



Vacuum Karan



PASK

شرکت پارس

آمایش صنعت کیش

[سهامی خاص]

چگونه پمپ وکیوم مناسب را انتخاب نماییم؟

بخش دوم: پمپ های روتاری، دیافراگمی، رینگ مایع

نسخه : ۲,۱



www.vacuumkaran.com

© تمامی حقوق برای شرکت پارس آمایش صنعت کیش محفوظ می باشد.

استفاده از مطالب با ذکر منبع مجاز است.



باسمه تعالی

تولید خلأ

پمپ‌های خلأ: مطالعه اجمالی

پمپ‌های خلأ برای کاهش فشار گاز در یک حجم معین و به عبارت دیگر برای کاهش چگالی گاز به کار می‌روند. بنابراین لازم است که ذرات گاز از حجم برداشته شوند. اساساً دو دسته پمپ خلأ وجود دارد:

الف) پمپ‌های خلأیی که توسط آن‌ها، ذرات گازی که از حجم برداشته شده، در طول یک یا چندین مرحله متراکم‌سازی، پمپاژ می‌شود و به فضای اتمسفر، بیرون رانده می‌شود. ذرات گاز بوسیله جابجایی یا انتقال ضربه^۱ پمپاژ می‌شوند.

ب) پمپ‌های خلأیی که در آن‌ها، ذرات گاز که می‌خواهیم برداشته شوند، چگالیده شده و یا به شکلی، مثلاً شیمیایی، به سطح یک جامد مقید می‌شوند، که این سطح خود بخشی از مرز حجم مورد نظر را تشکیل می‌دهد.

یک طبقه‌بندی دیگر که برای کاربردهای عملی و جدید مناسب است، پمپ‌ها را به سه دسته تراکمی، چگالشی و پمپ‌های گیرانداز تقسیم‌بندی می‌کند.

۱. پمپ‌های تراکمی: پمپ‌هایی که به تناوب عمل افزایش و کاهش حجم محفظه پمپ را انجام می‌دهند. مانند پمپ‌های روتاری تیغه‌ای^۲، روتاری پلانجر^۳ و پمپ‌های trochoid.
۲. پمپ‌هایی که مقادیر گاز را از مکان‌های کم‌فشار به سمت پرفشار انتقال می‌دهند، بی آن‌که حجم محفظه پمپ را تغییر دهند. مانند پمپ‌های روتس و توربومولکولی.
۳. پمپ‌هایی که اساس کار آن‌ها بر پایه انتشار گازها به داخل یک جت (توده متراکم از) بخار سرعت بالا بدون گاز می‌باشد. (پمپ‌های بخار)
۴. پمپ‌هایی که بخارات را بوسیله میعان آن‌ها و گازهای پایدار را با چگالش آن‌ها در دمای بسیار پایین پمپ می‌کنند. مانند کرایوپمپ‌ها.
۵. پمپ‌هایی که گازها را با جذب سطحی یا حجمی به سطوحی که ذاتاً عاری از هر نوع گازی هستند، مقید یا ترکیب می‌کنند.

¹ Pulse

² Rotary vane

³ Rotary plunger



طبقه بندی پمپ‌های خلأ به اختصار در نمودار زیر آمده است:



جدول ۱ - طبقه بندی پمپ های خلأ



۱. پمپ‌های خلأ جابجایی نوسانی^۱

۱,۱ پمپ‌های دیافراگمی

اخیراً به دلایل زیست محیطی، پمپ دیافراگمی کاربردهای زیادی پیدا کرده است. این پمپ‌ها برخلاف پمپ جت آب، هیچ فاضلابی تولید نمی‌کنند. بطور کلی، یک پمپ دیافراگمی نسبت به پمپ جت آب می‌تواند تا ۹۰ درصد در هزینه‌ها صرفه جویی کند. محفظه این پمپ‌ها در مقایسه با پمپ‌های روتاری تیغه‌ای کاملاً خالی از روغن هستند. پمپ دیافراگمی جزو دسته پمپ‌های تراکمی خشک هستند که می‌توانند تک‌مرحله‌ای یا چندمرحله‌ای (تا چهارمرحله‌ای) باشند.

دیافراگم و دریچه‌ها تنها مؤلفه‌هایی هستند که در تماس با آن چه که می‌خواهیم پمپ شود، می‌باشند. بنابراین برای کاربردهای خلأ در آزمایشگاه‌های شیمی مناسب هستند.

- به دلیل این‌که دیافراگم خاصیت کشسانی کمی دارد و به راحتی تغییر شکل نمی‌پذیرد، سرعت پمپاژ نسبتاً پایینی، قابل دست‌یابی است. در این پمپ فضای وجود دارد که گازها نمی‌توانند به سمت شیر خروجی حرکت داده شوند، که فضای راکد^۲ نامیده می‌شود.
- پمپ خلأ دیافراگمی توانایی رسیدن به نرخ متراکم‌سازی^۳ بیشتر از نسبت فضای راکد به ماکزیمم حجم پمپاژ را ندارد.

✚ نرخ متراکم‌سازی عبارت است از نسبت فشار دهانه خروجی پمپ به فشار ورودی پمپ.

پمپ‌های دیافراگمی که یک چنین فشار نهایی پایینی را فراهم می‌کنند، برای قرار گرفتن به عنوان پشتیبان پمپ توربومولکولی مانند TURBOVAC 55 ساخت شرکت LEYBOLD مناسب هستند.

از آن‌جا که سیستم پمپاژ کاملاً فاقد روغن می‌باشد، برای استفاده در سیستم‌های اندازه‌گیری شامل اسپکترومتر جرمی و نشتی‌یاب‌ها مناسب هستند. برخلاف پمپ روتاری تیغه‌ای این نوع پمپ‌ها برای استفاده در نشتی‌یاب‌ها این حسن را دارند که بطور طبیعی هیچ هلیومی در پمپ دیافراگمی حل نمی‌شود، بنابراین بطور کامل از حضور هلیوم جلوگیری می‌کند.

¹ Oscillation displacement vacuum pumps

² Dead space

³ Compression rate



۲. پمپ جابجایی مثبت روتاری که با مایع درزگیری^۱ شده

۲,۱ پمپ رینگ مایع

به دلیل اساس پمپاژ و طراحی ساده این پمپ‌ها، بطور ویژه برای پمپاژ گازهایی که دارای مقادیر کم مایع هستند مناسب است. هوایی که با بخار آب اشباع شده یا دیگر گازهایی که شامل محتویات چگال پذیر هستند، در این پمپ بدون هیچ مشکلی پمپ می‌شود.

طراحی آن‌ها به صورتی است که به آلودگی‌هایی که در جریان گازی که می‌خواهیم پمپ شود، وجود داشته باشد، حساس نیست.

فشار نهایی قابل دستیابی در محدوده بین فشار اتمسفر و فشار بخار مایعی است که از آن در پمپ استفاده می‌شود. برای آب در دمای ۱۵ درجه، رسیدن تا فشار ۳۳ میلی‌بار مقدور است.

یک کاربرد عادی پمپ رینگ آب، تخلیه توربین‌های بخار در نیروگاه‌های برق می‌باشد.

پمپ رینگ مایع یک نوع از پمپ‌های روتاری جابجایی مثبت می‌باشد که به مایعی نیاز دارد که در طول عملیات پمپاژ گاز، در پمپ بچرخد. یک چرخ تیغه‌ای به شکل گریز از مرکز در یک فضای استوانه‌ای قرار گرفته است. وقتی که کار نمی‌کند، تقریباً نیمی از پمپ باید از مایع مورد نظر پر شده باشد.

علاوه بر عمل متراکم‌سازی، مایع مذکور سه وظیفه مهم دیگر را انجام می‌دهد:

- گرفتن گرمای تولید شده از فرایند متراکم‌سازی
- جذب مایعات و بخارات (چگالش)
- ایجاد درزگیری خلأ میان چرخ تیغه‌ای و محفظه پمپاژ

^۱Liquid sealed



۲,۲ پمپ‌های جابجایی روتاری روغن‌بندی شده

یک پمپ خلأ جابجایی، بطور کلی پمپی است که در آن گازهایی که باید پمپ شوند، به کمک پیستون‌ها، روتورها (چرخنده‌ها)، تیغه‌ها، شیرها و موارد مشابه مکیده می‌شود، تا حد امکان متراکم (فشرده) شده و سپس تخلیه می‌شود.

تمایز میان پمپ‌های جابجایی مثبت خشک و روغنی باید مشخص شود. با استفاده از روغن برای درزگیری خلأ پمپ در پمپ‌های تک‌مرحله‌ای می‌توان به نرخ متراکم‌سازی تا 10^5 رسید. بدون روغن، به دلیل نشتی-های داخلی پمپ که چشم‌گیرتر می‌شوند، نرخ متراکم‌سازی تا ۱۰ کاهش می‌یابد.

همان‌طور که در جدول شماره ۱ نشان داده شد، پمپ‌های جابجایی روغنی شامل روتاری تیغه‌ای و روتاری پلانجر تک‌مرحله‌ای و دو مرحله‌ای و trochoid تک‌مرحله‌ای می‌باشد که امروزه چندان مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

تمام این چنین پمپ‌هایی، به گاز بالاست مجهز شده‌اند. گاز بالاست امکان پمپاژ بخارات (به ویژه بخار آب) را بدون میعان بخار در پمپ فراهم می‌کند.

۲,۲,۱ پمپ‌های روتاری تیغه‌ای (TRIVAC A, TRIVAC B, TRIVAC E, TRIVAC BCS, SOGEVAC)

پمپ TRIVAC A ساخت شرکت LEYBOLD دارای سه تیغه با زاویه ۱۲۰ درجه می‌باشد، درحالی‌که پمپ TRIVAC B دارای دو تیغه با زاویه ۱۸۰ درجه می‌باشد.

در دمای محیط پایین‌تر، ممکن است نیازمند روغن رقیق‌تر باشد.

مدل سری B به صورت ویژه دارای دریچه اطمینانی (anti-suckback) برای جلوگیری از ورود روغن به محفظه در زمانی‌که پمپ بطور ناگهانی متوقف یا خاموش می‌شود و دارای تنظیماتی افقی یا عمودی برای دهانه‌های ورودی و خروجی می‌باشد. نشان‌دهنده سطح روغن و فعال‌کننده گاز بالاست در یک سمت پمپ می‌باشد که کار برای کاربر راحت‌تر باشد.

¹ Oil sealed rotary displacement pumps



پمپ‌های TRIVAC BCS می‌تواند به بازه وسیعی از لوازم مجهز شود، که بطور عمده برای کاربرد در نیمه- هادی‌ها طراحی شده است.

مخزن روغن پمپ‌های جابجایی روغنی با هدف روان‌کنندگی، درزگیری خلأ و پرکردن فضاهای راکد و شکاف‌ها تعبیه شده است.

سه نوع پمپ روتاری تیغه‌ای تولید کرده که هر کدام برای کاربردهای متفاوتی مناسب هستند مانند فشار ورودی بالا، فشار نهایی پایین و در صنعت نیمه‌هادی‌ها. مختصری از مشخصات مهم این پمپ‌ها در جدول زیر آمده است.

	TRIVAC A	TRIVAC B	TRIVAC BCS	TRIVAC E	SOGEVAC
تعداد تیغه در هر مرحله	۳	۲	۲	۲	۳ (مماسی)
سرعت پمپاژ [m ³ /h]	1-1.5 2-4 8-16 30-60	1.6 4-8 16-25 40-65	- 16-25 40-65 -	- 2.5 - -	16-25 40-100 180-280 585-1200
درزگیری گذرها	بله	بله	بله	بله	خیر
فشار نهایی تک‌مرحله‌ای [mbar]	< ۲ × ۱۰ ^{-۲}	< ۲ × ۱۰ ^{-۲}	< ۲ × ۱۰ ^{-۲}	-	< ۵ × ۱۰ ^{-۱}
فشار نهایی دومرحله‌ای [mbar]	< ۲,۵ × ۱۰ ^{-۴}	< ۱ × ۱۰ ^{-۴}	< ۱ × ۱۰ ^{-۴}	< ۱ × ۱۰ ^{-۴}	-
تأمین روغن	اختلاف فشار	پمپ دنده‌ای	پمپ دنده‌ای	پمپ گریز از مرکز	اختلاف فشار
شکاف‌ها	برای همه انواع از ۰,۰۱ تا ۰,۰۵ میلی‌متر				
باتاقان/روان‌کنندگی	وجه محوری/روغن	وجه محوری/روغن	وجه محوری/روغن	گوی/گریس	گوی/گریس
مشخصات ویژه	-	شیر هیدروپنوماتیک برای جلوگیری از برگشت روغن	بخش‌های روکش‌دار در تماس با مواد پمپاژ شده	لوازم اضافی بسیار	مقرون به صرفه
واسط	بدون آمونیاک	تمیز برای ذرات سبک	تهاجم‌گر و خورنده	تمیز برای ذرات سبک	تمیز
حوزه اصلی کاربرد	چندمنظوره	چندمنظوره	صنایع نیمه‌هادی	چندمنظوره	صنایع بسته بندی

جدول ۲- مشخصات پمپ‌های روتاری تیغه‌ای ساخت شرکت LEYBOLD

پمپ‌های روتاری تیغه‌ای TRIVAC به شکل‌های تک‌مرحله‌ای (TRIVAC S) و دومرحله‌ای (TRIVAC D) ساخته شده‌اند. با پمپ‌های دومرحله‌ای به فشار کاری و فشار نهایی پایین‌تری در مقایسه با پمپ‌های تک-مرحله‌ای می‌توان دست یافت. دلیل آن این است که پمپ‌های تک‌مرحله‌ای، روغن بطور اجتناب‌ناپذیر در تماس با اتمسفر است؛ گازهایی که از آن جا گرفته می‌شود، بصورت جزئی به سمت محفظه خلأ فرار می‌کند و این باعث بالا بودن فشار نهایی نسبت به پمپ دومرحله‌ای است، که در آن (دومرحله‌ای) فشار نهایی در محدوده بین خلأ بالا و خلأ متوسط می‌باشد.

باید توجه داشت که کم بودن روغن یا بدون روغن ماندن پمپ نه تنها فشار نهایی را کاهش نمی‌دهد، بلکه منجر به مشکلات زیادی شده و بطور چشمگیری عملکرد پمپ را مختل می‌نماید.



۲,۳ پمپ‌های روتاری پلانجر (پمپ‌های E)

پمپ‌های روتاری پلانجر در دو شکل تک‌مرحله‌ای و دومرحله‌ای ساخته شده است. در بسیاری از فرایندهای خلأ ترکیب یک پمپ روتس با پمپ روتاری تک‌مرحله‌ای پلانجر می‌تواند مزایای بیشتری نسبت به یک پمپ دومرحله‌ای پلانجر تنها داشته باشد. اگر چنین ترکیبی یا یک پمپ دومرحله‌ای پلانجر کافی نباشد، استفاده از پمپ روتس در اتصال با پمپ دومرحله‌ای توصیه می‌شود. اما این توصیه شامل ترکیب پمپ‌های روتس و روتاری تیغه‌ای نمی‌شود.

توان موتور

موتوری که برای پمپ‌های روتاری تیغه‌ای و روتاری پلانجر مورد استفاده قرار می‌گیرد، توان کافی را در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد به پمپ تحویل می‌دهد و اگر روغن خاص خودش استفاده شود بیشترین توان را به پمپ اعمال می‌کند. (بیشترین توان پمپ در فشار ۴۰۰ میلی‌بار لازم است که اعمال شود)

۲,۴ پمپ‌های TROCHOID

پمپ‌های TROCHOID متعلق به دسته‌ای از پمپ‌ها می‌شود که روتاری پیستونی نامیده می‌شوند، بنابراین متعلق به گروه پمپ‌های روتاری هستند. پمپ‌های پیستونی برخلاف پمپ‌های روتاری پلانجر می‌توانند کاملاً به لحاظ دینامیکی در حالت تعادل (بالانس) باشند. این ویژگی این مزیت را باعث می‌شود که پمپ‌های بزرگ‌تر بتوانند بدون لرزش کار کنند، بنابراین می‌توانند بدون نیاز به پایه بر روی سیستم نصب شوند. علاوه بر این، این نوع پمپ‌ها می‌توانند با سرعت بالاتری نسبت به پمپ‌های پلانجر کار کنند. حجم محفظه پمپاژ باید متناظر با حجم پمپ باشد، که در پمپ‌های TROCHOID تقریباً دو برابر پمپ‌های روتاری پلانجر است. پمپ‌های پلانجر بزرگ‌تر می‌توانند با سرعت ۵۰۰ rpm (دور بر دقیقه) کار کنند، در حالی که پمپ‌های بزرگ‌تر TROCHOID می‌توانند تا سرعت ۱۰۰۰ rpm را داشته باشند. با پمپ‌هایی با اندازه یک‌چهارم پمپ پلانجر می‌توان همان سرعت پمپاژ را داشت، بدون این که هیچ لرزشی ایجاد شود.

متأسفانه این مزایا با معایبی در هنگام ساخت همراه می‌شود، که این معایب باعث شده که LEYBOLD دیگر این نوع پمپ را تولید نکند.



گاز بالاست

گاز بالاست که در پمپ‌های روتاری تیغه‌ای، پلانجر و trochoid انجام می‌شود، نه تنها اجازه پمپاژ گازهای پایدار را می‌دهد، بلکه موجب پمپاژ مقادیر عظیم گازهای چگال‌پذیر نیز می‌شود. گاز بالاست از میعان بخارات در محفظه پمپ جلوگیری می‌کند. که در آن بخارات پمپ شده تنها تا جایی متراکم می‌شوند که فشار بخار آن‌ها به حالت اشباع در دمای پمپ برسد. برای مثال برای پمپاژ بخار آب، در دمای ۷۰ درجه پمپ، بخار می‌تواند تا فشار ۳۱۲ میلی‌بار (فشار بخار اشباع آب در دمای ۷۰ درجه) متراکم شود. اگر متراکم‌سازی بیشتر ادامه یابد، بخار آب بدون افزایش فشار چگالیده می‌شود. هیچ افزایش فشاری در پمپ ایجاد نمی‌شود و در نتیجه خروجی باز نمی‌شود. در عوض بخار آب در حالت آب می‌ماند و در روغن پمپ معلق می‌شود. این اتفاق به سرعت ویژگی روان‌کنندگی روغن را مختل می‌کند و پمپ زمانی که مقادیر زیاد آب را بگیرد، ممکن است از کار بیفتد.

در هنگام پمپاژ بخارات باید دو نیاز زیر تأمین شود:

(۱) پمپ باید در دمای کاری باشد.

(۲) شیر گاز بالاست باید باز باشد.

بدون باز بودن شیر گاز بالاست، دمای پمپ به اندازه ۱۰ درجه افزایش می‌یابد.

قبل از پمپاژ بخارات، پمپ باید به مدت نیم ساعت با دریچه گاز بالاست باز کار کند.

پمپاژ هم‌زمان گاز و بخار

زمانی که در یک سیستم خلأ تصمیم به پمپاژ هم‌زمان بخار و گاز داریم، مقدار گازهای پایدار اغلب به قدر کافی هست که مانع میعان بخارات درون پمپ شود. مقدار بخاری که پمپ می‌شود، بدون این که میعان صورت گیرد از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{p_{vapor}}{p_{vapor} + p_{perm}} < \frac{p_{vapor,sat}}{p_{sum}}$$

که در آن

p_{vapor} فشار جزئی بخاری است که در دهانه پمپ وجود دارد،

p_{perm} مجموع فشار ناشی از تمام گازهایی است که در دهانه پمپ وجود دارد،



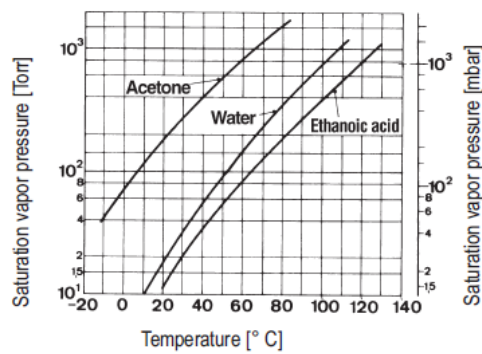
$p_{vapor,sat}$ فشار اشباع بخارات پمپ شده می باشد، که وابسته به زمان است.

$$p_{sum} = p_{exhaust} + \Delta p_{valve} + \Delta p_{exhaust\ filter}$$

Δp_{valve} اختلاف فشار در عرض دریچه خروجی که مقدار آن بسته به نوع پمپ و شرایط کاری از ۰,۲ تا ۰,۴ بار است.

$\Delta p_{exhaust\ filter}$ اختلاف فشار در عرض فیلتر خروجی است که مقدارش از ۰ تا ۰,۵ بار متغیر است.

فشار بخار اشباع آب، استون و اسید اتانوئیک بر حسب دما در نمودار زیر نشان داده شده است:



منحنی ۱- فشار بخار اشباع بر حسب دما