Vacuum Karan

PASK
شرکت پارس
آمایش صنعت کیش
| سهامی خاص |

چگونه پمپ وکیوم مناسب را انتخاب نماییم؟

☒ بخش سوم: پمپ های روتس و Claw
☒ نسخه : ۳,۱

www.vacuumkaran.com

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

استفاده از مطالب با ذکر منبع مجاز است.

باسمه تعالی

۱. پمپ‌های جابجایی روتاری تراکمی خشک

۱,۱ پمپ‌های روتس(دورانی غلطکی)

پمپ‌های روتس از دسته پمپ‌های روتاری جابجایی مثبت هستند که با پمپ‌های پشتیبان (روتاری تیغه‌ای و پلانجر) می‌توانند به عنوان ترکیبی استفاده شوند و محدوده کاری‌شان تا خلأ متوسط کاهش می‌یابند. با پمپ روتس دو مرحله‌ای این محدوده کاری به ناحیه خلأ بالا بسط می‌یابند. اصول کاری پمپ روتس به گونه‌ای است که سرعت پمپاژ آن می‌تواند تا حد بسیار زیادی افزایش یابد، (بیشتر از ۱۰۰،۰۰۰ مترمکعب بر ساعت)، که استفاده از آن‌ها نسبت به پمپ‌های اجکتور بخار در همان محدوده کاری، به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه‌تر است.

فاصله بین روتورها و دیواره‌های محفظه پمپ و هم‌چنین فاصله روتورها با یکدیگر تنها چند دهم میلی‌متر است و این باعث می‌شود، که پمپ‌های روتس بتوانند در سرعت بسیار بالایی بدون خوردگی مکانیکی کار کنند. برخلاف پمپ‌های روتاری تیغه‌ای و پلانجر، پمپ‌های روتس با روغن عایق‌کاری خلأ نمی‌شوند، بنابراین به دلیل وجود نشتی‌های داخلی در پمپ‌های خشک، نرخ متراکم‌سازی در محدوده ۱۰ و ۱۰۰ قرار می‌گیرد. کمترین فاصله بین روتور و دیواره‌ها و بنابراین کمترین جریان گاز از به بیرون، در فشاری در محدوده ۱ میلی‌بار بدست می‌آید. در این محدوده بالاترین نرخ متراکم‌سازی بدست می‌آید، ولی این فشار از دیدگاه تماس بین روتورها و دیواره بحرانی‌ترین حالت است.

مقادیر مشخصه پمپ روتس

Q_{eff}: مقدار گازی که بطور موثر توسط پمپ روتس پمپاژ می‌شود،

Q_{th}: مقدار گازی که پمپ روتس پمپاژ می‌کند، بدست آمده از محاسبات تئوری،

Q_{iR}: مقدار گازی که بدلیل وجود نشتی داخلی در ساختار پمپ پمپاژ نمی‌شود.

$$Q_{eff} = Q_{th} - Q_{iR}$$

$$Q_{th} = P_a . S_{th}$$

P_a فشار دهانه ورودی پمپ روتس،

S_{th} سرعت پمپاژ پمپ روتس، بدست آمده از تئوری.

$$Q_{iR} = P_{iR} . S_{iR}$$

$P_{iR} = P_V$ فشار نشتی داخلی پمپ روتس که برابر فشار دهانه ورودی پمپ پشتی می‌باشد.

S_{iR} سرعت پمپاژ گاز ناشی از نشتی داخلی پمپ روتس.

از روابط بالا بازده پمپ روتس بصورت زیر بدست می‌آید:

$$\eta = \frac{Q_{eff}}{Q_{th}} = 1 - k\frac{S_{iR}}{S_{th}}$$

که در آن نرخ متراکم‌سازی، k:

$$k = \frac{P_v}{P_a}$$

بیشترین نرخ متراکم‌سازی در حالتی بدست می‌آید که:

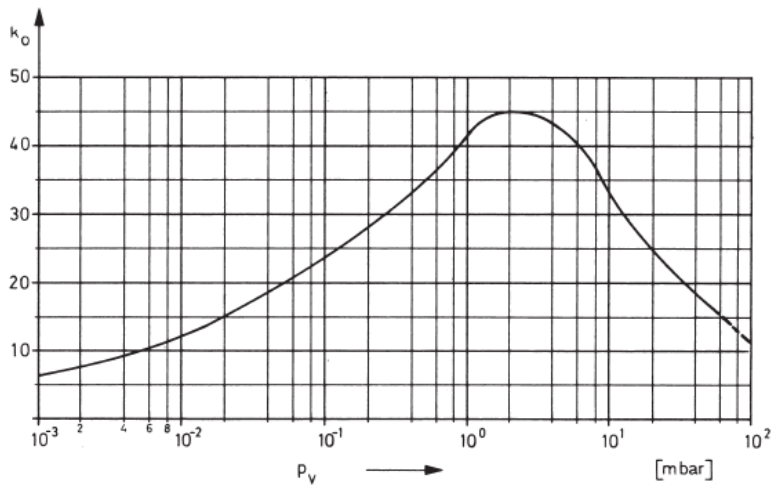
$$k_0 = \left(\frac{S_{th}}{S_{iR}}\right)_{\eta} = 0$$

k_0 یک مقدار مشخصه پمپ روتس است که به فشار پشتی، p_v و کمی به نوع گاز وابسته است.

بنابراین بازده پمپ روتس به شکل زیر بدست می‌آید:

$$\eta = 1 - \frac{k}{k_0}$$

نرخ متراکم‌سازی پمپ روتس *RUVAC WA2001* برحسب فشار پشتی در نمودار زیر نمایش داده شده است:



شکل ۱- منحنی نرخ متراکم‌سازی بیشینه بر حسب فشار برای پمپ روتس

اگر سرعت پمپاژ پمپی که به عنوان پشتیبان پمپ روتس قرار گرفته، S_V باشد، معادله زیر را داریم:

$$S_V.p_V = S_{eff}.p_a = \eta\, S_{th}.p_a$$

که از آن k بدست می‌آید:

$$k = \frac{p_V}{p_a} = \eta.\frac{S_{th}}{S_V}$$

$$k_{th} = \frac{S_{th}}{S_V}$$

در نتیجه:

$$k = \eta.k_{th}$$

$$\eta = \frac{k_0}{k_0 + k_{th}}$$

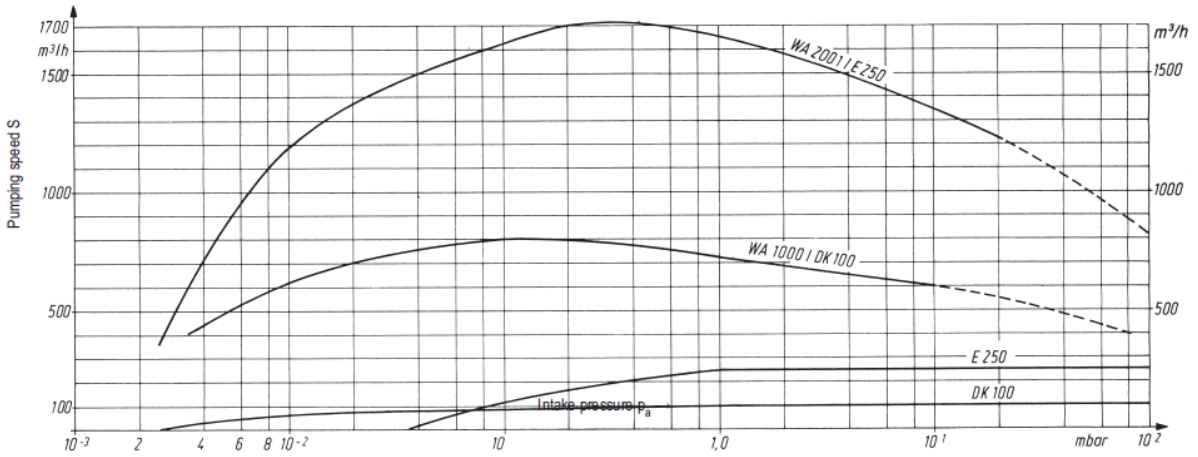
بازده پمپ روتس که از رابطه بالا بدست می‌آید، تنها برای ترکیب پمپ روتس و پمپ پشتیبان می‌باشد، که k_0 نرخ متراکم‌سازی ماکزیمم پمپ روتس و k_{th} مربوط به پمپ روتس و پمپ پشتیبان است.

محاسبات به عنوان نمونه برای پمپ روتس RUVAC WA2001/E250 (پمپ پشتی روتاری پلانجر تک-مرحله‌ای بدون بالاست گاز) در جدول زیر آمده است:

فشار دهانه ورودی $P_a = \frac{P_v.S_v}{S_{eff}}$	$S_{eff} = \eta\, S_{th}$	بازده حجمی $\eta = \frac{k_0}{k_0 + k_{th}}$	$k_0(P_v)$ برای پمپ RUVAC WA2001	$k_{th} = \frac{S_{th}}{S_V} = \frac{2001}{S_V}$	سرعت پمپاژ پمپ E250	فشار پشتی P_v
۲۱	۱,۲۲۰	۰,۶۱	۱۲,۵	۸,۰	۲۵۰	۱۰۰
۷,۲	۱,۳۸۰	۰,۶۹	۱۸	۸,۰	۲۵۰	۴۰
۱,۶	۱,۶۰۰	۰,۸	۳۳	۸,۰	۲۵۰	۱۰
۰,۷۵	۱,۶۸۰	۰,۸۴	۴۲	۸,۰	۲۵۰	۵
۰,۱۵	۱,۶۸۰	۰,۸۴	۴۱	۸,۰	۲۵۰	۱
۷×۱۰^{-۲}	۱,۵۸۰	۰,۷۹	۳۵	۹,۱	۲۲۰	۵×۱۰^{-۱}
۱×۱۰^{-۲}	۱,۲۰۰	۰,۶	۲۳	۱۶,۶	۱۲۰	۱×۱۰^{-۱}
۳×۱۰^{-۳}	۴۲۰	۰,۲۱	۱۸	۶۷	۳۰	۴×۱۰^{-۲}

با مقادیری که در دو ستون آخر سمت راست داده شده است، منحنی سرعت پمپاژ را برای پمپ RUVAC WA2001 در ترکیب با پمپ روتاری پلانجر E250 را می‌دهد.

منحنی سرعت پمپاژ برای ترکیب‌های متفاوت پمپ روتس با پمپ پشتیبان در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۲- سرعت پمپاژ بر حسب فشار برای ترکیب‌های متفاوت پمپ روتس با پمپ پشتیبان

میزان توانی که پمپ می‌کشد، دمای پمپ را معین می‌کند. اگر دما از سطح خاصی بیشتر افزایش یابد، که آن سطح توسط ماکزیمم اختلاف فشار مجاز، $p_v - p_a$، تعیین می‌شود؛ بدلیل انبساط گرمایی بدنه پمپ، خطر ایجاد اشکال در آن‌جا وجود دارد. ماکزیمم اختلاف فشار مجاز، Δp_{max}، بوسیله فاکتورهای زیر مشخص می‌شود:

فشار پشتی پمپ، p_v، سرعت پمپاژ پمپ پشتی، S_v، سرعت پمپ روتس، n و ... .

Δp_{max}با افزایش p_v و S_v افزایش می‌یابد و با افزایش n و k_{th} کاهش می‌یابد. اختلاف فشار بین مسیر پشتی پمپ و دهانه ورودی پمپ، در طول کل فرایند، نباید از مقداری که بستگی به نوع پمپ دارد، تجاوز کند. این مقدار نوعاً بین ۱۳۰ و ۵۰ میلی‌بار است. هرچند ممکن است اختلاف فشار از این مقدار در بازه‌های کوچک زمانی تجاوز کند. در موارد خاص، که مثلاً از گاز به عنوان خنک‌کننده استفاده می‌شود، اختلاف فشارهای بالاتر نیز مجاز خواهد بود.

برای مدیریت این اختلاف فشار پمپ‌های روتس استاندارد، از یک سوئیچ فشار استفاده می‌شود، که بسته به فشار دهانه ورودی پمپ یا اختلاف فشار یا جریان اضافی، پمپ روتس را از سیستم قطع یا وصل می‌کند. استفاده از شیر جریان اضافی در مسیر پمپ روتس بهترین و مطمئن‌ترین راه حل می‌باشد. وزن و خاصیت

کشسانی که بر روی شیر اعمال می‌شود، برای ماکزیمم اختلاف فشار مجاز پمپ خاص تنظیم می‌شود. این شیر تضمین می‌کند که پمپ‌های روتس دارای اضافه بار نشود و بتواند در هر محدوده فشار کار کند. در عمل به این معناست که پمپ روتس می‌تواند به همراه پمپ پشتی، در فشار اتمسفر روشن شود. در طول فرایند، افزایش فشار عملکرد پمپ را تضعیف نمی‌کند، به این معنا که تحت این شرایط پمپ روتس خاموش نمی‌شود.

۱,۲ پمپ‌های Claw

شبیه پمپ روتس، پمپ‌های claw در زیرگروه پمپ‌های خلأ روتاری پیستونی تراکمی خشک هستند. این پمپ‌ها ممکن است چندین مرحله داشته باشند.

برای تأمین همه نیازهای متقاضیان این نوع پمپ، Leybold دو سری متفاوت از پمپ‌های claw تولید کرده که اساساً در نوع فرایند تراکمی که مورد استفاده قرار گرفته متفاوت هستند:

۱) پمپ‌هایی با تراکم داخلی، چندمرحله‌ای برای صنایع نیمه هادی‌ها (DRYVAC)
در این پمپ‌ها یک سیستم خنک‌کاری کنترل شده‌ای وجود دارد که هنگامی‌که پمپ در معرض گازهای مختلف که از انجام فرایند می‌آید، قرار می‌گیرد، امکان کنترل دمای بدنه پمپ در بازه وسیعی را فراهم می‌کند، پمپ‌های چهارمرحله‌ای با طراحی‌هایی در سرعت پمپاژهای ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ مترمکعب بر ساعت موجود می‌باشد.

الف) یک ورژن اولیه‌ای برای انجام فرایندهای تمیز: DRYVAC 25B, 50B ,100B

ب) یک ورژن برای انجام فرایندهای نیمه هادی‌ها: DRYVAC 25P, 50P, 100P.

ج) یک ورژن با مجموعه‌ای برای نظارت یکپارچه خود به خودی: DRYVAC 50S, 100S.

د) یک ورژن با مجموعه‌ای برای نظارت یکپارچه خود به خودی با سرعت پمپاژ بالا در محدوده فشار پایین: DRYVAC 251 S, 501S

فشار نهایی قابل دست‌یابی برای DRYVAC 251 S یا 501 S مشابه ورژن‌های پمپ روتس غیریکپارچه می‌باشد ولی تقریباً یک مرتبه پایین‌تر از آن می‌باشد. (از ۲×۱۰^{-۲} تا ۳×۱۰^{-۳} میلی‌بار) و ظرفیت قابل دست‌یابی آن نیز بطور چشم‌گیری نسبت به آن افزایش می‌یابد.

البته این امکان وجود دارد که پمپ‌های LEYBOLD RUVAC را بطور مستقیم بر روی فلانج مدل‌های DRYVAC نصب کرد.

پمپ‌های خانواده DRYVAC در دسته پمپ‌های claw خشک تراکمی قرار می‌گیرند، که ترجیحاً در صنایع نیمه رسانا مورد استفاده قرار می‌گیرند، در حالی‌که پمپ نیازمند ملزومات ویژه مختلفی می‌باشد.

در فرایندهای نیمه هادی، همانند بسیاری از کاربردهای دیگر خلأ، مانند لایه‌نشانی‌های فاز بخار شیمیایی، CVD، تشکیل ذرات و غبار در طول فرایند و/یا در زمانی که مواد پمپ شده به سمت فشار اتمسفر درون پمپ فرستاده می‌شوند، اجتناب ناپذیر است. در پمپ‌های خلأ که بر اساس اصول پمپ claw کار می‌کنند، این امکان وجود دارد که ذرات را بوسیله عملی که «حمل پنوماتیک (بادی)» نامیده می‌شود، از پمپ بیرون برد. این مانع رسوب ذرات و تشکیل لایه‌ها در پمپ می‌شود و خطر از کار افتادن روتور پمپ claw را کاهش می‌دهد. باید توجه داشت که سرعت جریان گاز درون هر مرحله از پمپ در همه زمان‌ها، بیشتر از سرعت ته‌نشینی ذراتی باشد که به دنبال جریان گاز کشیده می‌شود. سرعت ته-نشینی ذرات به شدت به اندازه‌شان بستگی دارد.

می‌توان دید با افزایش فشار سرعت جریان گازهای پمپ شده کاهش می‌یابد و به لحاظ مرتبه، به سرعت ته‌نشینی ذرات در جریان گاز می‌رسد. این به آن معناست که خطر رسوب ذرات در محفظه پمپ و در نتیجه ایجاد اختلال با افزایش فشار، افزایش می‌یابد. بطور موازی، پتانسیل تشکیل ذرات از فاز گازی در متراکم‌سازی‌های بیشتر افزایش می‌یابد. به منظور کوچک نگهداشتن اندازه ذرات تشکیل شده و بنابراین پایین نگهداشتن سرعت ته‌نشینی و دست‌یابی به سرعت بالا برای گاز، مقادیر اضافی گاز بوسیله تک دیسک‌های متوسط به پمپ تزریق می‌شود،(گاز پاک‌سازی). مقادیر گاز پاک‌کننده با شرایط فشار حاکم در هر تک مرحله پمپاژ تطبیق داده می‌شود.

وقتی از این روش استفاده می‌شود چندین اثر باید مورد توجه قرار گیرد:

- گاز پاک‌کننده مورد استفاده مخلوط ذرات پمپ شده را رقیق می‌کند، واکنش‌های تشکیل ذرات تشکیل نمی‌شود و یا حداقل با تأخیر انجام خواهد شد.
- خطر انفجار از احتراق خودبخودی مواد بطور چشم‌گیری کاهش می‌یابد.
- ذراتی که تشکیل شده‌اند، به روش پنوماتیک از پمپ بیرون برده می‌شوند.
- اتلاف در سرعت پمپاژ و کاهش فشار نهایی می‌تواند با یک روش ویژه که در آن گاز از پمپ عبور داده می‌شود، کوچک نگاه داشته شود.

۲) پمپ‌هایی بدون متراکم‌سازی داخلی، دومرحله‌ای برای کاربردهایی در زمینه شیمی (ALL.ex).

صنعت شیمی به پمپ‌های خلأیی نیاز دارد که بسیار قابل اعتماد باشد و مواد زائد مانند روغن‌های آلوده یا فاضلاب تولید نکند. اگر این اتفاق رخ دهد، هزینه کارکرد چنین پمپ‌های خلأیی در قبال هزینه‌هایی که برای حفاظت از محیط زیست باید پرداخت شود، اندک است. برای این پمپ‌ها به دلیل جریان بخار و یا گستره فشار در طول کل فرایند هیچ محدودیتی وجود ندارد. این پمپ‌ها می‌توانند در کل بازه ۵ تا ۱۰۰۰ میلی‌بار بدون محدودیت کار کنند.