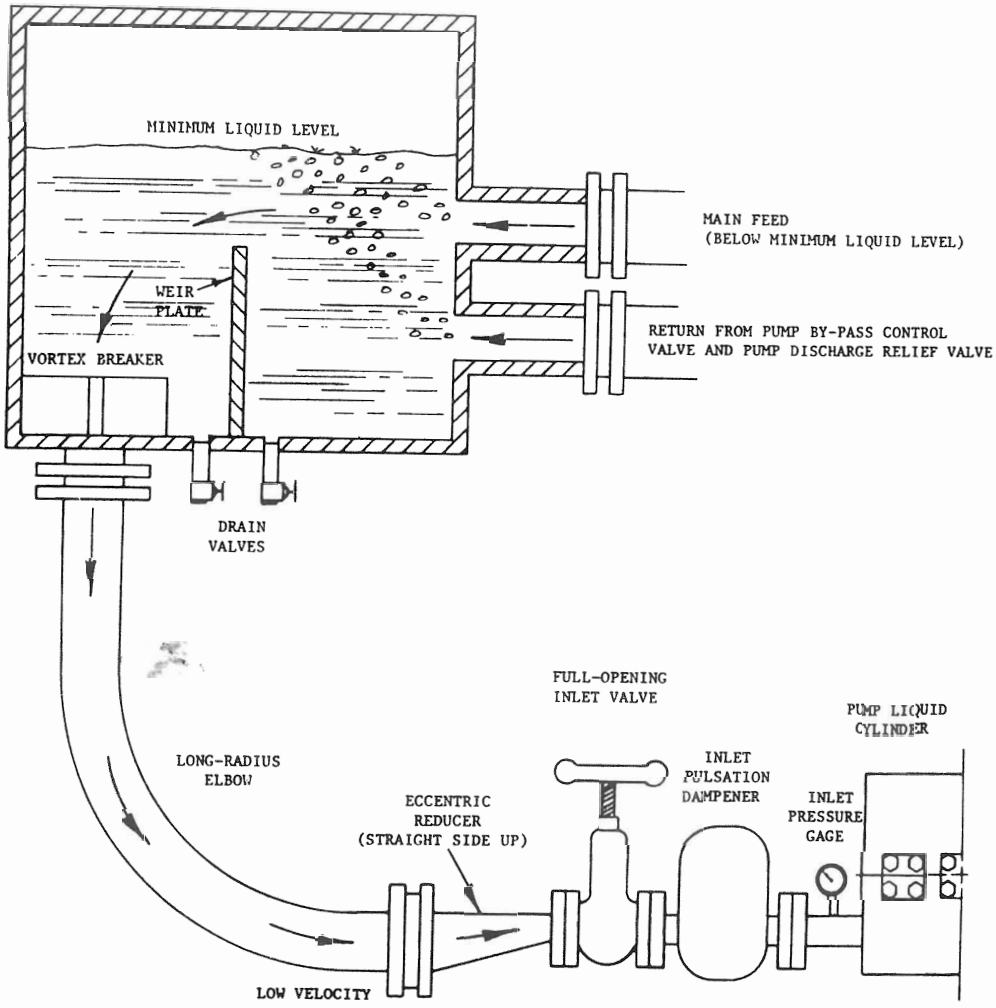


Fig 9 Preferred inlet system design for reciprocating power pump.

قرارگیری ورودی که مانع تشکیل گردابهای کاهش دهنده بازده پمپ می‌شود از تست مدل استفاده شود.

چنین تست‌هایی در واقع روشهای ساده‌ای هستند که سفید بودن بافل‌ها یا مستقیم کننده‌های جریان غوطه‌ور در سیال را مورد بررسی قرار می‌دهند. در مواقعیکه چندین پمپ در یک کانال وجود دارند بایستی مواظب بود که پمپ جلویی اختلالی در کار پمپ بعدی‌اش ایجاد ننماید (در اثر ایجاد جریان آشفته). این گونه پمپ‌ها که پشت سرهم قرار می گیرند ممکن است دارای بازده کمی باشند.

تست مدل

در تأسیسات بزرگ برای برآورد مشخصه‌های جریان در پمپ‌های گریز از مرکز از مدلهای هیدرولیکی استفاده می‌نمایند. مخصوصاً از این نظر که در دبی‌های زیاد به موارد ناخواستهٔ زیر برخورد می کنیم:

۱ - دوران جرم در اطراف مکش پمپ - که اگر در خلاف جهت دوران پمپ باشد باعث می‌شود پمپ تحت بار زیاد قرار گیرد و عملکرد پمپ ضعیف شده و استهلاک افزایش می‌یابد و حتی ممکن است باعث صدمه دیدن پمپ شود.

۲ - جریانات گردابی و پیچ و تابهای سطحی که باعث ورود هوا به سیستم می‌شوند.

۳ - تغییرات سرعت ناحیه‌ای که در ورودی پمپ اتفاق می‌افتد و باعث تغییرات ممنتوم و تغییرات NPSH می گردد.

٤ - توزیع غیر یکنواخت در مواردیکه بیش از یک پمپ از یک مخزن تغذیه می‌شوند. این عمل باعث می‌شود پمپ‌ها تحت بار یکسانی قرار نگیرند و سرانجام باعث کاویتاسیون و افت عملکرد می‌شود

* برای آنکه تشابه کامل بین مدل و اندازه واقعی پمپ وجود داشته باشد شروط یا روابط زیر بایستی وجود داشته باشند:

۱ - تشابه خطی - مقیاس هندسی یکنواخت هم از جهت افقی و هم از جهت عمودی

۲ - تشابه سینماتیکی - براساس سرعت، این تشابه در صورت وجود تشابه هندسی وجود خواهد داشت اما به عدد فرود بستگی دارد.

۳ - تشابه دینامیکی - یا رابطه مقیاس نیروهای ویسکوزیته، جاذبه و تنش سطحی که شامل این مواد می‌باشد:

a - عدد رینولدز که بیانگر نیروهای ویسکوزیته می‌باشد.

b - عدد فرود که بیانگر نیروهای جاذبه می‌باشد.

c - عدد وبر که نیروهای تنش سطحی را بیان می کند.

هیچ مدلی نمی‌تواند کاملاً با موارد c,b,a مطابقت داشته باشد با اینحال می‌توان با اطمینان از اینکه شرایط جریان آشفته (توربولانت) است ساده‌تر نمود که در اینحالت عدد رینولدز کمتر می‌شود. وقتی که اثرات تنش کوچک بوده و یا بتوان از آن صرفنظر کرد از عدد صرفنظر می‌شود و بنابراین تشابه دینامیکی را می‌توان بطور رضایت‌بخشی براساس عدد فرود بدست آورد یعنی:

$$\frac{V_m}{V_f} = \frac{(X_m)^{1/2}}{X_f} = (S)^{1/2}$$

که در آن:

V_m = سرعت جریان مدل

V_f = سرعت جریان نمونه اصلی

X_m = اندازه خطی مدل

X_f = اندازه خطی نمونه اصلی

و بنابراین: S = مقیاس مدل (به صورت کسری از نمونه واقعی)

خوردگی در نیروگاهها و ایستگاههای پمپاژ

مهندس کریم حسن پور مقدم

چکیده: در نیروگاهها و کانالهای عبور لوله و ایستگاههای پمپاژ با تشکیل میعان آسیب‌های فراوانی به خطوط لوله - اتصالات، پمپ‌ها و حتّی مواد ساختمانی وارد می‌شود.

یکی از راههای مؤثر برای جلوگیری از خوردگی این تجهیزات خشک کردن هوای محیط و بدنبال آن استفاده از روکش‌های مناسب می‌باشد.

امروزه استفاده از روکش دوگانهٔ گالوانیزه گرم و پلاستیک خیلی متداول می‌باشد.

از طرف دیگر نیز استفاده از فولادهای ضد زنگ با جداره‌های نازکتر و حذف مراحل روکش و گالوانیزه در سرعت کار و کاهش هزینه‌ها مؤثر بوده و از نظر بهداشتی نیر در امر آبرسانی شهری از اولویت خاصی برخوردار است.

مقدمه

تقطیر و میعان در محل نصب شیرآلات، ایستگاههای پمپاژ و تونلهای لوله کشی و نیروگاهها برای کسانی که با مهندسی آب سر و کار دارند، مسئله شناخته شده‌ای است.

میعان و تقطیر کم و بیش پدیده زیانبار خوردگی را پیش می آورد که لوله‌ها، پمپ‌ها، اتصالات و حتّی مواد معدنی ساختمانی را مورد حمله قرار می‌دهد.

صدماتی که در اثر خوردگی ناشی از تقطیر ممکن است پیش آید در زمینه‌های زیر می‌باشد.

- از بین رفتن پوشش لوله‌ها - اتصالات - پمپ‌ها و سایر تجهیزاتی که از فولاد یا فلزات آهنی ساخته شده‌اند و همزمان با آن لایه‌های ضخیم اکسید آهن بجای می گذارد.

- آسیب‌رسانی به مواد معدنی ساختمان از یک طرف بوسیله رطوبت و از طرف دیگر توسط دی‌اکسید کربن CO_2 حاصل از هوای محیط که در سیستم تقطیر حل شده است.

بعلاوه بعضی مواقع، موادی مانند دوغاب آهک و مواد ساختمانی و بتون ترکیب شیمیائی آنها را تغییر می‌دهد. چنانکه $Ca(OH)_2$ تبدیل به $CaCo_3$ می گردد. امکان خوردگی میلگردهای داخل بتون ناشی از اسیدی بودن محیط مخصوصاً وقتی که سطح آنها پوشیده باشد. وجود دارد.

آسیب‌رسانی در اثر فعال شدن بقایای گیاهان و حیوانات: روکش‌ها، مواد ساختمانی معدنی و چوب در اثر وجود رطوبت دائمی ممکن است بوسیله کپک‌ها - جلبک‌ها - قارچها و خزه‌ها خورده شوند.

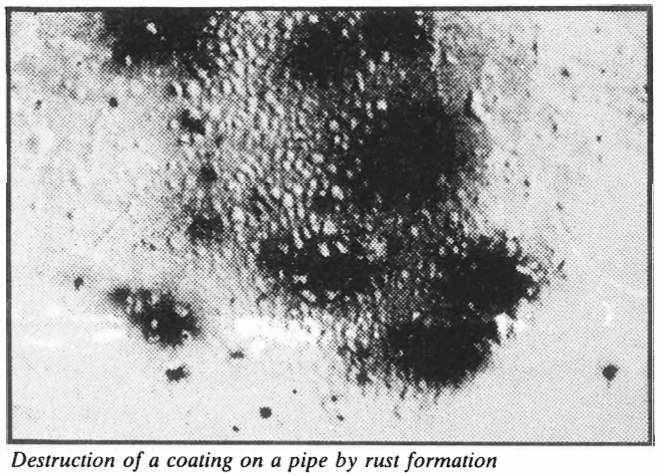
این شرایط نه تنها منجر به تخریب مواد گشته و باعث فساد آنها می‌شود. از نظر بهداشتی نیز با سیستم جدید آبرسانی سازگار نمی‌باشد. امروزه حفاظت در برابر خوردگی یک امر حیاتی است و موفقیت در آن

صرفه‌جویی‌های زیادی را بدنبال دارد.

رنگها و روکش‌های مناسب در جلوگیری از خوردگی متناوب آب چه در حالت بخار و چه در حالت مایع اثرات مؤثر و مفیدی دارد.

واکنش بین حالت میعان و مواد روکش: تشکیل میعان شدیدترین آزمایش بین مواد و روکش آنها می‌باشد. هر ماده پوششی میل به انبساط، تورم و خاصیت خیس‌شوندگی در برابر رطوبت دارد و با جذب سطحی آب مقدار آن فرق می‌کند. در صورتی که انبساط مواد روکش در رطوبت خیلی قابل ملاحظه باشد، این مواد نرم شده و به فلز پایه نمی‌چسبند، تشکیل حباب و کنده شدن تدریجی روکش اتفاق می‌افتد.

لایه آب تقطیر شده غنی از اکسیژن بوده و از نظر شیمیائی کاملاً ثبات نداشته و پیلهای موضعی تشکیل می‌دهند و در آن آهن بعنوان قطب آند قابل حل بوده و نتیجتاً اکسید آهن تشکیل می‌شود. برای حفاظت فلزات در مقابل اثرات رطوبت در هوای محیط باید قطعات فلزی مناسب و روکش غیر قابل نفوذ انتخاب گردد. غیر از این، خشک کردن هوای محیط نیز برای افزایش عمر روکش و دوام آن از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است.



Destruction of a coating on a pipe by rust formation

شکل ۱ - خراب شدن روکش لوله بدلیل زنگ زدن آهن

خشک کردن هوای محیط: آشنایی کلی با قوانین اساسی فیزیک کمک می‌نماید که وابستگی بین رطوبت و تقطیر آب مشخص گردد.

در یک زمان معین هوایی که دور و بر ما را احاطه کرده است شامل مقداری بخار آب است، زیرا تغییر و تحول رطوبت در مواد و هوای اطراف همیشه بطور دائم انجام می‌شود.

توانائی هوا برای جذب آب بستگی به درجه حرارت آن دارد. یک کیلوگرم هوا در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد و فشار ۱ بار با حجم تقریبی ۰/۸۳ متر مکعب می‌تواند حداکثر ۱۵/۱۹ گرم بخار آب را در خود جای دهد. این همان چیزی است که ما به آن هوای اشباع شده می گوئیم. در بیشتر اوقات هوا دارای بخار آب کمتری از این مقدار است که به آن هوای غیر اشباع گفته می‌شود.

قابلیت هوای گرم برای جذب بخار آب خیلی بیشتر از هوای سرد است.

رطوبت هوا می‌تواند به دو روش زیر اندازه گیری و شود .

رطوبت مطلق (Absolute Humidity): مقدار وزنی بخار آب در یک کیلوگرم هوای خشک را رطوبت مطلق می گویند .

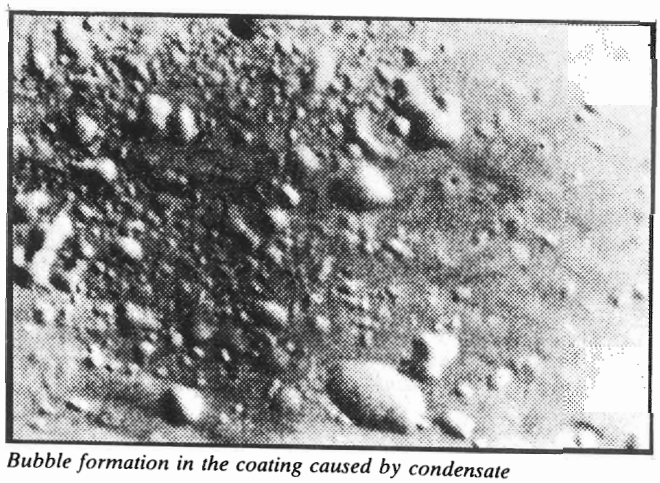
وزن کلی هوای مرطوب در این حالت یک کیلوگرم نیست بلکه این مقدار $1+x$ کیلوگرم و حجم آن v_{1+x} می‌باشد .

رطوبت مطلق با درجه حرارت تغییر نمی‌نماید .

رطوبت نسبی: نسبت رطوبت مطلق به حد اشباع هوا در یک درجه حرارت مشخص را رطوبت نسبی می‌نامند . بعنوان مثال در ۳۰ درجه سانتی گراد یک کیلوگرم هوای خشک می‌تواند ۲۸/۱۴ گرم بخار آب را جذب نماید (حد اشباع). اگر هوای یک محیط بتواند ۹ گرم بخار آب را جذب نماید . درجه اشباع آن $\frac{۹}{۲۸/۱۴}$ = ٪۳۲ یعنی ۳۲% می‌باشد .

رطوبت نسبی معمولاً با حرف یونانی φ نمایش داده می‌شود .

بر خلاف رطوبت مطلق، رطوبت نسبی چنانکه از نامش پیداست، با تغییر درجه حرارت تغییر می‌نماید ، چنانکه توانائی هوا برای جذب بخار آب، با افزایش درجه حرارت ازدیاد پیدا می کند



Bubble formation in the coating caused by condensate

شکل ۲ - تشکیل حباب در زیر روکش بدلیل تشکیل میعان

انتخاب روکش مناسب: از یک روکش مناسب ماکزیمم دوام یا عمر مفید در مقابل خوردگی انتظار می‌رود . تا این زمان سیستمی که دارای بهترین کاربرد است سیستم دوگانه می‌باشد .

تمام فولادهای مستعد خوردگی قبلاً در گالوانیزه گرم فرو برده می‌شوند و متعاقب آن روکش پلاستیک چند لایه از روی آن چسبانده می‌شود

لایهٔ دوگانه که مدت زمان زیادی در مقابل زنگ زدن مقاومت نموده است بوسیله یک لایه فلز روی و لایهٔ مرزی آلیاژ آهن - روی همراه با روکش پلاستیکی در قسمت فوقانی اثرات مهمی در برابر خوردگی داشته است.

بر خلاف فولاد ساده به عنوان فلز پایه، پوسته‌ای که بوسیله سیستم دوگانه روکش داده شده است حتی در صورت نفوذ بخار آب و اکسیژن از طریق سطوح گالوانیزه شده نمی‌تواند منجر به تشکیل لایه‌های حجیمی از اکسید آهن شود. افزایش فلز روی، در حجم ۱۰ تا ۲۰ درصد از پوسته شدن یا کنده شدن روکش در لایهٔ مرزی جلوگیری می کند.

گالوانیزه کردن: (Galvanizing): در کاربردهای مختلف، مفهوم پوشش با فلز روی یا حتی گالوانیزه بروشنی تعریف نشده و تفسیرهای گوناگونی بدنبال دارند.

در زیر به تعریف این عبارات می‌پردازیم و شرح می‌دهیم که وقتی از این عبارات استفاده می کنیم منظور حقیقی ما چیست. برای ما بسیار مهم است که اطلاعات دقیقتری در بارهٔ سطوح گالوانیزه - روکش و پوشش با فلز روی داشته باشیم تا مواد پوشش مناسب برای این منظور انتخاب نمائیم.

گالوانیزه گرم: قطعات فولادی در فلز روی مذاب در نقطه ذوب آن (۴۱۹°c) فرو برده می‌شوند. در لایه مرزی بین روی و آهن، یک آلیاژ سخت روی - آهن تشکیل می‌شود که در نزدیکی سطح غنی از روی و در نزدیکی فلز پایه، غنی از آهن می‌باشد.

در قطعات فولادی، ترد بودن ذاتی این لایه، یک عیب محسوب نمی‌شود، بلکه با ضخامت حدود ۱۰۰ میکرون یک لایه حفاظتی عالی برای لایه زیری تشکیل می‌دهد.

افزایش مقدار کمی آلومینیم (حدو ۰/۵ درصد) در مذاب روی از تشکیل لایه مرزی جلوگیری می کند.

یک لایه نازک از فلز روی در روی فولاد خیلی الاستیک تراز آلیاژ روی - آهن می‌باشد.

الکترو گالوانیزه: این یک فرآیند اللکتروشیمیائی است. با عبور دادن یک جریان الکتریکی از طریق یک محلول آبی نمکهای روی، یک لایه یکنواخت و چسبنده روی فولاد تشکیل می‌شود. این روش برای گالوانیزه کردن قطعات نسبتاً کوچک بکار میرود.

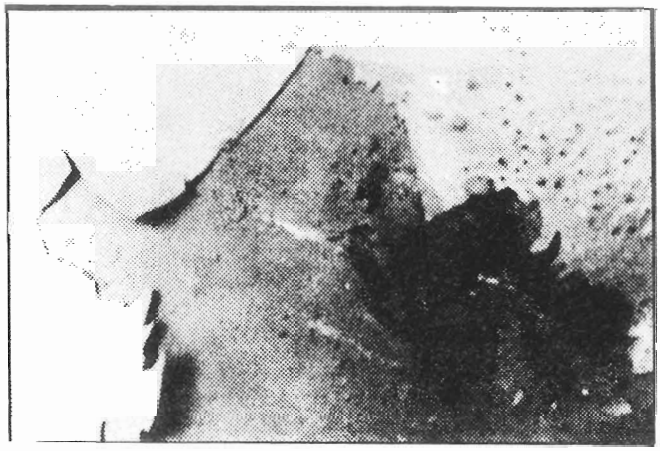
گالوانیزه کردن پاششی: در این روش فلز روی مذاب تحت فشار و بوسیله یک تفنگ مناسب و مخصوص روی سطوح قطعات پاشیده میشود. لایه تشکیل دهنده فلز روی نه تنها یکنواخت و هموژن نیست بلکه عاری از تخلخل و مک هم نمی‌باشد. این خواص موقعی که یک لایه پلاستیکی هم روی آن بکار می‌رود، باید در خور توجه باشد.

گالوانیزه سرد: در این پروسه فلز روی دانه‌بندی شده با فشار و سرعت زیاد روی سطوح تمیز و خشن و عاری از اکسید آهن پاشیده می‌شود. دانه‌های تمیز شده بطور مکانیکی به همدیگر می‌چسبند.

پوشش با فلز روی: این عبارت وقتی بکار می‌رود که پوشش‌ها و رنگهای سنگین لاک و الکلی با گرد و پودر فلز روی بوسیله بورس یا تفنگ پاششی روی فلزات چسبانده شوند. بعضی وقتها این روش به غلط گالوانیزه سرد نامیده می‌شود.

اتصال پوشش‌هایی روی گالوانیزه گرم: هر مادهٔ پوششی براحتی روی گالوانیزه گرم یا سطوح روی اندود نمی‌چسبد. یک اتصال ناقص در داخل فاز آزمایشی تشکیل میشود. چنین عیوبی وقتی بیشتر آشکار

می‌شود که پوشش‌های بازی و رزین‌های روغنی و رزین‌های حرارتی مورد استفاده قرار گرفته باشد. امروزه آسترهای قابل شستشو با ترکیبات رزین Polyvinylbutyra-creosol با درصدهای معینی از اسید اُرتو فسفریک یا اُرتو بوتیل فسفات (Orthobutyl-Phosphate) بعنوان اجزاءِ اتصال بکار می‌روند. روکش‌های نهایی آنهایی هستند که بر پایه Vinyl-copolymer، لاستیک - رزین‌های اپوکسی و مواد قیری استوار باشند. موادی نیز هستند که بطور مستقیم و فوری روی گالوانیزه گرم پوشش داده می‌شوند. از میان آنها می‌توان از جلا دهنده‌های رزین Ployurethan نام برد که با استفاده از اکسید آهن ورقه ورقه، اکسید تیتانیم، فسفات روی، پودر تالک و غیره به رنگهای مختلف در می‌آید. روکش‌هایی که در آنها لاستیک کلریدی (Chlorinated Rubber) بکار برده شده است، در مقابل رطوبت و حرارت مقاوم بوده و غیر قابل نفوذ می‌باشند.



Lifting off of a coating caused by application on a moist surface

Arab Water World

شکل ۳ - کنده شدن روکش مورد استفاده در یک سطح مرطوب

استفاده بهینه از مواد روکش: برای رسیدن به یک روکش بادوام و قابل -حفاظت در مقابل خوردگی باید نکات زیر مورد توجه قرار گرفته و پیشنهادهای تولید کنندگان در این زمینه‌ها رعایت گردد.

۱ - شرایط سطحی که باید روکش داده شود.

۲ - شرایط محیطی در زمان کاربرد مواد روکش

۳ - نوع روکش

٤ - روش بکارگیری روکش

۵ - ضخامت هر لایه و نحوه تشکیل لایه‌های چندگانه

هدف از خشک کردن هوای محیط آنست که رطوبت نسبی هوا به ٤۵ تا ۵۰ درصد برسد و خشک کردن هوای مرطوب مستلزم هزینه‌های بالا می‌باشد و هر روز باید ۱۵ ساعت برای این کار از انرژی‌های الکتریکی و غیره با هزینه گزاف استفاده کرد.

از طرفی سطوح بدون زنگ‌زدائی و مرطوب برای روکش کاری مناسب نمی‌باشند و روکش مورد نظر باد کرده و از روی قطعه کار کنده می‌شود.

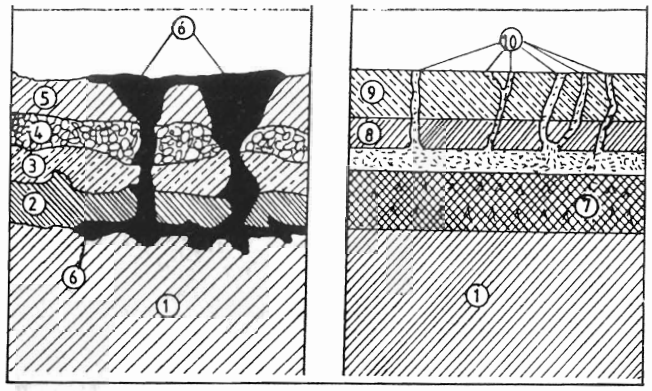
باید توجه کرد که روکش‌ها دارای حلالهای قابل اشتعال می‌باشند، در موقع استفاده باید مواظبت کامل

نمود یک اتمسفر خشک و بدون رطوبت بوجود آورد و انبار دارای هواکش قوی باشد. موقع کار در یک خط لوله آب آشامیدنی، احتمال خطر بخارات حلالها به ذخایر آب وجود دارد این بخارات بطور موضعی در آب‌های سطحی حل شده و چنین آلودگیهائی می‌تواند آب را غیر قابل شرب نماید.

یک جانشین خوب برای چدن و فولاد ساده استفاده از فولادهای ضد زنگ است این فولاد احتیاج به روکش و گالوانیزه ندارد و کار نصب قطعات بسرعت انجام شده و هزینه‌های روکش و گالوانیزه هم حذف میشود.

از طرفی بخاطر زنگ نزدن این فولاد، می‌توان ضخامت آنرا کمتر در نظر گرفت که گرانی این نوع فولاد در مقابل کاهش وزنش به تعادل نسبی می‌رسد.

از طرفی برای جوشکاری آن که از تجهیزات مخصوص جوشکاری گاز بی‌اثر استفاده می‌شود و نیاز به افراد بسیار متخصص دارد، یک عیب محسوب می‌شود.



Corrosion on non-galvanized and galvanized coated steel

۱ - فولاد
۲ - اولین آستر برای جلوگیری از زنگ زدن
۳ - دومین آستر برای جلوگیری از زنگ زدن
٤ - روکش پایه
۵ - روکش نهائی
٦ - اکسید آهن حجیم
۷ - لایه فلز روی و لایه آلیاژ آهن - روی
۸ - روکش فلز پایه
۹ - پرداخت نهائی
۱۰ - تشکیل نمکهای فلز روی در خلل و خرج ناشی از خراب شدن روکش
شکل ٤ - خوردگی در یک فولاد بدون گالوانیزه و گالوانیزه شده.

عیب دیگر آن آنست که نوک مشعل جوشکاری یا فلانج آن حدود دو یا سه برابر گرانتر از فولاد معمولی است.

از نظر بهداشتی و مقاومت بخوردگی، مزایای نسبی لوله‌های فولاد ضد زنگ در کاربردهای عملی بطور وسیعی معلوم و آشکار شده است و طبیعی است قیمت کمتر فولادهای ساده کربنی همیشه نمی‌تواند فاکتور مهم تصمیم گیری بحساب آید.

منبع: Wasseraufbereitung DiPL. Ing. Felix Kumfera

انتقال و فراوری مواد غذایی

مهندسین مشاور صنعتی بستک

چکیده:
صنایع غذایی قدیمیترین، مهمترین، گسترده‌ترین و متنوع‌ترین حوزهٔ فعالیت صنعتی بشر به شمارمی‌رود. به تناسب گوناگونی فعالیت‌هایی که تحت این عنوان مطرح می‌شود مکانیزم‌های بسیار متنوعی در فرآیندهای مواد غذایی به کارمی‌رود. پمپ‌ها تقریباً در تمام انی فرآیندها نقش اساسی به عهده‌دارند. در این مختصر هدف آشنایی با انوع پمپ‌هایی است که در موارد گوناگون کاربرد دارند بعضی از آنها حتی با تصویر معمول از پمپ مشابهت چندانی ندارند ولی البته شرایطی وجوددارد که وجه مشترک این مجموعهٔ گسترده است و به تبع آن پمپ‌های صنایع غذایی را اغلب پمپ‌های بهداشتی می‌نامند.
پمپ‌هایی را که جهت کار در فرآیندهای غذایی طراحی می‌شوند پمپ‌های بهداشتی می‌نامند. ساختمان این پمپ‌ها اغلب دارای اجزا و ملحقاتی است که در موارد دیگر لزومی ندارد. برای آنکه یک پمپ به صورت کاملا مفید در مورد مواد غذایی به کار رود باید دارای شرایط زیر باشد:

۱) کاملا از هر نوع پوسیدگی دور باشد.
۲) به سادگی جهت تمیزکردن پیاده‌شود.
۳) نباید بو یا مزه غذا را تغییر دهد.
٤) سیستم روغنکاری آن نشتی نداشته‌باشد.
۵) نباید قطعات داخل آن در حین کار ساییده یا پوسته‌پوسته شود.
٦) آببندی چنان باشد که در هیچ جهت نشت نداشته‌باشد.
۷) گذرگاههای آن صاف و بدون گوشه‌های تیز و چین و شکن باشد.

امروزه تعداد زیادی از انواع پمپ‌های گریز از مرکز، روتاری و رفت و برگشتی در دسترس است که در حد مطلوب واجد شرایط فوق می‌باشند.
اتصالات مکش و تخلیه پمپ‌ها نیز باید از نوع بهداشتی بوده و جهت نظافت پروانه و محفظه به سادگی قابل جداشدن و اتصال مجدد باشند. لوله‌ها و اتصالاتی که با پمپ‌های بهداشتی به کارمی‌روند اغلب از فولاد ضد زنگ، آلیاژهای نیکل، لاستیک سخت، شیشه یا پلاستیک ساخته‌می‌شوند. خود پمپ از فولاد ضدزنگ، آلومینیوم، آهن، شیشه، مواد پلاستیک یا آلیاژهای مخصوص ساخته‌شده‌است. مواد به کاررفته علاوه بر مقاوم‌بودن در مقابل اثرات شیمیایی مواد غذایی، باید در برابر پاک کننده‌ها (دترجنت)، صابون و جرمگیرهایی که برای پاک کردن و شستن پمپ به کارمی‌روند مقاومت کند. در اغلب فرآیندهای غذایی پمپ باید حداقل یک بار در روز تمیز شود.

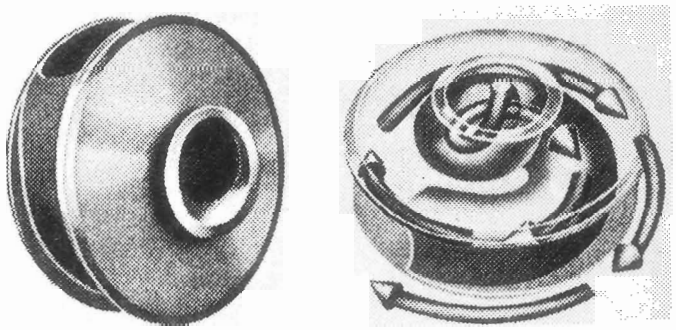


Fig. 7-27 Fish-pump impeller is a bladeless type.

پمپ‌های گریز از مرکز

چون پروانه‌های چندپره بسیاری از خوراکیهای ترد و لطیف را خراب می‌کنند در فرآیندهای غذایی برای اغلب پمپ‌های گریز از مرکز پروانه‌های بدون پره (شکل ۲۷ - ۷) یا پروانه‌های پیچی یک یا دوپره طراحی شده‌اند. سیب، پرتقال، ذرت، توت‌فرنگی، لوبیا، باقلا، صدف، میگو، تخم‌مرغ، زیتون، کلم‌دکمه‌ای، آب‌میوه، ماهی و انواع دیگری از موادغذایی بدون لطمه توسط پروانه‌های بدون پره جابجا می‌شوند.

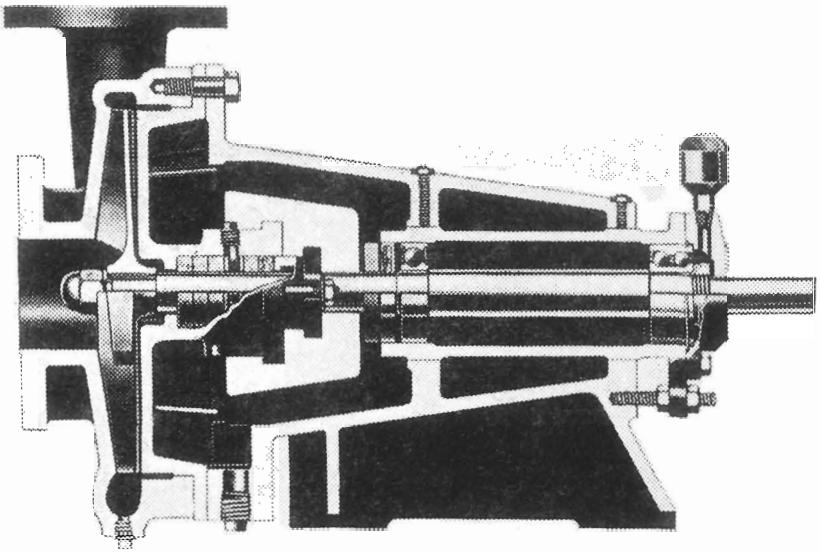


Fig. 16-1 Process-type centrifugal pump handles a variety of foods. (De Laval Turbines, Inc.)

برای بسیاری از خوراکیهایی که حاوی ذرات جامد اندکی هستند مانند عصارهٔ نیشکر، آب انگور، آب گوجه‌فرنگی، رب، لیکور نیشکر، روغن نباتی و غیره پمپ‌های گریز از مرکز کارآمد (شکل ۱ - ۱۶) در

دسترس است. کارخانه‌ای پمپ هایی با ظرفیت ۲۰۰۰ گالن در دقیقه و ارتفاع ۲۰۰ فوت تولید کرده‌است. طراحی پمپی که در چنین محدوده وسیعی عمل کند انتخاب پمپ را آسان می‌سازد بیشتر سازندگان عمده پمپ چنین تولیداتی دارند.

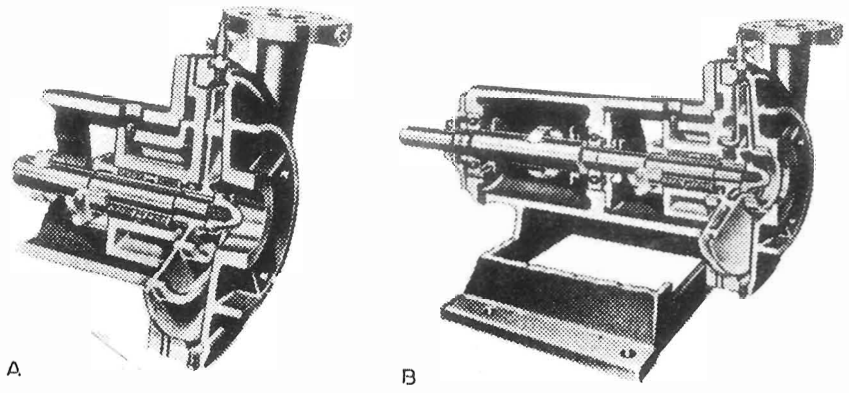


Fig. 14-1 Chemical pumps. (A) Semiopen impeller. (B) Closed impeller. (Peerless Pump Division, FMC Corp.)

برای خوراکیهایی که ذرات جامد اندکی دارند پمپ‌های گریز از مرکز شیمیایی (شکل ۱ - ۱٤) نیز مورد استفاده قرارمی گیرند ، البته کاربرد آنها اغلب محدود به مواد غذایی خورنده (اسیدی) است.

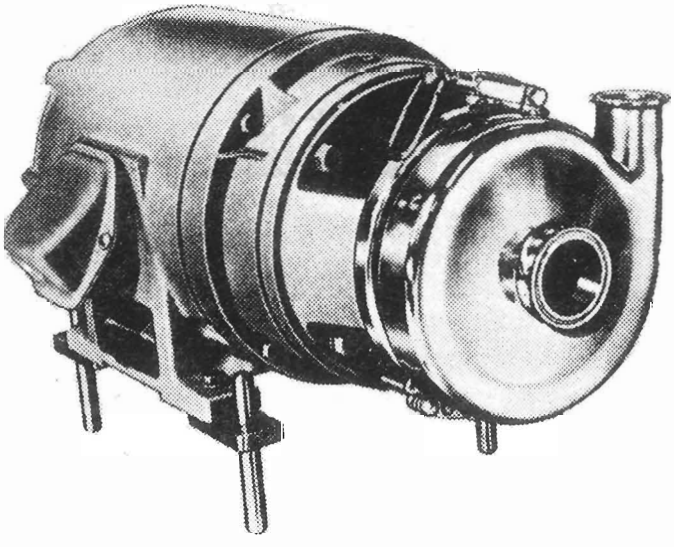


Fig.16-2 Typical close-coupled sanitary centrifugal pump.
(Tri-Clover Division, Ladish Co.)

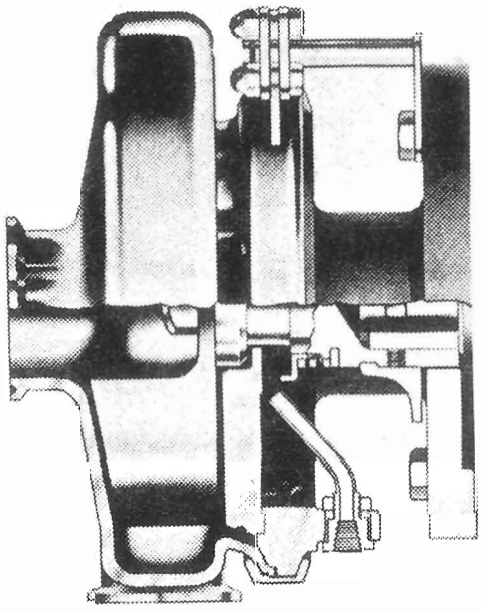


Fig.16-3 Cutaway head of the pump in Fig. 16-2.
(Tri-Clover Division, Ladish Co.)

در شکل ۲ - ۱۶ و ۳ - ۱۶ یک نوع پمپ بهداشتی نشان داده‌شده‌است که دارای یک پره باز است و به نحوی طراحی‌شده‌است که هیچگونه حفره یا شکاف در بدنه آن موجودنباشد. قسمت آببندی از اجزا زیر تشکیل شده‌است، حلقه آببندی کربنی ثابت، گلویی آببندی، آببندی دوتکه آب‌خنک یا یک حلقه آببندی کربنی منفرد. از این قسم پمپ تا ظرفیتهای ۱۲۰۰ گالن در دقیقه و ارتفاع ۲۲۰ فوت ساخته‌شده‌است که برای جابجایی شیر، آب گوجه‌فرنگی سوپ و غیره به کارمی‌رود. محفظه و تمام اجزا اصلی از فولاد ضد زنگ ۳۱۶ ساخته‌می‌شود. محرکه این پمپ‌ها می‌تواند موتور الکتریکی، توربین، و یا موتور احتراق داخلی با اتصال مستقیم یا پولی و تسمه باشد.

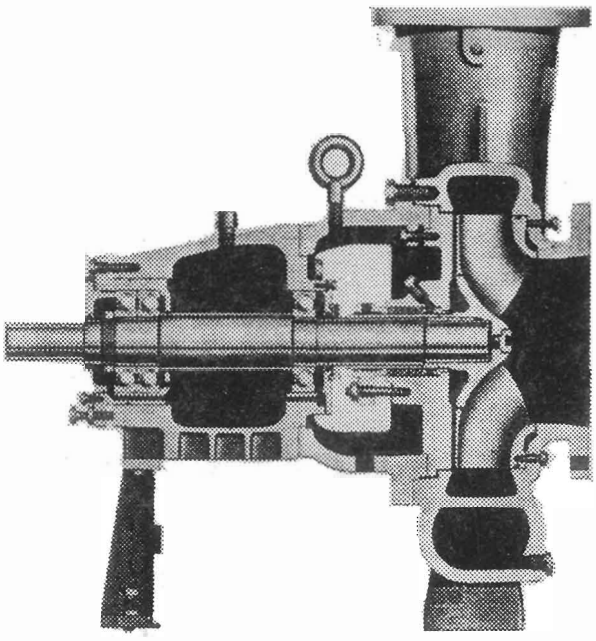


Fig. 6 - 12 Paper - stock pump with open end-suction impeller. Back pull-out design permits disassembly without disturbing piping connections. (Goulds Pumps, Inc)

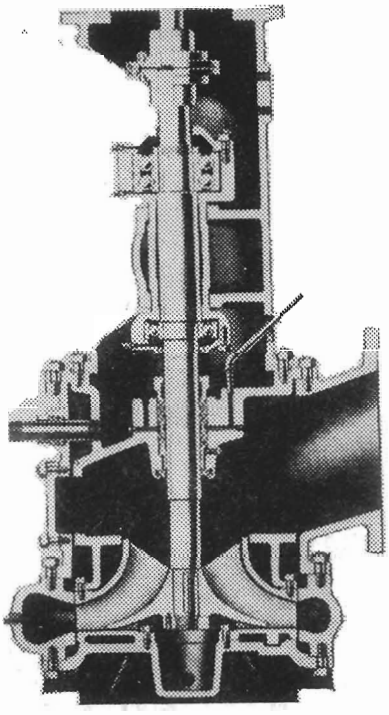


Fig. 6-13 vertical centrifugal stock pump has open - type impeller.
(Goulds Pumps,Inc.)

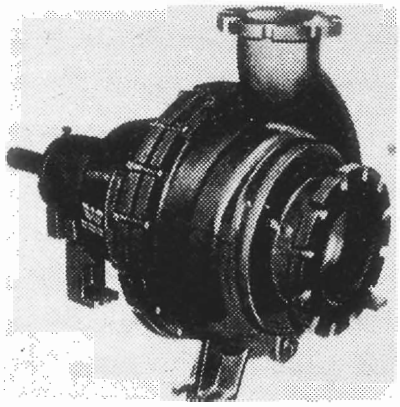


Fig. 15-1 End-suction paper-stock pump. (Worthington Corp.)

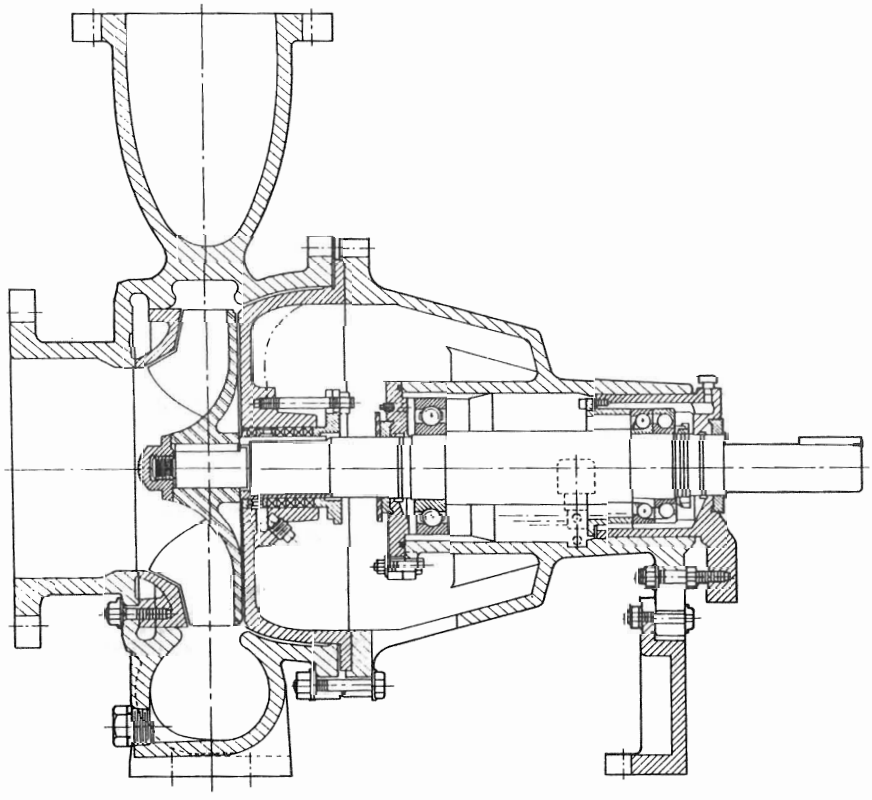


Fig. 15-2 Sectional drawing of paper-stock pump in Fig. 15-1 shows nonclog impeller (Worthington Corp.)

در اشکال ۱۲ - ٦ و ۱۳ - ٦ و ۱ - ۱۵ و ۲ - ۱۵ طرحهای دیگری از انواع پمپ که در صنایع غذایی به کارمی‌رود نشان داده‌شده‌است که برای خمیرها، خیسانده دانه‌ها و ذرات جامد و غیره به کارمی‌روند. پمپ‌های گریز از مرکز قابل حمل نیز در صنایع غذایی مورد استفاده قرارمی گیرند البته اگر از آنها در مورد فرآیند اصلی و در خط تولید کارخانه استفاده‌شود باید شرایط پمپ بهداشتی را داشته‌باشند. برای جابجایی مواد خمیری در

فرآیندها پمپ‌های مکشی با پروانه باز و بدون گیر و مانع به کارمی‌رود. در سیرکولاسیون محصولات در تولید شکره که جریان زیاد مایع با ارتفاع متوسط مورد نیازاست پمپ‌های جریان مختلط عمودی با ارتفاع متوسط کاربردی فراوان دارد در این صنعت پروانه‌هایی از فولاد ضدزنگ و لوله‌هایی از فولاد نوردشده مورد استفاده قرارمی گیرد. پمپ‌هایی که در اصطلاح پمپ دوغاب نامیده‌می‌شوند اغلب یک طبقه، یک مکش با پروانه باز هستند و برای جابجایی مواد ساینده طراحی شده‌اند. محفظه این پمپ‌ها با پیچ اتصال‌پیدامی کند تا به سادگی پیاده‌شود و سختی اجزا آن تا ٦۰۰ برینل می‌رسد. پروانه های باز در بعضی از پمپ‌های صنایع تخمیر برای آبجو و مختمر به کارمی‌رود ارتفاع کل در این موارد معمولاً ۱۰۰ فوت یا بیشتر است. در عملیات تقطیر تعداد زیادی پمپ به کارمی‌رود. معمول‌ترین آنها، پمپ‌های پروسس یک طبقه تمام برنز است ظرفیت لازم معمولاً بین ۱۵ تا ۱۵۰ گالن در دقیقه و ارتفاع از ۲۵ تا ۱۰۰ فوت تغییرمی کند. واحدهایی که بیشتر از این نوع پمپ سود می‌برند عبارتنداز: تصفیهٔ نوشیدنیها در مواردی که از پمپ‌های گریز از مرکز معمولی در صنعت تخمیرو تقطیر استفاده‌شود، برای پاک کردن سیستم لوله کشی ابتدا از محلول ۱۰% سودسوزآور استفاده‌می‌شود پس از آن پمپ‌ها و لوله کشی با آب استریل می‌شود.

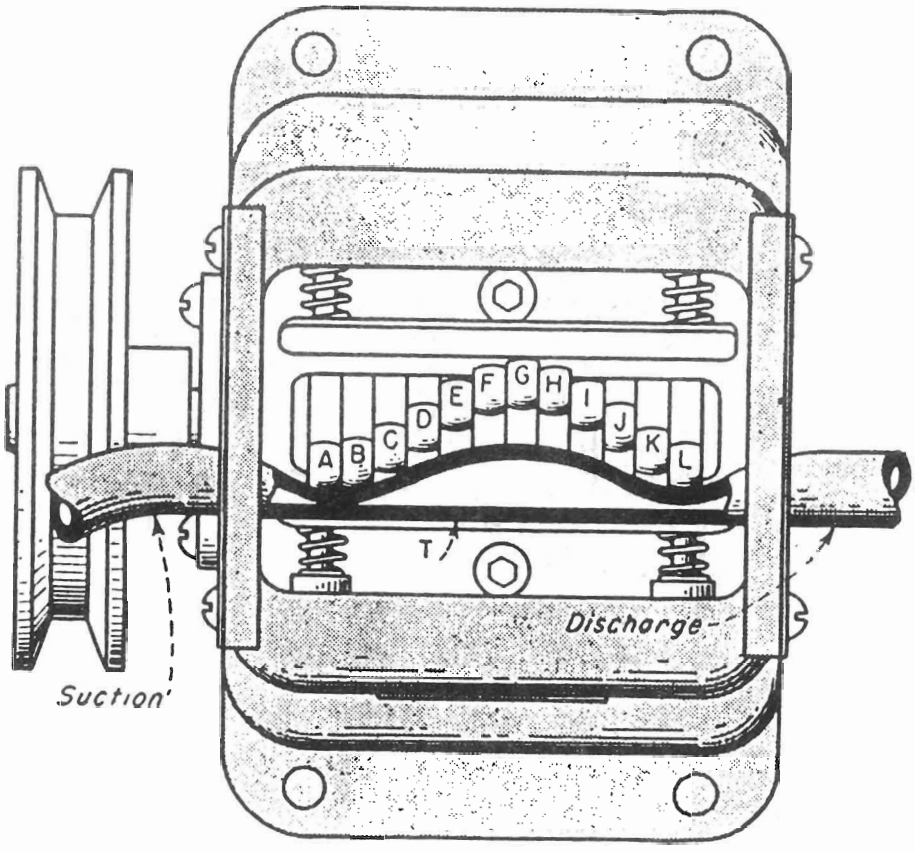


Fig. 16-4 Flexible rubber-tube pumping element is squeezed by fingers.

پمپ‌های رفت و برگشتی

در پمپ لوله ارتجاعی (شکل ٤ - ١٦) یک سری انگشتی از A تا L به ترتیب لوله را از چپ به راست فشارمی‌دهند و به این ترتیب مکش و تخلیه انجام‌می گیرد. در حالت نشان داده‌شده انگشتی A ورودی لوله را که مقداری مایع در آن واردشده بسته‌است انگشتی‌های J و K و I پایین‌می آیند تا مایع را پیش برانند و بقیه لوله را می‌فشارند تا مایع خارج شود. با سرعت ٤٧٥دور در دقیقه در ظرفیتهای ۰/۱ تا ۰/۵ گالن در دقیقه فشار خروجی تا ۲۵psi حاصل می‌شود. لوله از لاستیک نرم، gum rubber، neoprene یا tygon ساخته‌می‌شود و قطر داخلی آن بین ۳/۱٦ تا ۱/۲ اینچ است.

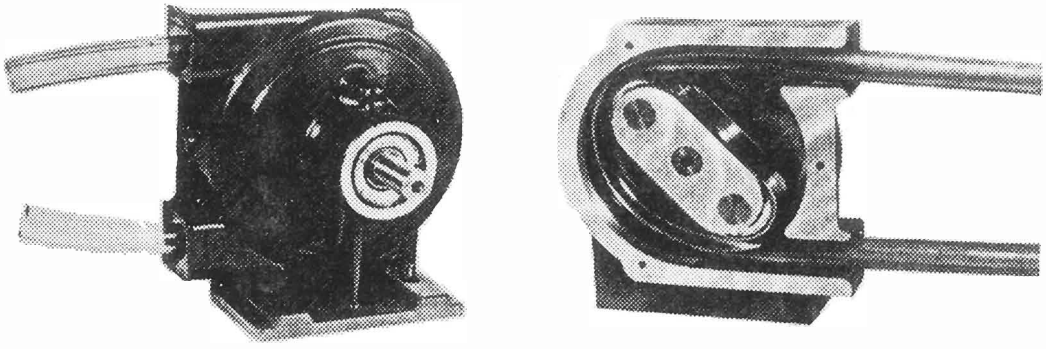


Fig. 16-5 Flexible- tube pump has rollers to compress tube. (Little Giant Pump Co.)

در شکل ۵ - ١٦ نوع دیگری از پمپ لوله ارتجاعی نشان داده‌شده‌است، در این مدل لوله به صورت حلقه است و با چرخش محوری که ساچمه‌هایی روی آن قراردارد، لوله به تناوب فشرده‌می‌شود تا مایع در آن داخل‌شده و با فشار خارج شود.

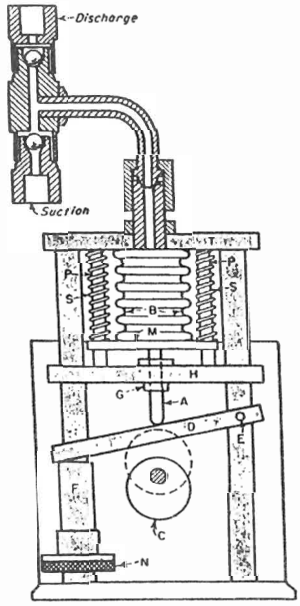


Fig. 16 - 6 Cam - actuated pump having a stainless - steel bellows.

پمپ های تزریق (شکل ٦ - ١٦) برای جابجا کردن مایعات از ۰/۱۲ تا ۹ گالن در دقیقه با فشار ۳۰psi طراحی شده‌اند ، با محدود کردن انقباض و انبساط دیافراگم B می توان ظرفیت را از صفر تا حداکثر ممکن تنظیم کرد . مایعی که باید پمپ‌شود از مجرای مکشی از جنس فولاد ضدزنگ عبورمی کند ، مجرای خروجی و دیافراگم B و فنر منبسط کننده S نیز از همین جنس است. بادامک C که روی سطح D عمل می کند ، هنگام گردش محور باعث انقباض و انبساط دیافراگم می‌شود . ظرفیت پمپ وابسته به بالا و پایین‌بردن بوش F و مهره N خواهدبود چنین دستگاههایی برای اضافه کردن رنگ یا بو در صنایع شیر ، نوشابه و غیره به کارمی‌روند .

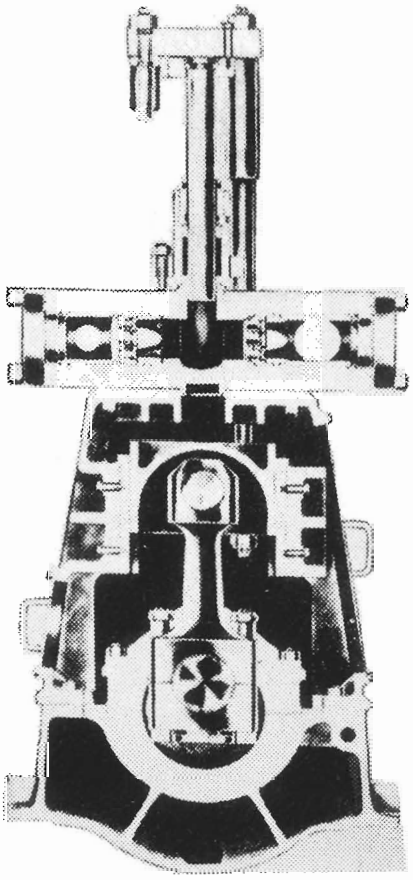


Fig. 3 - 4 Inverted triplex vertical plunger power pump for high-pressure applications. (Worthing - ton Corp.)

پمپ های عمودی و افقی رفت و برگشتی فشاربالا (شکل ٤ - ٣) برای پاشش مایعات به منظور تمیزکردن شکافها و اسکلت بندی و شستشوی بهداشتی تجهیزات و ساختمان کارخانه استفاده‌می‌شود پمپ‌های گریز ا زمرکز نیز ممکن‌است همین وظیفه را انجام‌دهند .

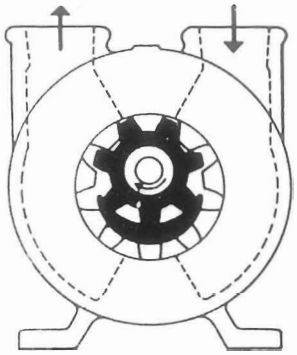


Fig. 2-3 Internal-gear rotary pump.

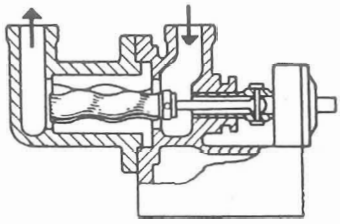


Fig. 2-7 Single-screw pump.

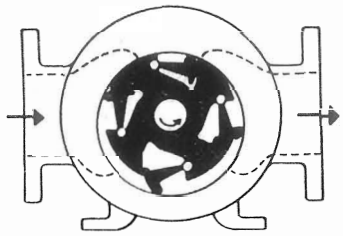


Fig.2-10 Swinging-vane pump.

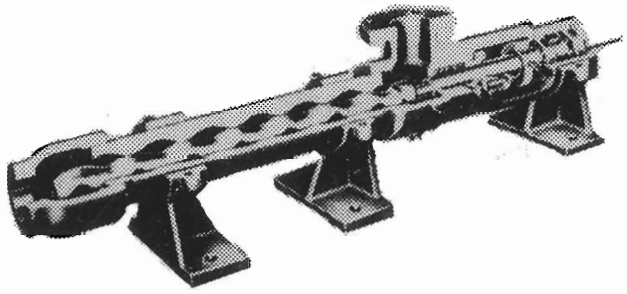


Fig. 14-15 Single-Screw pump for chemical applications. (Robbins myers, Inc).

پمپ‌های دورانی (روتاری)

انواع مختلفی از پمپ‌های دورانی برای سرویس‌های بهداشتی ساخته‌شده‌اند که در تهیه مواد غذایی نیز به کارمی‌روند. انواعی که با در نظرگرفتن شرایط پمپ بهداشتی تولیدشده‌اند شامل پمپ‌ها چرخدنده خورشیدی (شکل ۳ - ۲) پیچی (شکل ۷ - ۲) پره لرزان (شکل ۱۰ - ۲) و تعدادی دیگر می‌باشد. بعضی از آنها توسط محرک گیربکس‌دار در سرعت کم راه‌اندازی شده و جهت مخلوط کردن یا آسیاکردن محصولات به کارمی‌روند. پمپ تک‌پیچ (شکل ۱۵ - ۱٤) برای انواع مصارف ازجمله انتقال سس گوجه‌فرنگی، خردل، خامه و غیره استفاده‌می‌شود که اغلب از فولاد ضدزنگ در ظرفیتهای تا ۲۵۰ گالن در دقیقه با فشار ۶۰۰psi ساخته‌می‌شود. دو نوع پمپ دورانی در شکل نشان‌داده‌شده‌است. یکی دارای پره‌های تیغه‌ای‌شکل و دیگری دارای پره قابل ارتجاع است. این انواع بخصوص جهت سرویس‌های بهداشتی ساخته‌شده و به طور وسیعی در جابجایی محصولاتی مانند سوپ، قلیه، قورمه، و توت فرنگی در تولید مربا، ژله، پای، غذای کودک، شیرینی، کیک و دیگر موارد به کارمی‌روند. هر دو طرح با جابجایی مثبت و خودهواگیر بوده وحجم ثابتی را بدون تاثیر سرعت یا فشار به جریان می‌اندازند و از آلیاژ نیکل، برنز، فولاد ضدزنگ، فولاد تندبر و مواد دیگر ساخته‌می‌شوند. ممکن‌است با کوپلینگ مستقیم با محرکه یا از طریق چرخدنده و یا تسمه به گردش درآیند. طراحی آنها با شرایط بهداشتی و با در نظرگرفتن امکان نظافت کامل انجام‌می‌گیرد. محفظه‌ای که طی چرخش پره‌ها ایجادمی‌شود به قدر کافی بزرگ انتخاب‌می‌شود تا مواد جامد نیز بدون له‌شدن یا صدمه‌دیدن پمپ شوند.

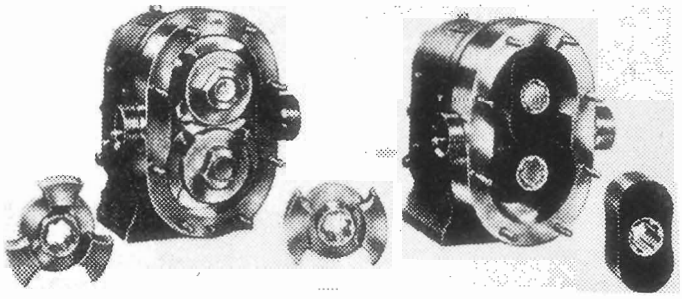


Fig. 16-7 Rotary Sanitary pumps having solid crescent-shaped Flexible rotors.
(Waukesha Foundry Co.)

دستگاههایی که در شکل ۷ - ۱۶ نشان داده‌شده‌اند نمی‌توانند توسط اورینگ آببندی‌شوند زیرا تمام اجزایی که در تماس با مواد غذایی هستند به نحوی طراحی شده‌اند که به سادگی بتوان آنها را شستشو داده و استرلیزه نمود، این قطعات صاف و صیقلی و بدون سطوحی که تمیزکردنشان دشواریاشد ساخته‌می‌شوند. مواد به کاررفته در ساختمان آنها نیز نباید باعث تغییر بو یا مزه غذا شود.

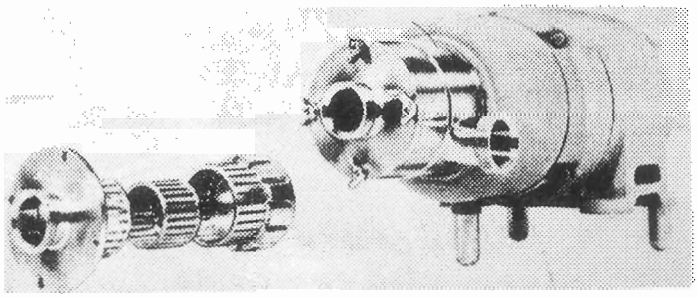


Fig. 16-8 Shear pump transfers food products and also performs processing operations at the same time. (Waukesha Foundry Co.)

شکل ۸ - ۱۶ پمپ جابجایی مواد غذایی مخصوصی را نشان‌میدهد که نه‌تنها باعث انتقال محصولات می‌شود بلکه می‌تواند در عین‌حال به منظورهای دیگری مانند آسیاب کردن، غربال کردن، مخلوط کردن یا چرخ کردن محصولات، بدون هوادهی یا با هوادهی کنترل‌شده مورد استفاده قرار گیرد.

انتخاب پمپ

ظرفیت: ظرفیت پمپ به تناژ غذای جابجاشدنی بستگی‌دارد. برای تبدیل ظرفیت از تن به ظرفیت پمپ بر حسب گالن در دقیقه جداول مخصوص ارائه شده‌است. به طور کلی انتخاب پمپ باید برای عمل در بالاترین راندمان با جریان عادی یا نقطه‌ای روی منحنی HQ که این شرایط را داشته‌باشد انجام گیرد. برای غذاهای جامد باید مقداری آب اضافه‌شود که نسبت آن متغییر است. برای دستیابی به بهترین شرایط پمپاژ باید به بالاترین نسبت ممکن توجه کرد. این مقادیر در جداول ویژه ثبت شده‌اند. در این موارد سرعت باید بحد کافی بالاباشد تااز ته‌نشین‌شدن ذرات جامد جلوگیری‌شودو درعین‌حال نباید چندان زیاد باشد که باعث‌صدمه‌زدن‌به‌محصولات گردد.

ارتفاع: ارتفاع حاصل از پمپ‌های بهداشتی بندرت به ۱۰۰ فوت می‌رسد، برای کاهش اصطکاک به حداقل ممکن از لوله‌های بزرگ و اتصالات ساده استفاده می‌شود که باعث کاهش ارتفاع کل سیستم می‌شود، درنتیجه مایع به راحتی جریان می‌یابد و امکان له‌شدن، درهم‌ریختن و صدمه‌دیدن را به حداقل می‌رساند. درهر حال پمپ باید برای تامین ارتفاع لازم سیستم مناسب باشد.

مواد: در انتخاب مواد علاوه بر استهلاک باید عوامل بسیاری درنظر گرفته‌شود. اجزا پمپ که با غذا در تماسند، برحسب نوع پمپ مورد استفاده عبارتنداز محفظه، پروانه، محور، آببندی، پیستون محورها یا چرخدنده‌ها. فولاد ضدزنگ برای اغلب مواد غذایی غیر از آنهایی که شامل محلولهای نمک هستند مورد استفاده‌است. بسیاری از آلیاژهای مس مانند قلع برای محلولهای نمکی مناسب‌هستند اما باعث تغییر رنگ پوسته موادی مانند نخود، ذرت یا لوبیا می‌شوند. از پمپ‌های برنزی نیز نباید در محلولهای نمکی استفاده‌شود زیرا باعث تغییر رنگ غذا خواهدشد. بعضی اسیدها و اغلب الکیل باعث زنگ‌زدن آلومینیوم می‌شوند. اغلب کشورها مقرراتی جهت تعیین پمپ‌های بهداشتی مورداستفاده در صنایع دارند. لازم به تذکر است که نمونه‌هایی از جداول مورد بحث همچنین جداول مورداشاره در مبحث ظرفیت در شماره‌های گذشته مجله پمپ در مقاله‌های مربوط به انتخاب پمپ ارائه گردیده‌است. به طور خلاصه باید هنگام انتخاب مواد از عدم تغییر رنگ و جلوگیری از تاثیرات مضر شیمیایی و باکتریایی اطمینان حاصل شود.

محرکه: تمام انواع محرکه‌ها در صنایع غذایی مورداستفاده‌قرارمی‌گیرند اما موتورهای الکتریکی بیشتر معمول هستند.

NPSH: باید از برآورد صحیح NPSH لازم هنگام انتخاب پمپ مطمئن‌بود تا همواره ظرفیت پمپاژ مورد نظر حفظ‌شود.

کنترل: برای کنترل ظرفیت، اغلب از محرکه‌ها و کوپلینگهایی با سرعت متغییر استفاده‌می‌شود، بعضی از پمپ‌ها دارای اجزایی برای کنترل ظرفیت در ساختمان خود هستند.

آببندی: آببندی مکانیکی، اورینگ، حلقه‌های کربنی و آببندی‌های آبخنک به طور وسیعی به کاربرده‌می‌شوند. اغلب پمپ‌ها یاتاقانهای خارج از محفظه دارند تا از تماس غذا و روانسازها اجتناب‌شود.

تعداد پمپ‌ها: اغلب در هر سرویس فقط یک پمپ بدون جانشین مورداستفاده‌است مگر درموارد بحرانی و خاص.

لوله کشی: در لوله کشی بهداشتی، لوله‌ها از فولاد ضدزنگ، آلیاژهای نیکل، لاستیک سخت، شیشه یا پلاستیک ساخته می‌شود. پمپ‌های طراحی‌شده برای جابجایی غذا دارای اتصالات بدون پیچیدگی و با ساختمان بهداشتی هستند. برای تعیین افت اصطکاکی در لوله کشی‌ها باید با سازندگان لوله مشاوره‌نمود. افت در انواع لوله‌ها بسیار متغییراست.

در کاربردهای جنبی صنایع غذایی انواع پمپ غیر از پمپ‌های بهداشتی به کارمی‌روند. اگر قوانین محلی یا بروشورهای سازندگان، بازدید روزانه و تمیزکردن کارگاههای مواد غذایی را توصیه کند باید توجه کرد که این دستورات فقط در مورد پمپ‌های بهداشتی و موادی که در ساختمان آنها به کاررفته‌است صادق‌می‌باشد. بقیه پمپ‌های منصوب در کارخانه احتیاج به چنین نظافت مرتبی ندارند.

سید بهزاد مبین
مهندسین مشاور صنعتی بستک

مرجع:
Pump Application Engineering
by; Hicks & Edwards

کاربرد مواد کربنی گرافیتی بعنوان یاتاقان

مهندس جواد حسین پورفیضی

قسمت دوّم

یاتاقانها (Bearings)

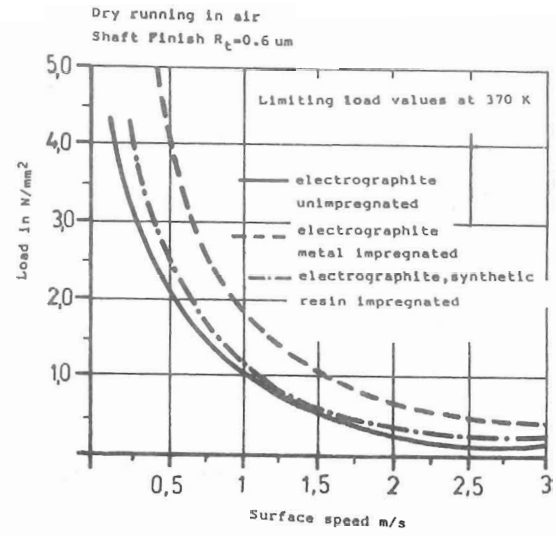
کاربردهای وسیع یاتاقانهای کربنی در ماشینالات و دستگاه‌ها، توأم با نتایج رضایت‌بخشی می‌باشد. در زیر به برخی از این کاربردها اشاره می‌شود.

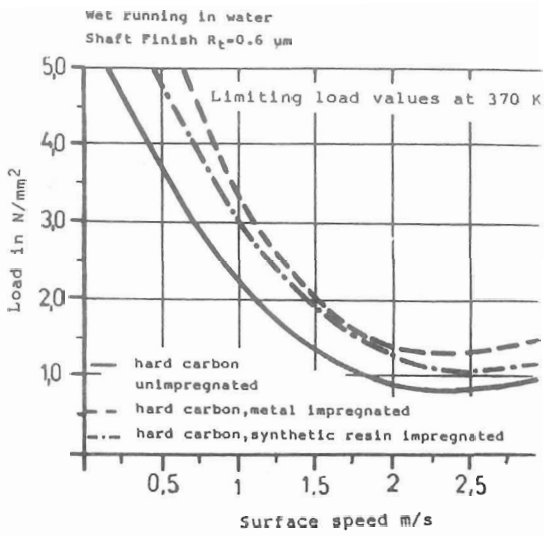
- مواریکه بتوان اضافه دمای یاتاقان را با سیّال روانکاری مناسب خارج کرد.
- مواردیکه نتوانیم از روغن روانکاری استفاده کنیم.
- مواردیکه محیط کارکرد سبب حلّ گریس باشد می‌تواند براحتی کار کند.
- مواردیکه دیگر مواد یاتاقانی به سبب خورندگی فوق‌العادهٔ محیط نتوانند کار کنند.
- مواردیکه بایستی با مایعاتی که هیچگونه خاصیت روانکاری تجاری ندارند کار کند.
(آب - محلولهای آبی - بنزین و غیره)

روغنهای غلیظ (Viscous) و چرب حالت بحرانی یاتاقانهای کربنی را تشدید می‌کنند. و این حالت هنگامی بحرانی‌تر می‌شود که گرد و غبار کربن در محیط روغن غلیظ بسرعت سخت شده و خمیری شکل گردد.

بارگذاری مجاز (Permissible loading)

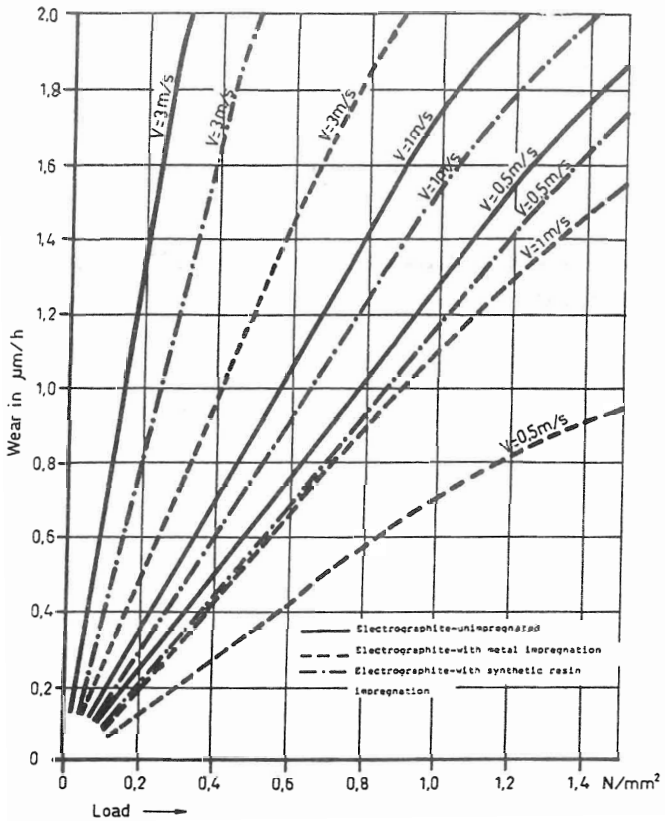
مانند کلیّهٔ یاتاقانها، این مشخصه بستگی به سرعت خطّی سطوح (Surface speed) دارد. نمودارهای بار - سرعت (Load/speed) براساس نتایج آزمایشگاهی مطابق شکل می‌باشند. چنانکه از نمودارها مشخص است مقدار PV برای یاتاقانهای خورانده شده (Impregnated) بتوسط رزین و فلز بیشتر از یاتاقانهای خورانده نشده (Unimpregnated) برای هر دو محیط تر و خشک می‌باشد.





سایش (Wear)

نمودارهای زیر نمایانگر نتایج تجربی می‌باشند که رابطهٔ بین میزان سایش (µm/h) تحت اثر بار اعمال شده (N/mm^2) برای سرعتهای خطی (m/s) 0.5,1,3 و سه نوع یاتاق کربنی نشانمیدهد. با توجه به دیاگرامها مزیت جنس خورانده شده بوضوح مشخص است.

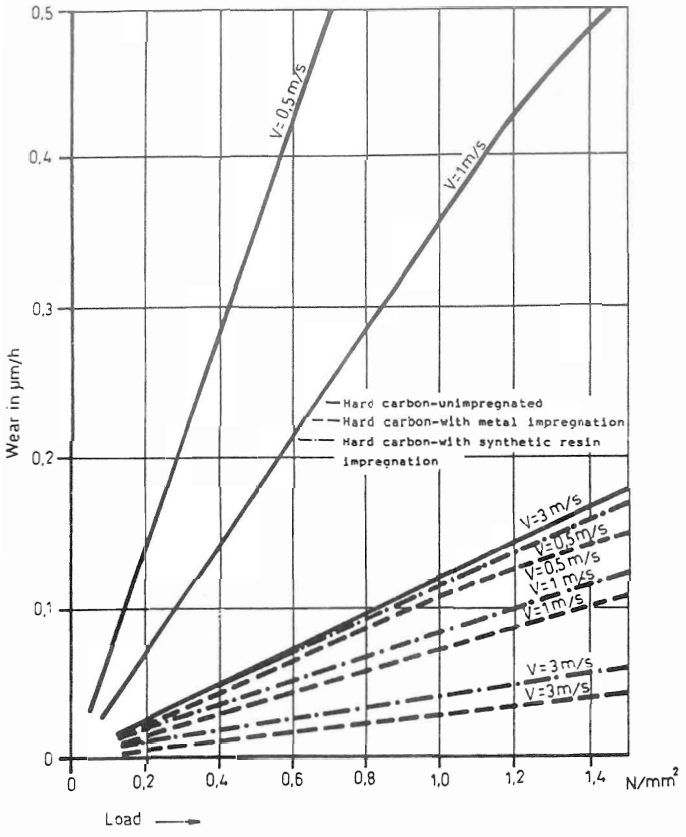


Wear of Carbon Bearings

Dry running in air in relation to loading and surface speed

Shaft finish to R_t = 0.6 µm

Shaft diameter 15 mm



Wear of Carbon Bearings

Wet running in water in relation to loading and surface speed

Shaft finish to R_t = 0.6 µm

Shaft diameter 15 mm

سطح تمام شدهٔ محور (Shaft Finish)

عملکرد خوب یک یاتاقان کربنی، همچنین بستگی به سطوح تماس یاتاقانی خواهد داشت. قابل تذکر است که یک محور با سطوح ماشین کاری شده نتایج رضایت‌بخشی نخواهد داشت.

برای بررسی بیشتر این موضوع به عنوان (سطوح تمام شدهٔ مواد) در بخش اول مراجعه نمائید.

ضمناً برای کارکرد صحیح محورهای سخت کاری شده، مناسبترند.

بار محوری (Axial loading)

یاتاقانهای نوع EK می‌توانند در بارهای محوری نیز کار کنند. در اینحال بایستی به صافی سطوح تماس توجه کافی مبذول نمود. واشر مخصوصی بار محوری که سخت کاری شده و کاملاً سنگ‌زنی نرم و پلیش کاری شده باشد. جهت نصب روی محور مناسب‌تر است. ضمناً برای تنظیم موقعیت واشر می‌توان از محفظهٔ مخصوص خود تنظیم کننده بشکل نیمکره، فنر یا پایهٔ انعطاف‌پذیر استفاده نمود.

برای بار محوری نیز شبیه بار شعاعی مشخصهٔ PV را بکار می‌برند. (به دیاگرام PV مراجع شود)

در محیط عملکردتر، میزان بار اعمال شده بیشتر خواهد بود، در اینحال بایستی شیارهای روغنکاری نیز تعبیه شود.

اصطکاک (Friction)

مقدار واقعی اصطکاک بر خلاف دیگر مشخصات مربوطه به کربن براحتی بدست نمی آید.
عواملی از جمله صافی سطح و جنس محور، نوع و کیفیت روغن و کامل و ناقص بودن روغنکاری همگی بر روی اصطکاک تأثیر دارند.
مقادیر زیر بعنوان راهنما، حدود ضریب اصطکاک μ (coefficient of friction) را نشان میدهد.

روغنکاری کامل	μ = 0.01 - 0.05
روغنکاری ناقص	μ = 0.05 - 0.10
خشک	μ = 0.10 - 0.25

طراحی یاتاقان (Bearing Design)

طراحی یاتاقانهای کربنی براساس DIN 1850، صفحهٔ 4 تحت عنوان «بوشهای کربنی برای یاتاقانهای اصطکاکی» (carbon bushes for friction bearings) می‌باشد.
به عنوان راهنمای عمومی داریم:

$I=d_1$	$I_{max}=2d_1$	$s=(0.10 \text{ to } 0.20)\times d$	$s_{min}=3mm$
I= طول یاتاقان	d_1= قطر سوراخ	s= ضخامت دیواره	

که در آنها:
برای یاتاقانهای خشک سوراخ بایستی صاف بوده و برای یاتاقانهای تر وجود شیارهای مارپیچی و مستقیم در داخل یاتاقان ضروری است. ترتیب شیارها مطابق DIN 1850، صفحهٔ 2 می‌باشد.

نصب (fitting)

با توجه به اینکه کربن همانند تمامی مواد سرامیکی شکننده می‌باشد. بنابراین حدالامکان در هنگام نصب بایستی بتوسط محفظهٔ یاتاقان محافظت شود. هنگامیکه سطح خارجی بعنوان سطح یاتاقانی عمل می کند. یک طول محافظت نشده معادل پخ ایجاد شده قابل قبول میباشد.
در هنگام نصب معمولاً با استفاده از پرس در حالت سرد و یا پرس انقباضی (press-fitted cold or shrink-fitted) یاتاقانها را مستقیماً در داخل محفظه و یا بوش فلزی قرار میدهد.
هنگام پرس نمودن بایستی بخاطر داشت که ضریب انبساط حرارتی کربن ($3....5\times10^{-6}$/ok) کمتر از فلزاتی می‌باشد که معمولاً بعنوان اجزاء ماشین بکار می‌رود. برای پرس کاری سرد (cold press) کربن به داخل برش فولادی تا دمای 420^{ok} تلرانسهای H7/S6 مناسب ترند. اگر محفظهٔ یاتاقان دارای ضریب انبساط بیشتری نسبت به فولاد باشد در اینحال بایستی دمای ماگزیمم بطور مؤثرتری کاهش یابد.
سوار کردن بتوسط پرس سرد با استفاده از پین اتصال فلنجی بهتر انجام میگیرد. که در یک محدودهٔ تلرانسی زیر تلرانس نرو (Unfitted) قرار میگیرد. در اینحال یک کاهش معادل 85%-75% در ابعاد سوراخ با توجه به نوع کربن - ضخامت جداره و تلرانسهای انتخابی انجام میگیرد.

اگر دمای کارکرد نسبت به نصب شرایط پرس سرد خیلی بالاتر باشد، در اینحال از اتصال انقباض (Shrink-fitted) بایستی استفاده نمود. تجارب نشانمیدهند که محدودیت در موقعیتهای H7/X8-Z8 می‌باشد. با در نظر گرفتن یک دمای انقباضی بقدر کافی بالاتر نسبت به دمای کارکرد برای محفظهٔ یاتاقان میتوان براحتی یاتاقان سرد را در داخل آن جای داد.

هنگامیکه اتصال انقباضی در این محدوده انجام میگیرد، قطر مورد نظر مانند حالت پرس سرد منقبض می‌شود که این کاهش معادل 100%-80% خواهد داشت.

محدودهٔ دمای بالا برای یک اتصال انقباضی با تلرانس H7/Z8 با یک محفظه فولادی تقریباً 570^{nk} می‌باشد. برای دماهای بالاتر و یا موادی با ضریب انبساط حرارتی بیشتر از فولاد، تلرانسهای مخصوص و یا اتصال مخصوص بخود بایستی در نظر گرفت.

برای تلرانسهای کوچکتر (closer tolerances) ماشینکاری نهائی سوراخ بایستی بعد از پرسکاری انقباض صورت گیرد.

لقی یاتاقانی (Bearing clearance)

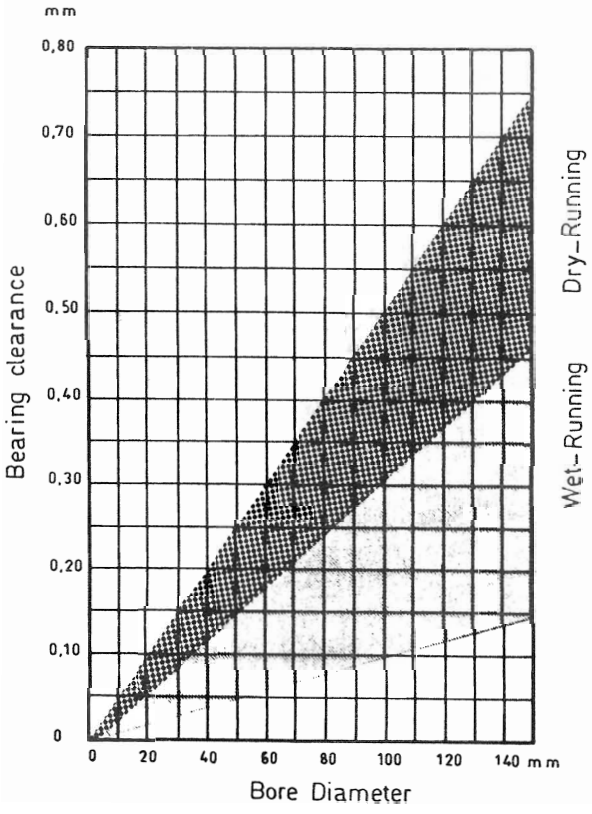
لقی یاتاقانی برای شرایط مختلف به شرح ذیل می‌باشند.

برای کارکرد خشک 0.5%-0.3% قطر محور در دمای کارکرد.

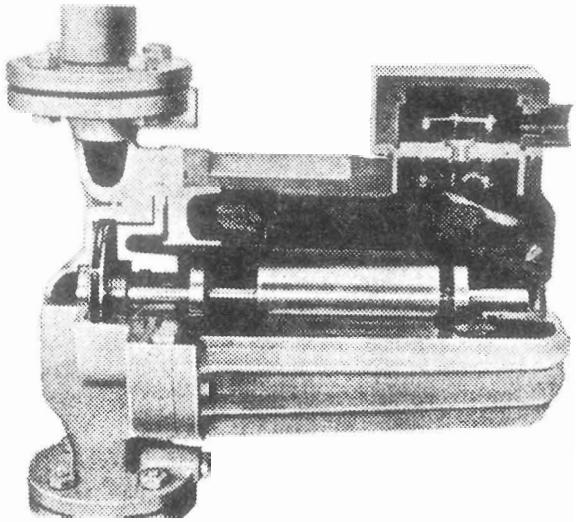
برای کارکرد تر 0.3%-0.1% قطر محور در دمای کارکرد.

بنظر می‌رسد لقی یاتاقانی برای یاتاقانهای کربنی عموماً نسبت به یاتاقانهای روغنکاری شده بیشتر است. در بیشتر کاربردها تلرانسهای نزدیکتر از IT8/IT7 مورد نیاز نمیباشد.

با وجود اینکه ضریب انبساط حرارتی کربنی کم میباشد. یکاختلاف قابل توجهی بین لقی یاتاقان در حالت سرد و در دمای کارکرد وجود دارد. برای دماهای بالا لقی حالت سرد بایستی اصلاح شده و لقی مورد نظر برای دمای بالا محاسبه گردد. درموقع لزوم گرم کردن خارجی محفظهٔ یاتاقان و انبساط آن میتواند مؤثرتر باشد. در اینجاست اندازهٔ پائینی لقی مورد نظر می‌باشد.

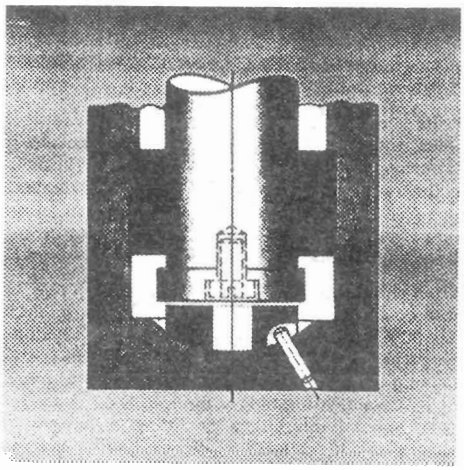


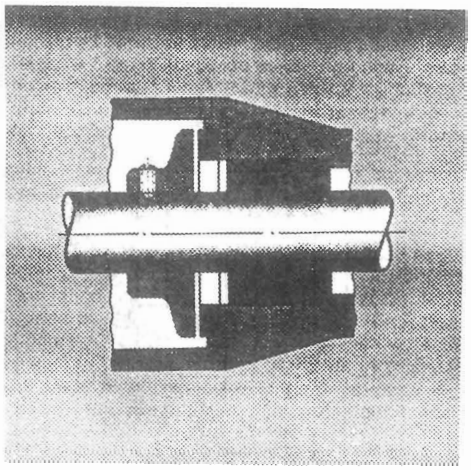
در شکل زیر یک نوع پمپ سیرکولاتور برای سیستم گرمایش که در آن از یاتاقانهای کربنی استفاده شده است ملاحظه می گردد.



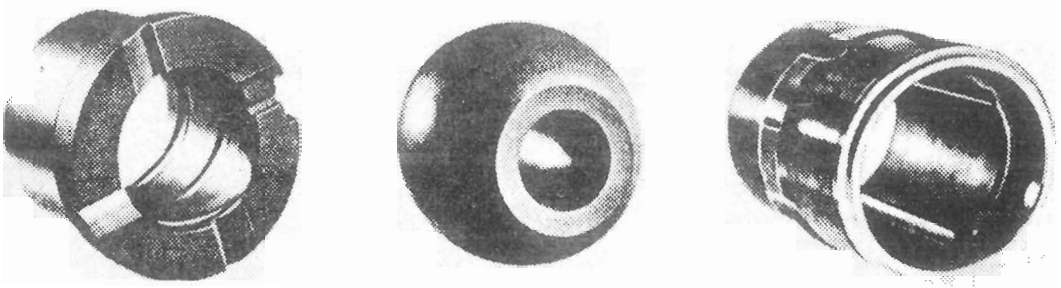
The picture shows a central heating circulating pump, type Acid-Perfecta, made by Firma K. Rütschi A. G. Pumpenbau, Brugg, Switzerland, fluid temperature about 410 . . . 430 K. Permissible pressure in the system is 1 N/mm². Fitted with Ringsdorff carbon bearings, grade EK 3100.

نمونه‌هائی از طراحی و نصب قطعات کربنی

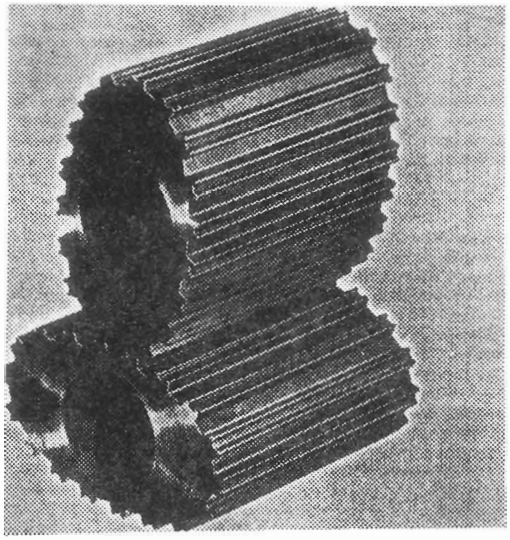


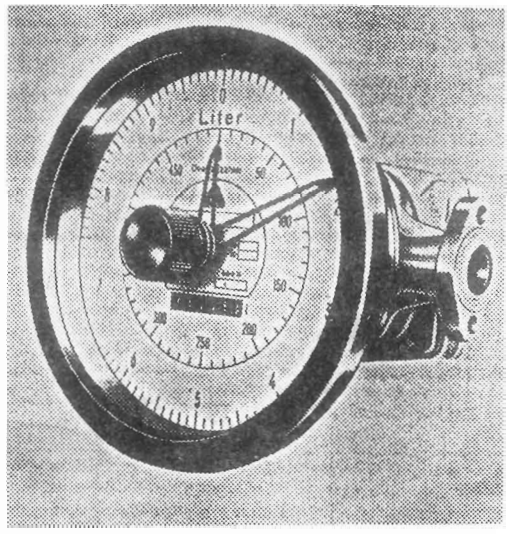


Design and Fitting



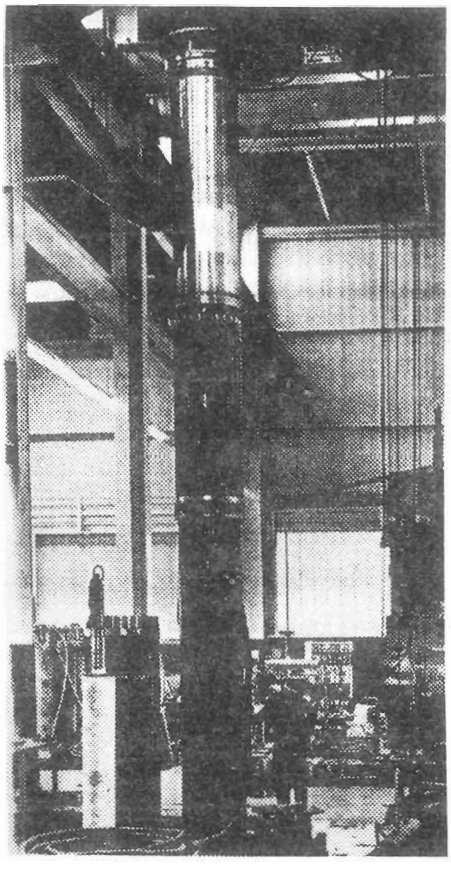
در اشکال زیر نمونه‌ای از یاتاقهای کربنی، که در دبی مترهای مایعات استفاده می‌شود ملاحظه می گردد .

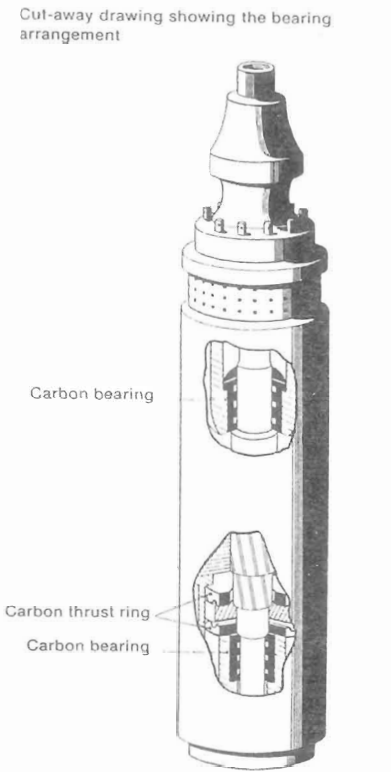




در شکل طرز قرار گرفتن یاتاقان‌های ژورنال و کفگرد مربوط به الکتروموتوریک نوع الکتروپمپ شناور بزرگ ملاحظه می‌شود .

سرعت محیطی محور $12^{m/s}$ و روانکاری و خنک کاری یاتاقانها بتوسط آب انجام میگیرد .



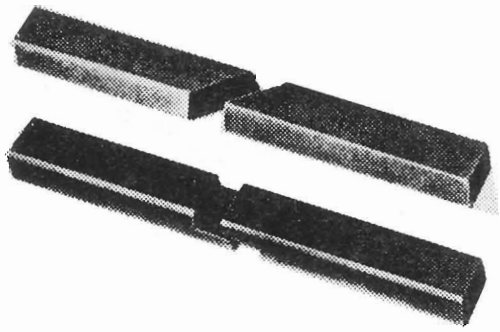


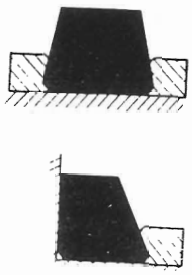
شمشهای لغزشی. (Slide Bars)

شبیه کاربرد مواد کربنی بعنوان یاتاقان در حرکتهای دورانی، برای حرکتهای خطّی (linear movements) نیز از این مواد استفاده می‌شود.

این اجزاء کربنی در صنایع کاغذ و نساجی و دستگاههای مربوط به صنایع چوب و... کاربرد فراوانی دارند. میله و شمشهای کربنی بتوسطه پیچ و گیره و یا پرس نمودن و یا با استفاده از چسب در محلّ خود محکم می گردند. در اینحال ضریب انبساط طولی کربن نسبت به فلز بایستی همواره مدّ نظر باشد

شمشهای کربنی در طولهای 200 الیٰ 500 میلیمتری تهیه می‌شوند. که برای طولهای بزرگتر از اتصال طولی این قطعات در کنار هم استفاده می‌شود.





آب بندها (Seals)

کاربرد:

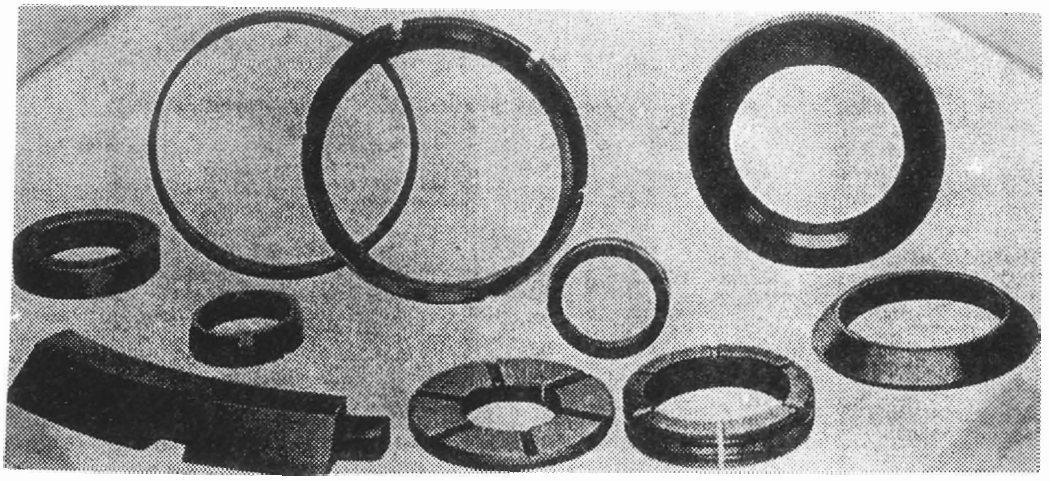
آب بندهای کربنی برای هر دو نوع حرکت دورانی و رفت و برگشتی (rotary and reciprocating movement) بسیار مناسب می باشند. کربن برای سالیان متمادی بعنوان اجزاء موتورهای جت بکار رفته است. طراحیهای مختلف مطابق کاربردهای این قطعات به شرح ذیل طبقه‌بندی می‌شود.

- رینگهای آب‌بندی (Sealing rings)
- رینگهای چند تکّهٔ مخصوص بخار (Steam joint rings)
- رینگهای پیستونی و یاتاقانی (Piston and bearing rings)
- رینگهای آببندی گلند (Gland ring)
- رینگهای با محافظ فلزی (Metal-sleeved rings)
- گلند رینگهای مارپیچ (Labyrinth gland rings)
- گلند رینگهای توربین آب (Water trbine gland rings)
- آب‌بندهای نوع استریپ (Sealing strips)

کربن ضمناً در مواقعی که یک یا چند مورد از شرایط ذیل حاکم باشد بکار می‌رود.

- در شرایطی که دما برای روغن بسیار بالا باشد.
- در شرایطی که نتوان از روغن استفاده نمود.
- در شرایطی که رینگ آب‌بندی بصورت خشک کار کند.

- در شرایطی که مواد فلزی و دیگر مواد مورد استفاده در آببندها را به سبب مشخصات نامناسب اصطکاکی و یا خطر ناشی از خوردگی نتوان استفاده نمود.



نصب (Fitting)

اجزاء آب‌بندی کربنی (EK) مستقیماً میتوانند جایگزین آب‌بندی‌های فلزی و دیگر مواد باشند. برای کلیهٔ آب‌بندهائی که کربن بعنوان تکهٔ لغزنده بکار می‌رود. صافی سطوح امر بسیار مهمی می‌باشد. توصیه لازم در این زمینه جهت پرداخت کاری و پلیش کاری تکهٔ دیگر است (برای بررسی بیشتر به بخش اوّل مراجعه شود). با توجه به اینکه مواد مورد مصرف در ساخت تکهٔ غیر کربنی مکانیکال سیل نسبت به صافی سطح آن از اهمیّت کمتری برخوردار است. بنابراین از استلیت (stelliete) - فولاد - چدن - مواد غیر آهنی و سرامیک و... جهت ساخت آن استفاده می‌شود.

هنگامیکه از رینکهای آب‌بند چند تکه استفاده می‌شود. مخصوصاً برای آب‌بندهای شعاعی میتوان میزان آب‌بندی را با چیدن چند رینک در محفظه یا شیارها، (رینک پیستون) و اتصال آنها بهم افزایش داد.

اصطکاک (Friction)

برای بررسی بیشتر این موضوع به بخش اوّل مراجعه شود.

طراحی و اندازه‌ها (Design and sizes)

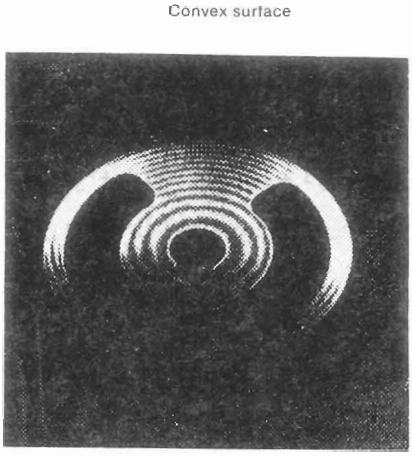
این موضوع بهمراه تلرانسهای پیشنهادی با مثالهائی اشاره خواهد شد.

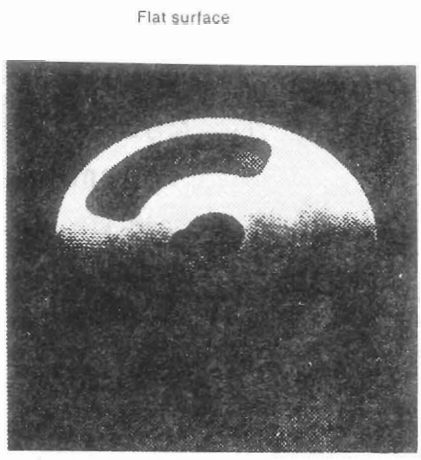
رینگهای آببندی (Sealing Rings)

برای آب‌بندی محوری (**axial shaft sealing**)، محفظه‌های آب‌بندی نوار گرافیت (**stuffing box**) بصورت وسیعی بتوسط آب‌بندهای شعاعی (**readial seal**) جانشین می گردد.
اجزاً ضروری برای آب‌بندهای شعاعی به شرح ذیل می‌باشند.

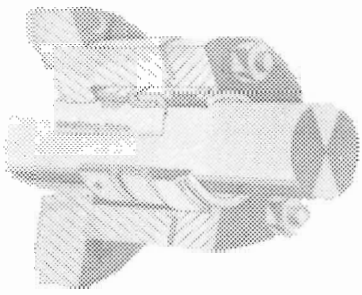
- یک رینک ثابت (**fix or counter ring**)
- یک رینک دوّار (**rotating ring**)
- یک فنر جهت ایجاد فشار لازم برای اتصال سطوح آب‌بندی (**0.1 to 0.2 N/mm^2**)

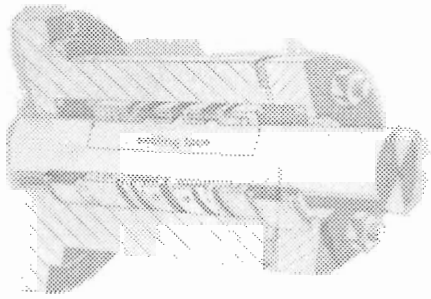
در اینحال قطر سطح آب‌بندی ثابت (counterface) که از جنس سرامیک یا فلز سخت میباشد، بایستی به اندازهٔ قطر رینک کربنی و یا بیشتر از آن بوده باشد.
هنگامیکه خطر خوردگی شیمیائی موجود باشد. آب‌بندهای نوع کربن - کربن بصورت رضایت‌بخشی کار خواهند کرد. در اینحال بهتر است هر دو تکهٔ ذغالی در یک شماره و سطوح سایشی نیز به یک ابعاد (جهت جلوگیری از ساینده گی و نفوذ بداخل هم) انتخاب شوند.
شبیه یاتاقانها، رینگهای آب‌بندی را نیز می‌توان در محفظه بتوسط پرس و یا پرس انقباضی (shrink fitted) جای داد. تلرانسهای مورد نیاز برای اینکار قبلاً توضیح داده شده‌اند.
این روش استفاده از رینک کربنی همواره یک آببندی مطلوبی را نتیجه نخواهد داد. در عین حال این رینکها را می‌توان با استفاده از اتصال بتوسط چسب استفاده نمود. (به قسمت اوّل مراجعه شود)
برای جبران هر گونه عدم ثبات یا انحراف محوری رینک میتوان یک یا دو رینک را در داخل محفظه‌ای انعطاف‌پذیر مانند یک رینک لاستیکی سخت قرار داد.
رینکهای آببندی بطور وسیع در آببندی محیط مایع از گاز در سرعتهای دورانی زیاد بکار می‌رود. در عین حال در بعضی موارد رینکها بطور خشک و در سرعتهای کم کار می کنند.
میزان متوسط سایش (Wear) در این رینکها 2-20 µm/100h می‌باشد.
میزان سایش به عوامل مختلفی بستگی دارد. این عوامل نه تنها بستگی به ترکیب مواد مورد استفاده دارد. بلکه بستگی به تعدادی از پارامترهائی دارد که غیر قابل اندازه گیری می‌باشند. (مثلاً وضع دما و اصطکاک در سطوح آببندی) برای نمونه میتوان از یک آببند با رینک کربن سخت (Hard carbon) خورانده شده با آنتیمون (antimony impregnated) در کنار رینک استلیت (Stellite) برای یک پمپ بوتان و بنزین نام برد. برای مورد فوق بعد از دو سال کارکرد مداوم پمپ (حدود 16,000 ساعت) در فشار خروجی 17 اتمسفر و سرعت $5^{m/scc}$، هیچگونه سایش قابل اندازه گیری مشاهده نگردید.
جهت کاربردهای معمولی تحمل فشار توسط رینکهای خورانده شده کافی میباشد. برای کاربردهای سنگین‌تر رینگها بایستی در فشار گاز تست شده باشند. (individually tested gas-tight rings)
یکنواختی در میزان خوراند گی (Impregnation) را میتوان با استفاده از آزمایش اشعهٔ X مشخص نمود.

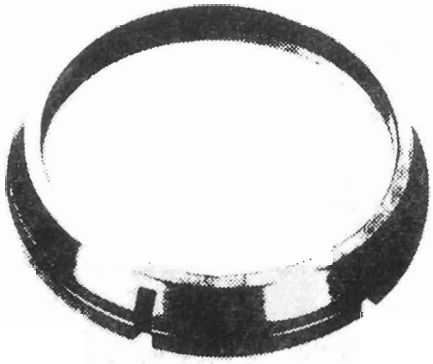


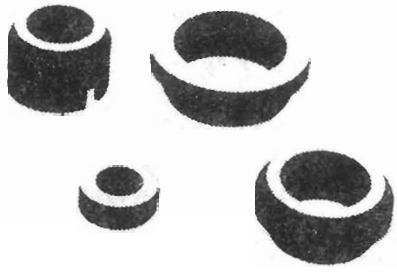


برای کاربردهای معمولی از آببندهای یک طبقه (single acting seal) استفاده می‌شود. در حالیکه برای محیطهای گاز (گازبندی)، مایعات با ذرات جامد متعلق و یا خورندهٔ شیمیائی (Chemically aggressive) و یا دماهای خیلی بالا از آب‌بندهای دو طبقه (double acting seals) استفاده می‌شود. مایع موجود در بین دو آببند علاوه بر اینکه فشار آببندی را فراهم می آورند. باعث روغنکاری سطوح سایشی شده، و ضمناً حرارت ایجاد شدهٔ اصطکاکی را خارج می کنند.









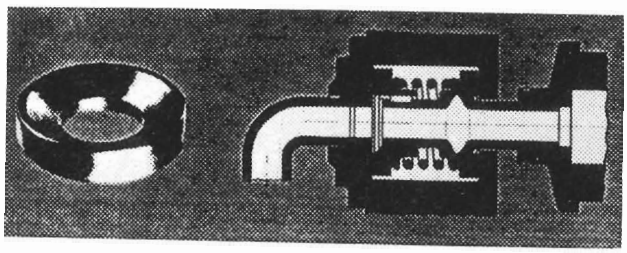
رینگهای بخار (Steam Joint Rings)

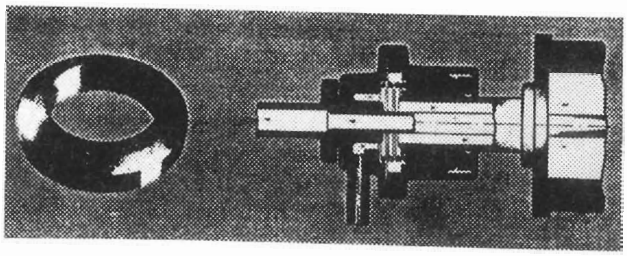
این نوع از رینگهای آببندی با سطوح محدّب یا مقعّر (convex or concave face) آنرا قادر می‌سازد تا زمانیکه محور می گردد و یا حرکت ارتعاشی موجود باشد. بخار را به داخل سیلندر دوار یا رول هدایت نماید.

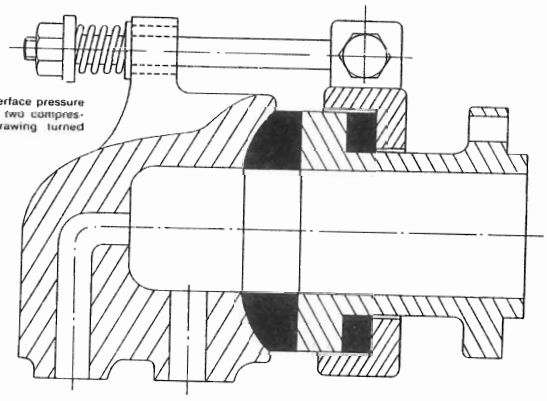
فشار فنر اعمال شده به سطوح در اینحال حدود $0.01N/mm^2$ می‌باشد.

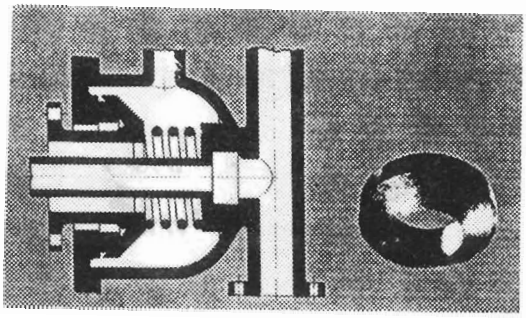
کربن به شمارهٔ EK15 در مواردیکه روانکاری موجود نباشد نتایج مطلوبتری می‌دهد رینگهای مقطع مربع بعنوان رینگهای فشار و بدون تماس با جریان بخار کاربرد زیادی دارند. بنابراین بایستی از کربن با خاصیت خودروانکاری زیاد مثلاً الکتروگرافیت Ek40 استفاده شود.

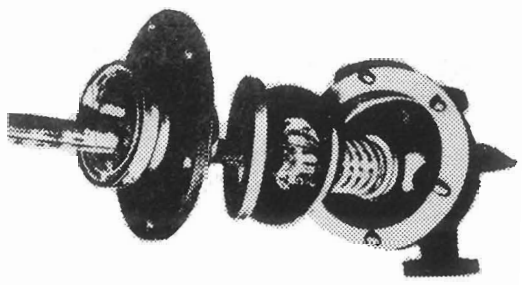
در اشکال زیر طرز مونتاژ و موقعیت رینگهای بخار دیده می‌شود











رینگهای یاتاقانی و پیستونی (Piston and Bearing Rings)

تقاضای کمپرسورهای بدون روغن بطور پیوسته در حال افزایش است. در عین حال به سبب قادر بودن این کمپرسورها برای کارکرد بصورت خشک، کربن یک مادهٔ مناسبی برای رینگهای پیستونی و یاتاقانی میباشد.

هنگامیکه یک گاز حاوی مقدار بخار آب نرمال باشد (در نقطه شبنم (dew point) 273^{ok})، مادهٔ کربنی تا 10,000 ساعت یا بیشتر. حتیٰ با فشار نسبتاً بالا و بدون روغنکاری اضافی می‌تواند کار کند.

پائین بودن نقطه شبنم و خشک بودن گاز باعث پائین آمدن عمر رینگهای پیستونی و رینگهای آب‌بندی (packing) در تمام شرایط مشابه می‌باشد.

در محدودهٔ دمائی بین 213^{ok} و 253^{ok} هر چقدر نقطه شبنم افت می کند میزان سایش نیز بطور پیوسته افزایش خواهد یافت.

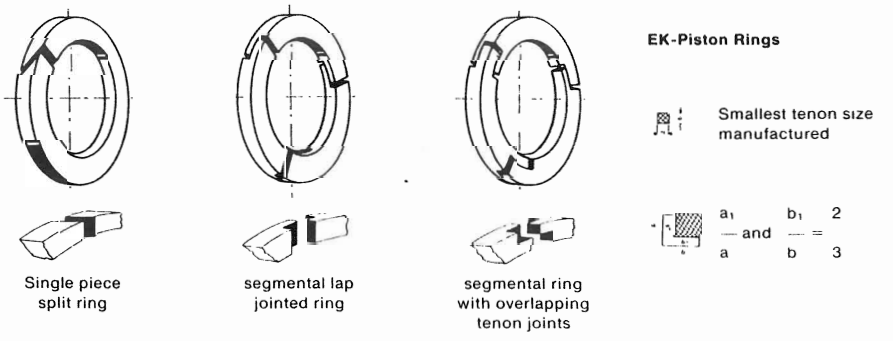
میزان سایش قابل قبول فقط بتوسط پرداخت کاری (honing and superfinishing) سیلندر و پیستون قابل دسترسی است ($Rt \leq 0.5\mu m$)

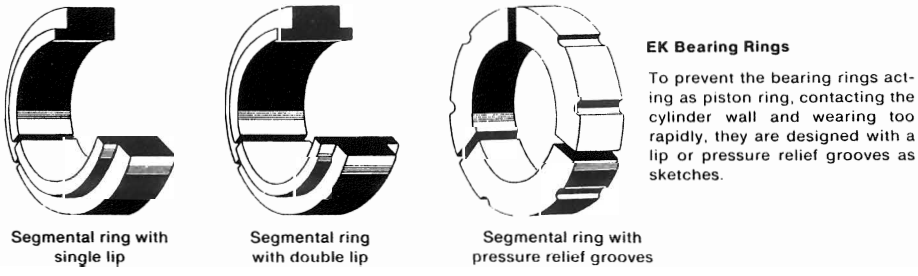
تا حدالامکان، سرعت پیستون نبایستی از $4^{m/see}$ تجاوز کند. در سرعتهای بیشتر میزان سایش می‌تواند دفعتاً افزایش یابد.

رینک پیستونی کربنی می‌تواند بصورت یک تکهٔ شکاف‌دار یا چند تکه ساخته شود. در عین حال با در نظر گرفتن استحکام پائین کربن نسبت به فلز، رینکها کربن با مقاطع بزرگتری ساخته می‌شوند. علاوه بر این به سبب کم بودن مدول الاستیسته مواد کربنی، استفاده از فنر پشت رینگ که در شیار پیستون جای می گیرد ضروری می‌باشد. بطوریکه جنس آن می‌تواند از چدن ریخته گری فولاد - برنز که با توجه به دما و محیط خورنده انتخاب می‌شود.

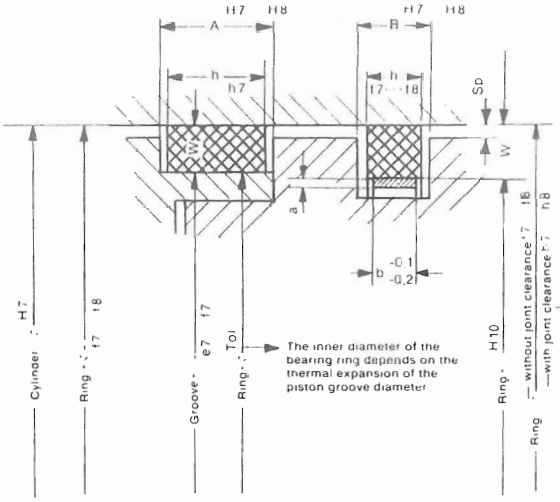
عموماً یک رینک فنری مسطح دو تکه فشاری معادل $0.01...0.015 m/Nm^2$ را بطور رضایت‌بخش اعمال خواهد کرد که این برای یک آب‌بندی کافی خواهد بود.

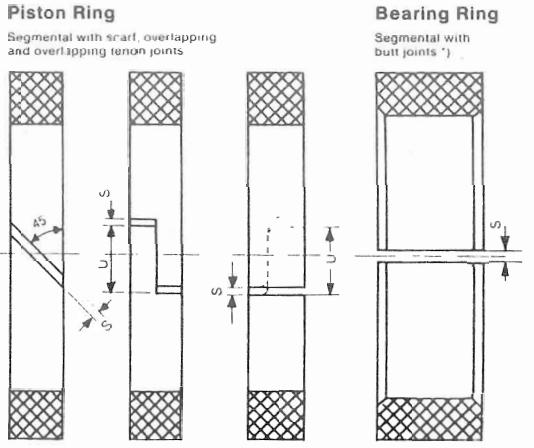
فشار بیشتر از این میزان سایش را افزایش خواهد داد.





EK-Piston and Bearing Rings
Design – Sizes – Tolerances





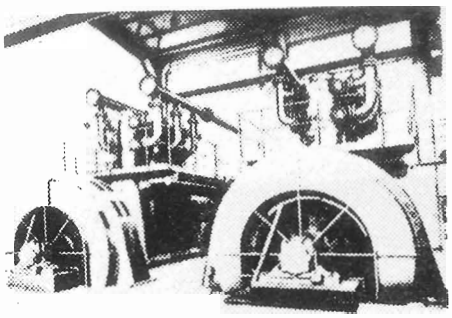
*) With high terminal pressures bearing rings should preferably have pressure relief grooves or a pressure relief lip

Cylinder dia. ∅	Piston Ring h	w	B	Overlap U	Number of Segs	Bearing Ring h	w	A	Number of Segs.	Backing Ring a	b	Piston Clearance Sp
Up to 24	6	5	6	6	3	10	6	10	2	0,2	6	0,6
25— 30										0,3		
31— 40	7	6	7	7		12	8	12		0.4	7	
41— 50				8						0,5		
51— 60	8	8	8			14	10	14		0.6		0,9
61— 80				10						0,8		
81—100	10	10	10	12		18	12	18		1	10	
101—120										1,25		1,2
121—150	12	12	12	14		20	15	20		1,5	12	
151—200										2		
201—250	14	18	14	16		24	18	24		2,5	14	1,5
251—300	16	20	16	18		26	20	26	3	3	16	
301—350	18	22	18	20	4	35	23	35	4	4	18	2
351—400	20	24	20							5	20	
401—450		25		22	5	40	26	40	5			2,5
451—500	22		22							6	22	
501—550	24	28	24		6		28		6		24	
551—600				25						7		3
601—700	25	30	25		8		30				25	

For horizontal machines + ~ 0,5 mm

* The dimensions listed apply to backing rings of spring bronze SnBz 6 HV 160/DIN 1780.
When using other spring materials, dimensions should give a maximum pressure between piston ring and cylinder wall of p = 0,01—0,015 N/mm²

در زیر چند نمونه از کمپرسورها رفت و برگشتی که بصورت خشک کار می کنند و در آنها از رینگهای پیستونی و پکینگ ذغالی استفاده شده است ملاحظه می‌شود .

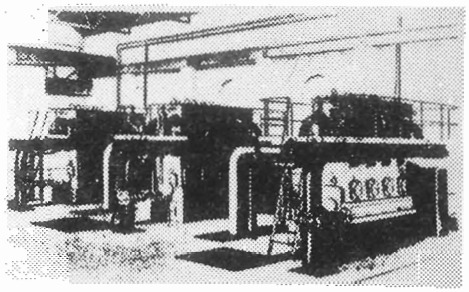


Borsig AG, Berlin

Two vertical three-throw, single stage dry-running reciprocating compressors for 70% hydrogen, 30% hydrocarbons. Output of each compressor 92400 m³/h in accordance with standard (DIN 1343), inlet pressure 30 bar, output pressure 50 bar, mean piston speed 3,2 m/sec

Piston and packing rings

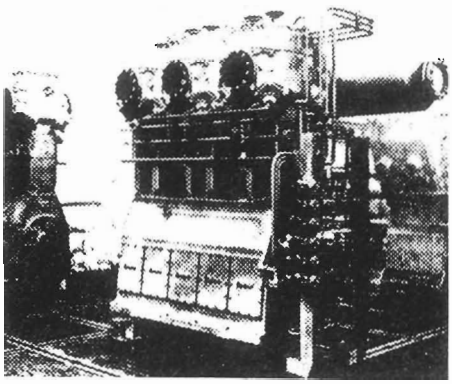
Ringsdorff EK 300



Gesellschaft fur Linde's Eismaschinen AG, Zweigniederlassung Maschinenfabrik Surth

Three vertical 3-stage dry-running reciprocating compressors for oxygen. Output pressure 30 bar, mean piston speed 2,6 m/sec

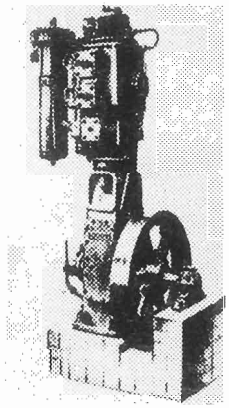
Piston and packing rings
Ringsdorff Su3



Maschinenfabrik Burckhardt AG, Basel

2-stage dry-running reciprocating compressor for hydrochloric acid. Output 2580 m³/h in accordance with standard (DIN 1343), delivery pressure 10 bar, mean piston speed 2,8 m/sec

Piston and packing rings
Ringsdorff EK 200



Halberg, Maschinenbau und Gießerei, Ludwigshafen/Rhein

Vertical 3-stage dry-running reciprocating compressor for nitrogen. Output 180-270 m³/h in accordance with standard (DIN 1343), delivery pressure 35 bar, mean piston speed up to 2,5 m/sec

Piston and packing rings
Ringsdorff EK 300

مأخذ :

Carbon Machine Components of Ringsdorff Co.

ادامه دارد .

گزارشی پیرامون امکان تولید چدنهای مقاوم به سایش Norihard

مهندس ناصر ناصرآبادی

مقدمه

در صنعت پمپ‌سازی در نقاطی که لازم‌است تا مایعات گل آلود، لجن و سیالاتی که دارای مواد جامد سخت هستند حمل‌شوند مسئله سایش قطعات پمپ به‌زودی بروزمی کند. در این موارد مواد جامد سخت که در اثر حرکت سیال دارای انرژی شده‌اند با جداره‌ها و قطعات داخلی پمپ برخورد کرده و باعث خراش آن سطوح می‌شوند. این عمل فرسایش شدیدی را به‌مرور ایجادمی کند. در مواردی که سیال خورنده‌ای پمپ می‌شود وجود ذرات جامد سخت، خوردگی شیمیایی را نیز تسریع می کند که این عمل می‌تواند به دلایل مختلفی رخ‌دهد، ازجمله اینکه بعضی از مواد ساختمانی پمپها و اتصالات بعلت اینکه لایه‌ای ترکیبی با مواد خورنده ایجادمی کنند که قادراست به علت فشردگی ساختاری سطوح حساس و غیرمقاوم زیر این لایه را در برابر خوردگی بعدی مصون‌نگهدارد، مقاوم به خوردگی شناخته‌می‌شوند. مثل مقاومت بعضی از چدنهای آستنیتی نیکل‌دار معروف به Ni-Resist به محیطهای آمونیاکی و هیدروژن سولفوره که دراثر ایجاد فیلم مقاوم سولفید بر روی سطوح این چدنهاست که بقیه چدن از خوردگی مصون‌می‌ماند. (در مورد پمپهای صنایع نفت و پمپهای فاضلاب) حال آنکه مواد ساینده همراه سیال خورنده می‌تواند این فیلم مقاوم را خراشیده و جداکرده و لایه غیرمقاوم زیر سطحی فلز را دوبار، در برابر مواد خورنده قراردهد و به این ترتیب خوردگی شیمیایی بوجودخواهدآمد ولی لایه محافظ هیچگاه نخواهدتوانست سطح فلز را کاملا فراگیرد. در موارد معمول تنها سایش ذرات برای فرسایش قطعات و ازبین‌بردن آنها کافی‌خواهدبود. به‌این خاطر لزوم بکارگیری مواد مقاوم به سایش حس‌می‌شود. در مورد پمپها چون هرگونه تغییری بر روی پره‌های پروانه باعث تغییر مشخصات فنی پمپ می‌شود مقاومت به سایش به‌مراتب مهمتر خواهدبود.

شناخت مواد مقاوم به سایش

مواد مقاوم به سایش اصولاً باید دارای سختی بالایی باشند تا کمتر جسمی بتواند روی سطح آنها خراش ایجاد کند. این سری مواد را می‌توان در فولادها و چدنها جستجو کرد که بسته به امکانات و مزایای هر کدام قابل انتخاب می‌باشند.

قطعات پمپ معمولاً از طریق ریخته گری ساخته‌می‌شوند و دارای اشکال پچیده‌ای هستند که از دیگر روشها قابل تولید نیستند به این خاطر باید موادی را جست که خواص ریخته گری مناسبی داشته‌باشند و از طرفی در دسترس باشند. در گروه فولادها بخش وسیعی از این مواد وجوددارند که غالباً دارای ساختار مارتنزیتی هستند مثلا در یک نمونه از این قطعات پروانه پمپی را داریم از فولاد ضد زنگ با آنالیز زیر:

P	S	Cr	Ni	Mo
٪۰۲۸	٪۰/۰۱۹	٪۱۲/۶۳	٪۰/۱۹	٪۰/۰۸
Cu	C	Si	MN	
٪/۰۷	٪۰/۲۱	٪۰/۶۸	٪۰/۴۲	

تولید اینگونه فولادها بعلت مسائل مختلف فولادسازی علیرغم سادگی ظاهری ترکیب آنها به سادگی امکان‌پذیرنیست. و از طرفی این فولاد خاص با سختی نسبتاً خوبی که دارد در عملی چندان خوب از کار درنیامده و خیلی زود سائیده‌شده‌است.

البته در مورد فولادهای مقاوم به سایش سخت کاری‌های سطحی بسیار مرسوم‌است و سختیهای بالایی را نیز به‌دست‌می‌دهند.

در گروه چدنها نیز بخشی به نام چدنهای مقاوم به سایش وجود دارد که شامل چدنهای سریع سرد شده یا Chilled Cast Irons و چدنهای سفید یا White Cast Irons می‌باشد. گروه اول همانطور که از اسمش پیداست در اثر ریخته گری مقاطع نازک با ریخته گری در قالب‌های فلزی تولیدمی‌شود ایراد این چدنها تردی زیاد و عدم امکان ماشینکاری بر روی آنهاست. این گونه چدنها برای ساخت قطعات پمپ مناسب نیست و در ضمن، این گروه به علت ماهیت ساختاری، که دارند گرچه در عملیات حرارتی نرم کاری یا آنیلینگ سختی مناسبی جهت ماشینکاری به‌دست‌می‌دهند ولی دیگر قادر به سختکاری بعدی آنها نخواهیم‌بود. این گروه را برای ساخت غلطک‌های نورد و قطعات مالیبل تولیدمی کنند.

گروه دوم چدنهای سفید آلیاژی هستند. در این گروه از چدنها از عناصر آلیاژی به منظور ایجاد کاربیدهای سخت و جلوگیری از ایجاد گرافیت (خاکستری‌شدن) استفاده‌شده‌است. سرعت سرد شده دراین قبیل چدن‌ها هنوز بر روی ساختار زمینه موثر است. این گروه دارای گستردگی بیشتری از لحاظ خواص مکانیکی، سختی و سفتی و مقاومت به ضربه هستندو نسبت به چدنهای گروه اول مقاومتر هستند. این قبیل چدنها به علت داشتن عناصر آلیاژی گرانتر از گروه اول هستند ولی به خاطر عمر طولانی‌تر و خواص بهتر خود می‌توانند این نقیصه را جبران کنند و امروزه در تناژ بالایی مورد مصرف داشته‌باشند. این گروه چدنها بسته به نوع و درصد عناصر آلیاژیشان دارای زمینه‌های متفاوت و سختی‌های متنوع هستند.

منظور ما از تولید این نوع چدنها رسیدن به سختی بالاست پس در این گروه باید دنبال چدنهای سفید با ساختار مارتنزیتی بود جدول زیر چندین نوع از این چدنها را معرفی می کند.

Item	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P	Bhn	Matrix
1.	2. 90	0. 5	0. 5	. . .	. .	. .	0. 12	0. 10	415 to 460	CP
2.	3. 50	0. 5	0. 5	1. 0	. .	. .	0. 12	0. 30	444 to 477	CP
3.	3. 20	0. 5	0. 6	2. 0	4. 5	. .	0. 12	0. 20	550 to 650	M,A
4.	3. 50	0. 5	0. 6	2. 0	3. 0	1. 0	0. 12	0. 10	600 to 650	M,A
5.	2. 75	0. 6	0. 7	27. 0	. .	0. 5	0. 03	0. 06	550 to 700	M,A
6.	3. 25	0. 6	0. 7	15. 0	. .	3. 0	0. 03	0. 06	600 to 750	M,A

CP = coarse Pearlite M = martensite A = austenite

به علت وجود عناصری مثل Cr و Ni در کنار هم که گاماژن هستند یا به عبارتی عامل پایدارکردن فاز آستنیت می باشند ساختار قطعات ریخته شده دارای زمینهٔ آستنیتی و مارتنزیتی در کنار هم است پس می توان با کمک عملیات حرارتی به زمینه مارتنزیتی یکدست رسید و سختی را بالاتربرد از طرف دیگر بالارفتن سختی بستگی به نسبت ($\frac{Cr}{C}$) دارد چون یکی دیگر از عوامل بالابودن سختی این چدنها همانطوریکه قبلا نیز گفته شد وجود کاربیدهای سختِ کُرُم است. در هر حال در مورد قطعات پمپ دو مسئله باید مدّ نظر قراربگیرد، اول: سختی و مقاومت به سایش خوب.

ب: قابلیت نرم کاری به منظور عملیات ماشین کاری روی قطعات.

مورد دوم که بسیار حائز اهمیت نیز می باشد گروه چدنهای سفید مارتنزیتی NI-Crدار معروف به Ni-Hard را از دور خارج می کند چون این چدنها را بجز با وسائل سنگ‌زنی مناسب نمی توان شکل داد و قابل نرم کاری نیستند. و در مواردی استفاده می شوند که قطعات به همان صورت ریخته شده (ascast) مورد مصرف داشته باشند مثل گلوله های آسیاب، فکهای سنگ شکنها و غیره.

در جدول یادشده، گروه چدنهای پرکرُم و پرکرم‌مولیبدن‌دار باقی می‌ماند که چدنهای پرکرم در مقاطع ضخیم در موقع سردشدن میل شدید به ایجاد زمینهٔ پرلیتی دارند که این امر مقاومت به سایش این گروه را کم می کند حال آنکه MO به عنوان عامل اصلاح کننده می تواند دخالت کند و از وقوع این تحول جلوگیری نماید و تحول را بسوی مارتنزیتی شدن سوق دهد به این دلیل است که امروزه قطعات با مقاطع ضخیم را نیز می توان با ساختار مارتنزیتی تولید کرد از طرفی وجود MO مقاومت به ضربه و سفتی را افزایش می دهد.

در گروه باقیمانده در جدول مقدار Cr تا ۱۵٪ کاهش یافته ولی درعوض MO تا حدود ۳٪ اضافه شده است. این گروه اخیرالذکر از آلیاژهای بسیار مناسب برای مصارف پمپ‌سازی است چون هم قابلیت نرم کاری دارد و هم مقاومت به سایش بالایی از خود نشان می‌دهند ایراد این چدنها قیمت بالای عناصر آلیاژی و عملیات حرارتی طولانی آنهاست.

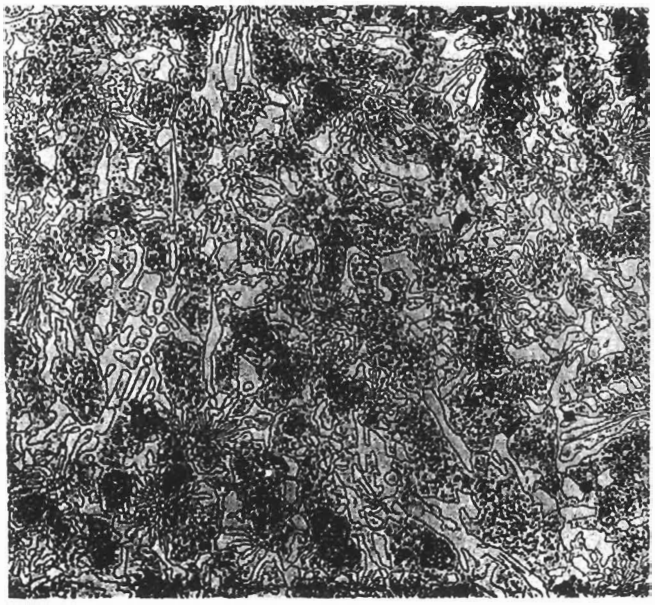
معرفی چدن Norihard

کارخانهٔ KSB آلمان برای قطعات پمپهایی که با مواد ساینده مواجه‌هستند از نوعی چدن سفید کرم‌مولیبدن‌دار کم کربن استفاده‌می کند که با نام Norihard NH 15 3 یا G-X 250 Cr MO 15 3 معرفی‌شده‌است. ترکیب شیمیایی این چدن مطابق جدول ارائه‌شدهٔ زیر است:

C	Si	Mn	Cr	Mo
٪۲/٤ - ۲/۸	٪/۳ - ۰/۸	٪۰/۵ - /۸	٪۱٤ - ٪۱٦	٪۲/٤ - ۲/۸

ساختار آن در حالت سخت‌شدهٔ نهایی با زمینهٔ مارتنزیتی همراه با مقداری آستنیت باقیمانده و کاربیدهای کرم در زمینه است.

Structure
Martensitic matrix with chrome carbides and residual austenite after heat treatment at 950°C and cooling in still air.



Norihard® NH 15 3
Enlargement 200:1
etched with alcohol HNO_3

خواص مکانیکی نهایی این چدنها مطابق جدول ارائه‌شدهٔ کارخانه به صورت زیر است:

Mechanical Properties
(reference values at room temperature)

Tensile strength R_m [N/mm²]	Hardness*) HV_{50} [dN/mm²]
600	750 – 1000

* - در رابطه با ترکیب شیمیایی و ضخامت جدارهٔ این چدنها خواص جوش‌پذیری ندارند.
در جدول زیر مقاومت به سایش مواد مختلف مقایسه‌شده‌است.

Material	Loss [g/m² h]
Cast iron / GG-25	110
G-X 120 CrMo 29 2 / 1.4138	100
Nickel alloyed special cast iron ERN	90
G-X 190 Cr 16 / chrome white cast iron	18,3
G-X 290 CrNiSi 8 6 2 / Ni-Hard 4	7,5
Norihard NH 15 3	2,7

شرایط آزمایش

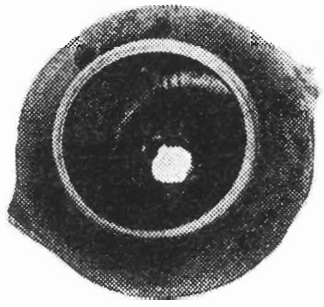
سیال سایندہ:	آب و ماسهٔ سیلیسی
نسبت مخلوط‌شدن:	۱ : ۱
اندازهٔ ذرات:	۰/۹ - ۱/۲ mm
زمان آزمایش:	دو ساعت
دور موتور	۳۰۰۰ 1/min

نتایج آزمایشات حین کار روی پروانه‌های ساخته‌شده از این نوع چدن در مقایسه با چدن GG 25 نیز در دو مورد زیر آمده‌است.

Impeller of KWP 150-315 non-clogging impeller centrifugal pump
Material: GG-25
Medium handled: Aluminium oxide suspension
Speed: 1300 1/min
Operating period: 5000 hours

Impeller of a KWP 150-315 non-clogging impeller centrifugal pump
Material: Norihard NH 15 3
Medium handled: Aluminium oxide suspension
Speed: 1300 1/min
Operating period: 5000 hours

Impeller of a KWP 150-315 non-clogging impeller centrifugal pump
Material: GG-25
Medium handled: Aluminium oxide suspension with 300-400 g/l Al $(OH)_3$
Speed: 1450 1/min
Operating period: approx 1200 hours



Impeller of a KWP 150-315 non-clogging impeller centrifugal pump
Material: Norihard NH 15 3
Medium handled: Aluminium oxide suspension with 300-400 g/l Al $(OH)_3$
Speed: 1450 1/min
Operating period: approx 10 000 hours

با توجه به مطالب ذکرشده و نیاز مبرم صنایع به پمپهای صنعتی مقاوم به سایش و برتری چدنهای سفید کرم‌مولیبدن‌دار بر دیگر مواد مقاوم به سایش با توجه به مشخصات ذکرشدهٔ آنها تصمیم گرفته‌شد تا این نوع چدنها به صورت آزمایشی تولیدشده و مقایسه گردند. برای این منظور با توجه به مشاهدات عینی به‌عمل آمده تصمیم به تولید پروانهٔ پمپ ۱۲۵ - ۴۰ گرفته‌شد مشاهدات نشان‌می‌داد که فرسایش قطعات دراثر سایش ذرات سخت روی پروانه‌ها تمرکز بیشتری‌دارد و ساخت پروانه‌هایی از جنس مورد نظر برای آزمایش کافی به نظر می‌رسد و فعلاً نیازی به ساخت حلزونی و دیگر قطعات پمپ نیست. در صورت نیاز با توجه به مشخصات این چدنها و تغییراتی که روی مدلهای مربوطه باید انجام‌داد می‌توان دست به ساخت دیگر قطعات نیز زد یا حتی مواد دیگری مثل چدنهای خاکستری مقاوم به سایش نیکل‌دار معروف به ERN را مورداستفاده‌قرارداد و فقط قسمتهای حساس‌تر از چدن Norihard ساخت. لازم به توضیح است که چدنهای ERN با درصد کمی از عناصر آلیاژی Ni و MO تولیدشده و نیازی نه به تغییرات روی مدل‌های چدن ریزی و نه عملیات حرارتی دارند. و به همان صورت ریخته‌شده قابل‌استفاده‌هستند ولی مقاومت به سایش بسیار کمتری از چدن Norihard از خود نشان‌می‌دهند.

ریخته گری چدن Norihard

با توجه به درصد عناصر داده‌شده از جدول مواد KSB مقدار مواد در شارژ کوره برای ۵۰ کیلوگرم مذاب درنظر گرفته‌شد و به خاطر پایین‌بودن درصد کربن چدن Norihard از برگشتی چدن مالیبل با آنالیز زیر استفاده‌شد.

S	Mn	Si	C
٪۰/۱۴ - ۰/۲	٪۰/۴ - ۰/۵۵	٪۱/۴ - ۱/۸	٪۲/۴ - ۲/۸۵

از فروآلیاژهای Cr و MO با کربن متوسط استفاده‌می‌شود. در ریخته گری این چدنها مطابق جداول باید به فوق ذوب حدود ^{o}C ۱۶۰۰ - ۱۵۵۰ رسید که به علت در دسترس‌نبودن کوره‌هائی القایی که می‌توانند این درجه حرارت را به خوبی تولید کنند ناچار از کوره‌ها زمینی استفاده کردیم که مسلماً این قبیل کوره‌های قادر به ایجاد درجه حرارت مطلوب نیستند و شارژ مقدار زیادی فرّو کرم در مذاب، سیالیت مذاب را کم‌می کرد و از طرفی وجود درصد بالایی کرم خود باعث خورده‌شدن شدید بوته‌های گرافیتی و واردشدن کربن آن به مذاب می‌شد. به دلایل یادشده و عدم استفاده از مواد پوششی مناسب برای قالبها و تعجیل در ریختن مذاب به قالب برای احتراز از انجماد سریع مذاب، قطعات ریخته‌شده دچار عیوب نیامد و مک‌های گازی و سرباره‌ای و ورود هوا به محفظه قالب همراه با مذاب و غیره‌شد. البته باید توجه‌داشت که با رعایت مطالب مربوط به ریخته گری این گونه چدنها و استفادهٔ صحیح از لوازم و کسب تجربهٔ کافی می‌توان به راحتی قطعات سالم تولیدنمود و تولید قطعات سالم کاری غیرممکن نیست و درحد امکانات نیز می‌باشد.

این چدن پس از ریخته گری و خارج شدن از قالب دارای ساختاری با زمینهٔ آستنیتی و کمی مارتنزیتی به علاوه کاربیدهای کرم است. با استفاده از آهن‌ربا می‌توان تا حدودی درصد آستنیت را در مقابل مارتنزیت حدس زد (فاز آستنیت خواص مغناطیسی ندارد و یا می‌توان گفت آهن‌ربا آنرا جذب نمی کند درحالی که مارتنزیت، فریت و پرلیت همگی توسط آهن‌ربا جذب می‌شوند) سختی حدود ۴۵۰HB - ۴۰۰ را دارد و مته کاری نمی‌شود قابل براده برداری با تیغچه نیست. به منظور رسیدن به خواص ماشینکاری روی این پروانه‌ها لازم‌بود تا عملیات نرم کاری (آنیل) صورت گیرد . آنیلینك این نوع چدنها با توجه به مراجع مختلف بسیار طولانی ذکر شده‌است و سختی نهایی به حدود ۳۵۰HB خواهدرسید که قابل ماشینکاری است.

در این مرحله باید قطعه را تا ۹۵۰°c حرارت داده و سپس آرام آنرا به درجه حرارت۷۶۰°c رساند و در این دما به مدت طولانی بین ۵۰ - ۱۰ ساعت بسته به درصد Cr و C چدن نگهداشت و بعد آرام تا درجه حرارت محیط خنک کرد .

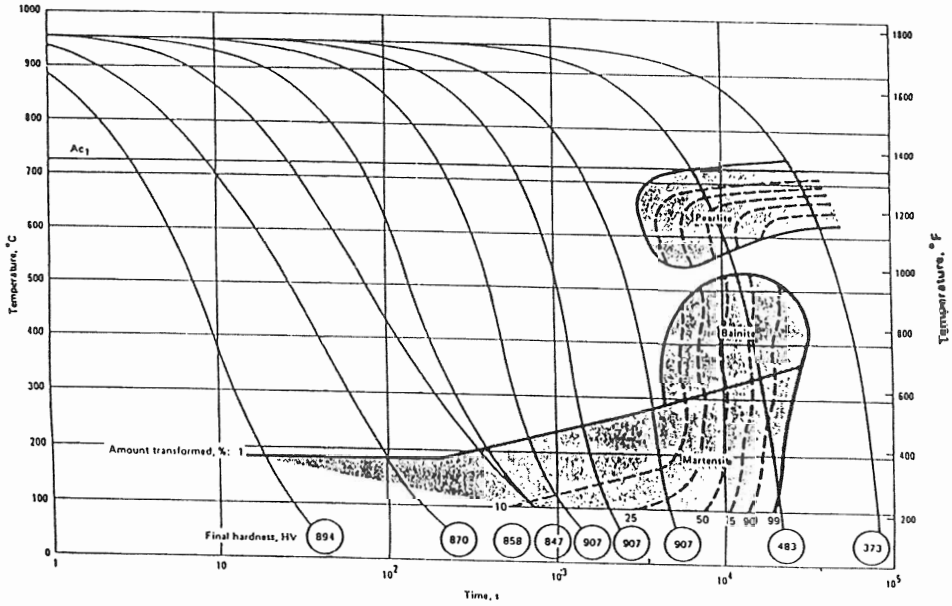
این عمل باعث می‌شود که اولا ساختار ریختگی در درجه حرارت بالا همگن شود ثانیاً نگهداری قطعه در زمان طولانی در ۷۶۰°c باعث می‌شود تا آستنیت غنی از مواد آلیاژی به فریت و سمانتیت تجزیه شود و سختی افت کند .

لازم‌است ذکرشود که افت سختی نه به دلیل تجزیه کاربیدهای کرم که این کاربیدها با این عملیات تجزیه نمی‌شوند . کم شدن سختی به علت تغییر زمینه آستنیت و مارتنزیت به زمینه‌های است که نرم‌تر بوده که از قابلیت ماشین کاری برخوردارند .

دیاگرام T. T. T (Time, Temperature, Transformation)

یک نمونه از چدنهای کرم مولیبدن‌دار با ترکیبی مشابه با Norihard مورد آزمایش در زیر می آید که با توجه به سرعتهای سرد کردن مختلف سختی های نهایی را نشان‌داده‌است.

Fig. 8 Continuous cooling transformation diagram for a white cast iron



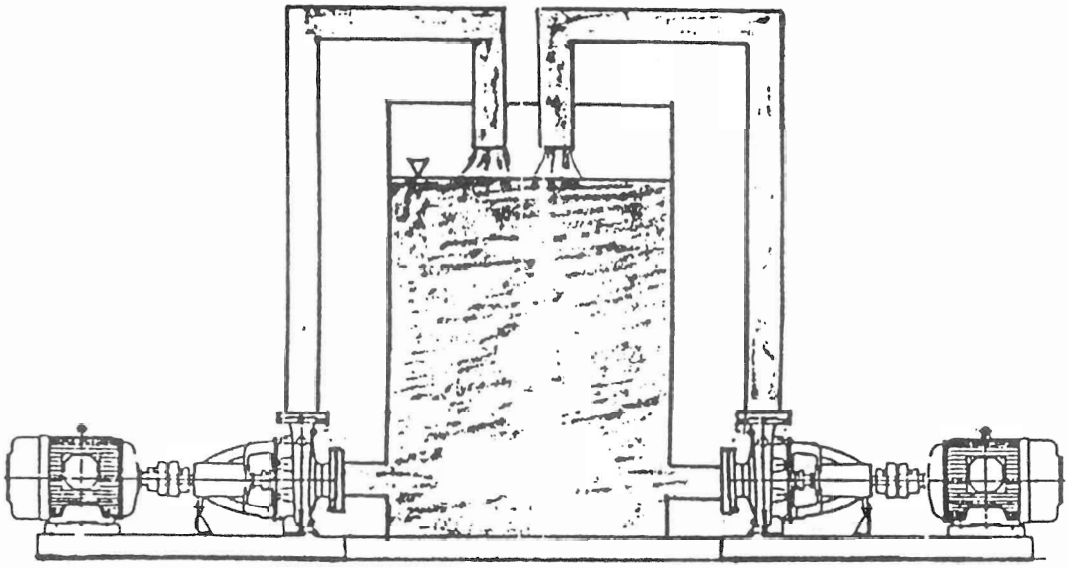
Composition: 2.96 TC, 0.93 Si, 0.79 Mn, 17.5 Cr, 0.98 Cu and 1.55 Mo; austenitized at 955 °C (1750 °F) for 20 min.

در عمل آنیلینگ نمونه Norihard این دیاگرام مورد نظربود و اولین منحنی سمت راست که به سختی $^{HV}۳۷۳$ رسیده‌است دقیقاً به همان شکل که روی دیاگرام رسم‌شده روی قطعه پیاده‌شد، سختی نهایی که به دست آمد حدود $^{HB}۳۵۰$ بود و ماشینکاری و سوراخ کاری روی آن براحتی انجام گرفت.

پس از ماشینکاری لازم‌بود تا دوباره قطعه سختکاری‌شده تا به حداکثر مقاومت به سایش برسد برای سخت کاری این نوع چدنها باید قطعه را به درجه حرارتی حدود ^{oc} ۹۵۰ رسانید و حدود ۳ - ۱ ساعت در آن دما نگهداشت و سپس قطعه را از کوره خارج کرده و در جایی قرارداد تا در هوای آرام به آهستگی خنک‌شود. در این شرایط باید به سختی بیشتراز $^{HV}۷۰۰$ رسید در عمل به سختی $^{HV}۶۵۰$ رسیدیم و احتمالا دلیل کم‌شدن سختی در این قسمت در مقایسه با اعداد ارائه‌شده در جدول KSB زمان نگهداری کمتر قطعه در ^{oc} ۹۵۰ درون کوره بوده‌است که لازم‌است این قسمت آزمایش دوباره تکرارشود.

ساختار در این مرحله باید کاربیدهای کرم در زمینه مارتنزیتی با کمی آستنیت باقیمانده‌باشد که آزمایش با آهن‌ربا مقایسه ساختار این قطعه با قطعه اولیه ریخته‌شده را آسان‌می‌سازد.

پروانه تولیدشده و عملیات حرارتی‌شده نهایتاً روی پمپ مناسب نصب‌شده و به منظور مقایسه عملی و عینی با نمونه‌های چدن GG 25 روی یک بشکه به صورت دو سیکل موازی قرار گرفت مطابق شکل زیر:



سیال، آب بود و به منظور ایجاد سایش مقدار ۲۵۰gr/lit ماسه سیلیس به آن اضافه‌شد. پس از حدود ۲٤ ساعت کار، پمپها بازشده و پروانه‌ها خارج‌شد و مقایسه گردید. نمونهٔ چدن GG 25 تا حدود ۲۰٪ وزنی در اثر سایش ازبین‌رفته‌بود و سایش نمونهٔ چدن Norihard غیرمحسوس‌بود با توجه به مسائل موجود در قسمت ریخته گری و عملیات حرارتی که ذکر آن گذشت نتایج به‌دست آمده در آزمایش مقایسه‌ای مطلوب به‌نظر می‌رسد و می‌توان اینطور نتیجه گرفت که چدنهای Norihard ماده مناسبی برای قطعات مقاوم به سایش هستند و تولید آن در کشور با کمی دقت مسئله‌ای نخواهدداشت و می‌تواند جانشین فولادهای Cr 12% شود. پس لازم‌است تا مسائل تولید این چدن بیشتر و بهتر بررسی گردد.

این نوع چدنها دارای نقطهٔ ذوب و فوق ذوب بالائی برای بارریزی هستند که با کوره‌های زمینی معمول و بدون کنترل درجه حرارت مشکل می‌توان نتیجه مطلوب گرفت راه حل می‌تواند استفاده از کوره‌های القائی کوچک باشد (این نوع کوره‌ها در کشور وجوددارد) حسن دیگر اینکار کم‌شدن تلفات عناصر آلیاژی گران‌قیمت در حین ذوب است.

مقدار Cr در این چدن بالاست که باعث خوردگی شدید بوته‌های گرافیتی می‌شود که علاوه‌بر برهم‌زدن درصد کربن موردنظر درمذاب خطر سوراخ‌شدن بوته و پاشیدن مذاب را دارد. راه حل می‌تواند در استفاده از کوره‌هایی باشد که محفظه ذوب آن در مقابل این واکنش Cr با C مصون‌باشد (کوره‌های یادشده در قسمت قبل مناسب هستند)

استفاده از پوشش‌های لازم برای قالب به منظور کیفیت سطحی بهتر و عدم امکان واکنش مذاب با مواد قالب الزامی است.

ریخته گری این چدنها باید با دقت انجام‌شود وتجربه‌های بعدی می‌تواند این دقت را به‌وجود آورده و تولید قطعات سالم راتضمین کند.

انقباض حین انجماد این چدنها از چدنهای خاکستری به مراتب زیادتر است (به علت عدم حضور گرافیت در ساختار)

پس باید در طراحی سیستم راهگاهی و تغذیه گذاری بیشتر دقت کرد که البته چون قطعات ساخته‌شده بیشتر شامل پروانه‌ها می‌گردد و پروانه‌ها ضخامت زیادی ندارد مسئله تا حدودی ساده‌می‌شود.

نظر بر اینکه تهیه فرومولیبدن گران و مشکل است و نقش مولیبدن در این قبیل چدنها افزایش سختی‌پذیری است در واقع عمق منطقهٔ سخت‌شده را زیادمی کند و از طرفی سفتی یا مقاومت به ضربه را افزایش‌می‌دهد و چون پروانه‌ها ضخات زیادی ندارند و درمعرض ضربه نیستند استفاده از درصدهای کمتری از MO مثلاً ۱/۵٪ هم زیاد تاثیری روی خواص نخواهد گذاشت و می‌توان با کم کردن MO حدود ۱٪ مس اضافه کرده و به این ترتیب قیمت تمام‌شده را پایین آورد.

به هرحال با استفاده از این چدنها نه‌تنها قادرخواهیم‌بود بخشی دیگر از نیازهای پمپهای صنعتی کشورمان را جوابگوباشیم بلکه از سوی دیگر آغازی بر ساخت قطعات چدنی مقاوم به سایش با سطوح کاملاً ماشینکاری‌شده و دقیق خواهدبود ، موردی که در دیگر چدنهای مقاوم به سایش نمی‌توان مشاهده کرد.