Vacuum Karan

PASK
شرکت پارس
آمایش صنعت کیش
|سهامی خاص|

چگونه پمپ وکیوم مناسب را انتخاب نماییم؟

☒ بخش اول: خلاء از اتمسفر تا ۱ میلی بار

☒ نسخه : ۱.۲

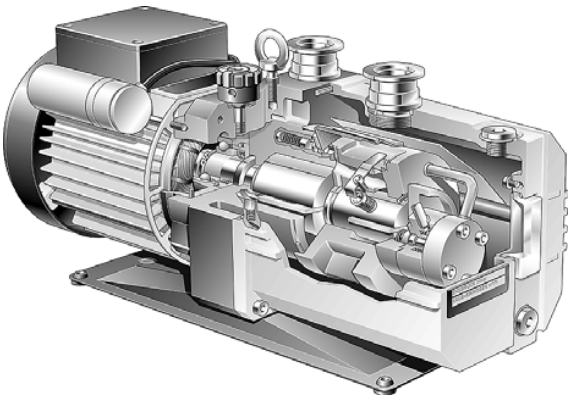
www.vacuumkaran.com

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

استفاده از مطالب با ذکر منبع مجاز است.

به نام خالق بی همتا

سخن نخست



امروزه سیستم های وکیوم یا خلاء در صنایع مختلف کاربرد زیادی پیدا کرده است. صنایع مواد غذایی، ضدعفونی محصولات کشاورزی، تولید مواد شیمیایی، تعمیر سیستم های سرد کننده، تعویض روغن اتومبیل، بازرسی جوش، ساخت بدنه یخچال، تولید دیسک های فشرده کامپیوتری، ساخت کامپوزیت ها، تحقیقات علوم پایه و ... با وکیوم سر و کار دارد. شاید شما هم جزو آن دسته از افرادی باشید که برای ساخت دستگاه خود، نیاز به یک منبع خلاء دارید و در تصمیم گیری برای خرید پمپ وکیوم مناسب از میان انواع پمپ ها دچار سردرگمی شده اید یا ممکن است برای تجهیزات آزمایشگاهی خود، نیاز به وسیله اندازه گیری و کنترل خلاء دارید. در این صورت مکان درستی را برای یافتن راه حل انتخاب کرده اید.

این وب سایت ماموریت خود را بر روی بررسی فناوری های مرتبط با حوزه خلاء شامل مولد های خلاء در محدوده فشارهای مختلف، سیستم های اندازه گیری خلاء، کاربردهای خلاء در صنعت و علوم پایه، بررسی برند های مختلف حوزه خلاء و معرفی منابعی که بتوانید تجهیزات مورد نیاز خود را در ایران تهیه نمایید قرار داده است. همچنین این وب سایت احتمالا برای کسانی که نیاز به شناخت اطلاعات کاربردی وکیوم دارند تا پروژه مرتبط با خلاء را سریعتر به پایان برسانند مفید واقع شود. به علاقه مندان و محققینی که به دنبال اطلاعات کامل تری در مورد فناوری وکیوم می باشند توصیه می شود کتاب **مبانی تکنولوژی وکیوم**،

Fundamentals of Vacuum Technology, Oerlikon LEYBOLD vacuum, revised and compiled by *Dr. Walter Umrath*

را مطالعه بفرمایند. لینک دانلود این کتاب در سایت Vacuumkaran.com قرار داده شده است. نگارنده سعی دارد به تدریج این کتاب را به فارسی ترجمه نماید و با اضافه نمودن به این متن افراد بیشتری بتوانند از اطلاعات این کتاب استفاده نمایند.

در نوشته ها و مطالب سایت فرض بر آن بوده است که شما در فکر این هستید که بی اطلاعی از اصول وکیوم ممکن است مانع تصمیم گیری دقیق و صرف هزینه های بسیار در پروژه شود. لذا مبانی وکیوم از لحاظ تئوری و کاربردی همزمان بحث شده است.

از آنجا که هیچ کاری نمی تواند بی عیب و نقص باشد لذا از کلیه صاحب نظران تقاضا می شود اشکالات این متن، پیشنهاد یا انتقاد خود را با اینجانب در میان بگذارند.

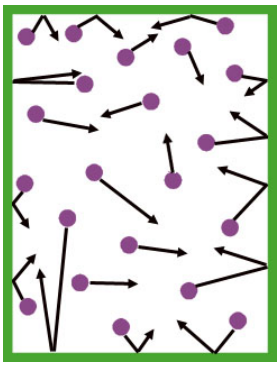
با تشکر

سید هادی مهدوی مرتضوی
مدیر وب سایت وکیوم کاران
Vacuumkaran.com
Email: hm@vacuumkaran.com

مقدمه

وکیوم چیست؟

وکیوم [1] یا خلاء به فضایی گفته می شود که خالی از ماده باشد. در چنین حالتی مولکول های هوا که عامل ایجاد فشار می باشند نیز وجود ندارند. این *تعریف ایده آل* وکیوم می باشد. فشار صفر مطلق در این فضا تعریف می شود. در عمل رسیدن به چنین محیطی *امکان پذیر نیست* زیرا همیشه تعدادی مولکول گاز وجود دارند. اما رسیدن به فشارهای بسیار بسیار پایین دور از واقعیت نیست و امروزه سیستم های وکیومی تولید شده اند که می توانند محیط هایی با قدرت تفکیک مولکول بر واحد حجم، بسیار پایین ایجاد کنند.



شکل ۱- برخورد مولکول های گاز با همدیگر و جداره ظرف باعث ایجاد فشار می شود.

در اصطلاح به فشارهای پایین تر از فشار اتمسفر هوا، حالت خلاء گفته می شود. کلمه وکیوم از معادل لاتین کلمه خالی [2] می آید. با این وصف فشار مابین فشار اتمسفر و صفر مطلق را می توان حوزه سیستم های وکیوم دانست.

یک سیستم خلاء مجموعه ای متشکل از پمپها، فشارسنجها، شیرها، تله ها، اتصالات دایمی و غیر دایمی (فلنج ها) و لوله های متصل کننده آنها به یکدیگر است.

خلاء بسته به فشار گاز به چند دسته تقسیم بندی می شود:

خلاء کم	از فشار اتمسفر تا 1 میلی بار
خلاء متوسط	از 1 تا 10^{-3} میلی بار
خلاء زیاد	از 10^{-3} تا 10^{-7} میلی بار
خلاء خیلی زیاد	از 10^{-7} تا 10^{-14} میلی بار

در هر رده خلاء از روش های پمپاژ، اندازه گیری و انتقال خاصی استفاده می شود. به جرات می توان گفت که بیشتر کاربردهای خلاء در صنعت با خلاء کم (محدوده اتمسفر تا ۱ میلی بار) صورت می گیرد. خلاء کم بیشتر در فرآیندهای خشک کردن، فرمینگ، تغلیظ، تقطیر، پمپاژ مایعات، انتقال مواد، فیلتراسیون و فرآیندهای شیمیایی بکار می رود.

کوره های خلاء در خلاء متوسط عمل می کنند. لایه نشانی و تکنولوژی فیلم در محدوده خلاء زیاد ایجاد می شود. شتاب دهنده ذرات در محدوده بین خلاء زیاد و خیلی زیاد عمل می کند. خلاء های مافوق زیاد در همجوشی هسته ای و حلقه های شتاب دهنده ذرات کاربرد دارد. باید توجه داشت که هر حوزه وکیوم از تکنولوژی ویژه ای برخوردار است و بالطبع با پایین رفتن فشار، تمهیدات پیچیده تری می بایست بکار برد.

مطالب پیرامون وکیوم به سه بخش تقسیم خواهد شد. در بخش نخست این نوشتار عمدتا در مورد وکیوم در حوزه اتمسفر تا فشار ۱ میلی بار صحبت خواهیم کرد.

در ابتدا فیزیک خلاء و سپس روش های تولید، اندازه گیری، انتقال و کاربرد آن مورد بحث قرار خواهد گرفت.

هر چند برای کار با خلاء کم، الزامی به دانستن این مطالب نیست اما مطالعه این بخش می تواند به عیب یابی احتمالی در سیستم کمک نماید.

[1] Vacuum
[2] Empty

تعاریف

فشار، P

فشار به نیروی عمود بر واحد سطح سیال اطلاق می شود. اصطلاح فشار برای مایعات و گازها استفاده می شود و معادل آن در جامدات تنش عمودی می باشد. از آنجا که فشار به عنوان نیرو بر واحد سطح تعریف می شود، از واحد نیوتن بر متر مربع، $\frac{N}{m^2}$ ، که پاسکال، Pa ، نام دارد، استفاده می شود.

$$1\ Pa = 1\frac{N}{m^2}$$

دیگر واحد های رایج در قرائت فشار عبارتند از:

اتمسفر استاندارد	$Standard\ atmosphere$
بار	Bar
تور	$Torr$
پوند نیرو بر اینچ مربع	psi یا $lbf/_{in^2}$

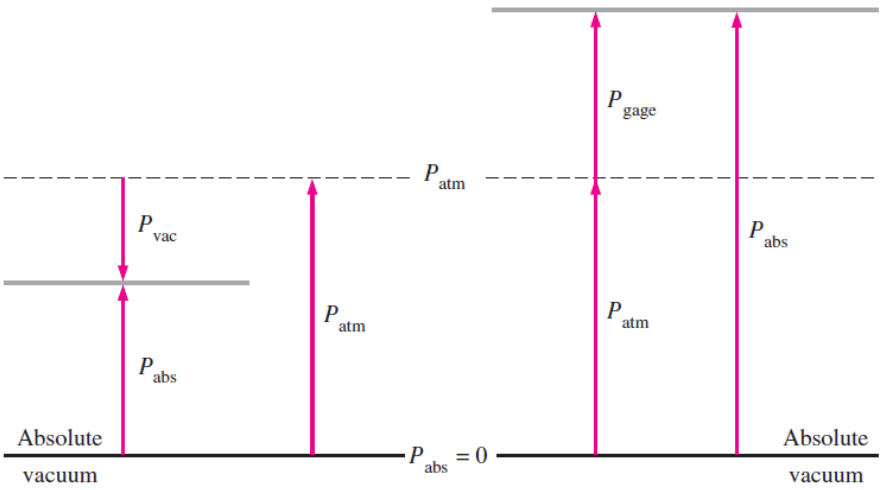
رابطه بین این واحدها در پیوست ها موجود می باشد اما برخی از این روبط به قرار زیر است:

$$1\ bar = 10^5\ Pa = 0.1\ MPa = 100\ kPa$$

$$1\ atm = 101{,}325\ Pa = 1.01325\ bar$$

$$1\ atm = 14.696\ psi$$

برای قرائت فشار گازها با توجه به مرجع صفر اندازه گیری از دو روش مختلف استفاده می شود. اگر مبنای



شکل ۲- نمودار مقایسه فشار مطلق و فشار نسبی

اندازه گیری فشار اتمسفر، P_{atm} ، باشد فشار قرائت شده را فشار نسبی[1] می نامند. این فشار را فشار گیج[2] نیز می نامند. در این حالت مقدار قرائت شده کاملا وابسته به میزان فشار اتمسفر می باشد. حال چنانچه مبنای اندازه گیری خلاء مطلق[3] باشد، فشار قرائت شده را فشار مطلق[4] می گویند.

گاهی اوقات حرف 'a' برگرفته شده از absolute و 'g' بر گرفته شده از gage به واحد ها اضافه می شود تا مشخص شود نوع قرائت فشار چگونه می باشد. همانند Psig و Psia که دو بیان psi می باشند.

همانطور که از نمودار بر می آید خط تیره، فشار صفر مطلق که گویای خلاء ایده آل می باشد را نشان می دهد. خط چین فشار اتمسفر را نشان می دهد.

[1] Differential pressure
[2] Gage pressure
[3] Absolute vacuum
[4] Absolute pressure

همانطور که گفته شد گیج های فشار نسبی کاملا به فشار اتمسفر وابسته هستند و در دو نقطه جغرافیایی مانند بندر بوشهر و تهران، فشار حاصل از یک فرآیند را به صورت متفاوت گزارش می دهند. زیرا فشار اتمسفر در این دو شهر متفاوت می باشد. فشار اتمسفر به ارتفاع از سطح دریا، دما و شرایط آب و هوایی ارتباط دارد. در جدول زیر فشار اتمسفر برای ارتفاعات مختلف اندازه گیری شده است. این جدول را اداره هواشناسی آمریکا از میانگین سالیانه در مدار ۴۵ درجه تهیه نموده است.

از گیج های فشار نسبی برای فرآیندهایی که تنها اختلاف فشار با اتمسفر اهمیت دارد استفاده می شود و نسبت به گیج های فشار مطلق ارزانتر می باشند. گیج

Properties of the atmosphere at high altitude

Altitude, m	Temperature, °C	Pressure, kPa	Gravity g, m/s^2	Speed of Sound, m/s	Density, kg/m^3	Viscosity μ, kg/m · s	Thermal Conductivity, W/m · K
0	15.00	101.33	9.807	340.3	1.225	1.789×10^{-5}	0.0253
200	13.70	98.95	9.806	339.5	1.202	1.783×10^{-5}	0.0252
400	12.40	96.61	9.805	338.8	1.179	1.777×10^{-5}	0.0252
600	11.10	94.32	9.805	338.0	1.156	1.771×10^{-5}	0.0251
800	9.80	92.08	9.804	337.2	1.134	1.764×10^{-5}	0.0250
1000	8.50	89.88	9.804	336.4	1.112	1.758×10^{-5}	0.0249
1200	7.20	87.72	9.803	335.7	1.090	1.752×10^{-5}	0.0248
1400	5.90	85.60	9.802	334.9	1.069	1.745×10^{-5}	0.0247
1600	4.60	83.53	9.802	334.1	1.048	1.739×10^{-5}	0.0245
1800	3.30	81.49	9.801	333.3	1.027	1.732×10^{-5}	0.0244
2000	2.00	79.50	9.800	332.5	1.007	1.726×10^{-5}	0.0243
2200	0.70	77.55	9.800	331.7	0.987	1.720×10^{-5}	0.0242
2400	−0.59	75.63	9.799	331.0	0.967	1.713×10^{-5}	0.0241
2600	−1.89	73.76	9.799	330.2	0.947	1.707×10^{-5}	0.0240
2800	−3.19	71.92	9.798	329.4	0.928	1.700×10^{-5}	0.0239
3000	−4.49	70.12	9.797	328.6	0.909	1.694×10^{-5}	0.0238
3200	−5.79	68.36	9.797	327.8	0.891	1.687×10^{-5}	0.0237
3400	−7.09	66.63	9.796	327.0	0.872	1.681×10^{-5}	0.0236
3600	−8.39	64.94	9.796	326.2	0.854	1.674×10^{-5}	0.0235
3800	−9.69	63.28	9.795	325.4	0.837	1.668×10^{-5}	0.0234
4000	−10.98	61.66	9.794	324.6	0.819	1.661×10^{-5}	0.0233
4200	−12.3	60.07	9.794	323.8	0.802	1.655×10^{-5}	0.0232
4400	−13.6	58.52	9.793	323.0	0.785	1.648×10^{-5}	0.0231
4600	−14.9	57.00	9.793	322.2	0.769	1.642×10^{-5}	0.0230
4800	−16.2	55.51	9.792	321.4	0.752	1.635×10^{-5}	0.0229
5000	−17.5	54.05	9.791	320.5	0.736	1.628×10^{-5}	0.0228
5200	−18.8	52.62	9.791	319.7	0.721	1.622×10^{-5}	0.0227
5400	−20.1	51.23	9.790	318.9	0.705	1.615×10^{-5}	0.0226
5600	−21.4	49.86	9.789	318.1	0.690	1.608×10^{-5}	0.0224
5800	−22.7	48.52	9.785	317.3	0.675	1.602×10^{-5}	0.0223
6000	−24.0	47.22	9.788	316.5	0.660	1.595×10^{-5}	0.0222
6200	−25.3	45.94	9.788	315.6	0.646	1.588×10^{-5}	0.0221
6400	−26.6	44.69	9.787	314.8	0.631	1.582×10^{-5}	0.0220
6600	−27.9	43.47	9.786	314.0	0.617	1.575×10^{-5}	0.0219
6800	−29.2	42.27	9.785	313.1	0.604	1.568×10^{-5}	0.0218
7000	−30.5	41.11	9.785	312.3	0.590	1.561×10^{-5}	0.0217
8000	−36.9	35.65	9.782	308.1	0.526	1.527×10^{-5}	0.0212
9000	−43.4	30.80	9.779	303.8	0.467	1.493×10^{-5}	0.0206
10,000	−49.9	26.50	9.776	299.5	0.414	1.458×10^{-5}	0.0201
12,000	−56.5	19.40	9.770	295.1	0.312	1.422×10^{-5}	0.0195
14,000	−56.5	14.17	9.764	295.1	0.228	1.422×10^{-5}	0.0195
16,000	−56.5	10.53	9.758	295.1	0.166	1.422×10^{-5}	0.0195
18,000	−56.5	7.57	9.751	295.1	0.122	1.422×10^{-5}	0.0195

Source: U.S. Standard Atmosphere Supplements, U.S. Government Printing Office, 1966. Based on year-round mean conditions at 45° latitude and varies with the time of the year and the weather patterns. The conditions at sea level ($z = 0$) are taken to be $P = 101.325$ kPa, $T = 15$°C, $\rho = 1.2250$ kg/m^3, $g = 9.80665$ m^2/s.

های فشار نسبی، فشار اتمسفر را صفر نشان می دهند و با عمیق تر شدن خلاء به سمت ۱- حرکت می کند. باید توجه داشت که همیشه فشار نسبی در خلاء به صورت منفی می باشد.

مثال: در شهر تهران فشار یک محفظه با یک گیج نسبی مقدار 0.600 bar- اندازه گیری شده است. فشار اتمسفر در آن لحظه 870mbar مطلق گزارش شده است. فشار مطلق محفظه چقدر می باشد؟

جواب: از آنجا که فشار نسبی محفظه و فشار مطلق اتمسفر مشخص می باشد پس خواهیم داشت،

$$P_{abs} = P_{atm} - P_{vac} = 0.870 - 0.600$$

$$P_{abs} = 0.270\ bar$$

بعضی از متقاضیان خلاء در درخواست خود عنوان می کنند که به فشار ۱- بار نیاز دارند ولی هیچ وقت به این فشار نمی رسند. فشار ۱- در تهران برابر خواهد بود با فشار مطلق:

$$P_{abs} = P_{atm} - P_{vac} = 0.870 - 1 = -0.13\ bar$$

در صورتی که فشار مطلق نمی تواند منفی باشد. در حقیقت عدد ۱- بار را تنها در سطح دریا می توان از روی گیج های نسبی قرائت نمود.

مثال: فرض کنید در آزمایش بالا به خلاء ایده آل یعنی صفر مطلق دست پیدا کرده ایم. گیج فشار نسبی در مثال بالا چه فشار نسبی را نشان خوهد داد؟

جواب:

$$P_{vac} = P_{atm} - P_{abs} = 0.870 - 0 = 0.870\ Bar$$

به این ترتیب گیج فشار نسبی در شهر تهران خلاء ایده آل را 0.870- بار اعلام می کند. در مجموع در تجهیزاتی که دانستن میزان دقیق فشار خلاء مهم می باشد، استفاده از گیج فشار نسبی توصیه نمی شود.

فایل اکسل تبدیل فشار نسبی به مطلق در واحد های مختلف را می توانید از سایت www.vacuumkaran.com دانلود نمایید.

پایین ترین فشار قابل دستیابی در محیط آزمایشگاهی و دمای استاندارد، حدود 10^{-13} torr یا 13 Pico Pa می باشد. البته در سیستم های دما پایین و در حدود 4 درجه کلوین فشار 5×10^{-17} Torr یا 6.7 Femto Pa نیز به صورت غیر مستقیم اندازه گیری شده است.

حجم[1]،

(m^3, l)

حجم در یک سیستم خلاء به محتوای حجمی محفظه خلاء همراه با پایپینگ و اتصالات آن اطلاق می شود. در این حالت کل محفظه ای که می تواند مولکول های گاز در آن جا بگیرند جزو حجم سیستم محسوب می شود.

جریان حجمی[2]،

$l/s\ ,m^3/h\ ,ft^3/min\ (cfm)$

جریان حجمی یکی از پارامترهای طراحی پمپ می باشد که به میزان گذر یک حجم مشخص از گاز در واحد زمان و در یک فشار و دمای مشخص، درون یک لوله اشاره دارد. باید توجه داشت با یک جریان حجمی ثابت می توان چند گذر جرمی متفاوت داشت. زیرا با تغییر فشار و دما تعداد مولکول در واحد حجم تغییر پیدا می کند.

[1] Volume
[2] Volumetric flow (flow volume)

سرعت پمپاژ،

میزان جریان حجمی که از دهانه ورودی پمپ عبور می کند را سرعت پمپاژ می گویند.

$$S = -\frac{dV}{dt}$$

کمیت گاز، $pV\ value$

$mBar.l$

میزان کمیت مواد معمولا به صورت جرم یا وزن بیان می شود. در سیستم های خلاء برای اندازه گیری میزان کمیت گاز از حاصلضرب فشار گاز محبوس در حجم محفظه گاز استفاده می شود. زیرا فشار یا حجم گاز به تنهایی نمی تواند میزان جرم گاز را تعیین نماید.

$$p.V = \frac{m}{M}.R.T$$

جاییکه m، جرم گاز و M جرم مولی گاز می باشد. باید توجه داشت که کمیت گاز، بیان مطلقی برای کمیت جرمی یک گاز نمی تواند باشد زیرا دمای گاز نیز در آن موثر می باشد.

ظرفیت پمپاژ[1]، q_{pv}

ظرفیت پمپاژ در یک پمپ وکیوم برابر است با جریان جرمی که از میان دهانه پمپ عبور می کند.

$$q_m = \frac{m}{t}$$

و یا با مقدار جریان pV در میان دهانه پمپ وکیوم برابر می باشد.

$$q_{pv} = \frac{p.V}{t}$$

معمولا این مقدار را با واحد $mbar.l.s^{-1}$ نشان می دهند.

کانداکتانس یا هدایت،

$l.s^{-1}$

هر مجرایی در سیستم خلاء مانند لوله، شیر، فلنج، در برابر جریان عبور مولکول های گازها مقاومت می نماید بطوریکه هر مجرا دارای میزان هدایت یا کانداکتانس قابل اندازه گیری می باشد.

هنگام عبور یک جریان گاز با افت انرژی در طول مجرا مواجه می شویم. این افت انرژی بسته به مشخصات مجرا و گاز عبوری باعث افت فشار در طول خط می شود.

رابطه کانداکتانس با ظرفیت پمپاژ و اختلاف فشار به صورت زیر می باشد،

$$q_{pv} = C(p_1 - p_2) = \Delta p.C$$

جاییکه $\Delta p = (p_1 - p_2)$ نمایانگر اختلاف فشار بین ابتدا و انتهای مجرا می باشد. مقدار کانداکتانس متاثر از هندسه مجرا می باشد و می توان از طریق جداولی که به این منظور طراحی شده است برای محاسبه آنها استفاده نمود.

مدل الکتریکی خلاء

برای اینکه درک بهتری از هدایت در خلاء داشته باشیم می توان از معادل الکتریکی سیستم خلاء استفاده نماییم. رابطه میزان هدایت با مقاومت از قرار زیر است:

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R \cong \frac{1}{C} = \frac{\Delta p}{q_{pv}}$$

[1] Pump throughput

پس اگر هدایت الکتریکی یک مقاومت را با هدایت یک مجرای خلاء مقایسه نماییم می توان اختلاف فشار بین ابتدا و انتهای مجرا را با اختلاف پتانسیل دو سر یک مقاومت مقایسه نمود و جریان عبوری از مقاومت را با ظرفیت پمپاژ پمپ وکیوم مقایسه کرد.

$$\Delta p \equiv V$$
$$q_{pv} \equiv I$$

فیزیک خلاء

یک ظرف بسته حاوی گاز را در نظر بگیرید. مولکول های گاز از طریق انرژی جنبشی مولکول ها، به سطح ظرف ضربه یا نیرو وارد می کنند. هر چه دما بالاتر باشد مولکول ها با سرعت بیشتری حرکت می کنند و به دیواره ظرف نیروی بیشتری وارد می نمایند. پس فشار و دما با یکدیگر رابطه مستقیم دارند.

در گازها وضعیت را در هر لحظه بر حسب خاصیت[1]هایی مانند فشار، دما و حجم می توان گزارش نمود. بر طبق قوانین ترمودینامیک تنها دو کمیت از این خواص به صورت مستقل قابل تغییر می باشند و خاصیت سوم وابسته به دو خاصیت دیگر می باشد. این مفهوم اساس قانون حالت گاز ایده آل یا کامل را تشکیل می دهد:

$$PV = nkT$$

جایی که،

P، فشار مطلق گاز، Pascal

V، حجم گاز، m^3

n، تعداد مولکول گاز، mole

k، ثابت جهانی گازها، $8.314472\ J{\cdot}K^{-1}{\cdot}mol^{-1}$

T، دمای مطلق گاز، Kelvin

معادله گاز کامل رابطه بین سه خاصیت اصلی گاز را نشان می دهد. هر چه فشار پایین تر باشد این رابطه ریاضی با واقعیت بیشتر سازگار می باشد.

از آنجا که مفهوم خلاء مربوط به فشارهای زیر اتمسفر است، لذا می توان از معادله حالت گاز کامل براحتی در این محدوده فشاری استفاده نمود. معادله طلایی خلاء از قانون گاز کامل نشأت می گیرد.

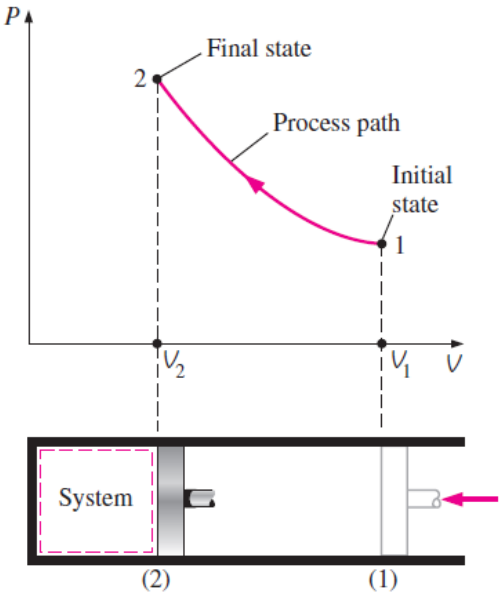
با توجه به این رابطه، جرم یک گاز کامل در یک سیستم مشخص و با دمای ثابت، با حاصلضرب فشار در حجم متناسب است که هر دو به آسانی قابل اندازه گیری می باشند.

مثال: یک سیلندر میزان مشخصی از جرم گاز را در خود محبوس کرده است. وضعیت پیستون در حالت ۱ و ۲ حجم های مختلفی را اعمال می کند. پس با کاهش حجم گاز حبس شده، فشار گاز بالا می رود.

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = nk = \text{مقدارثابت}$$

در این حالت نمودار تغییرات فشار و حجم در حالت دمای ثابت به صورت شکل ۳ خواهد شد. یک فرآیند ایجاد خلاء دقیقا عکس این فرآیند خواهد بود. چنانچه حجم در طی یک فرآیند افزایش یابد باعث پایین آمدن فشار درون سیستم بسته می شود.

برای توضیحات بیشتر در این زمینه می توانید مقاله فیزیک خلاء را در صفحه فیزیک خلاء بیابید.



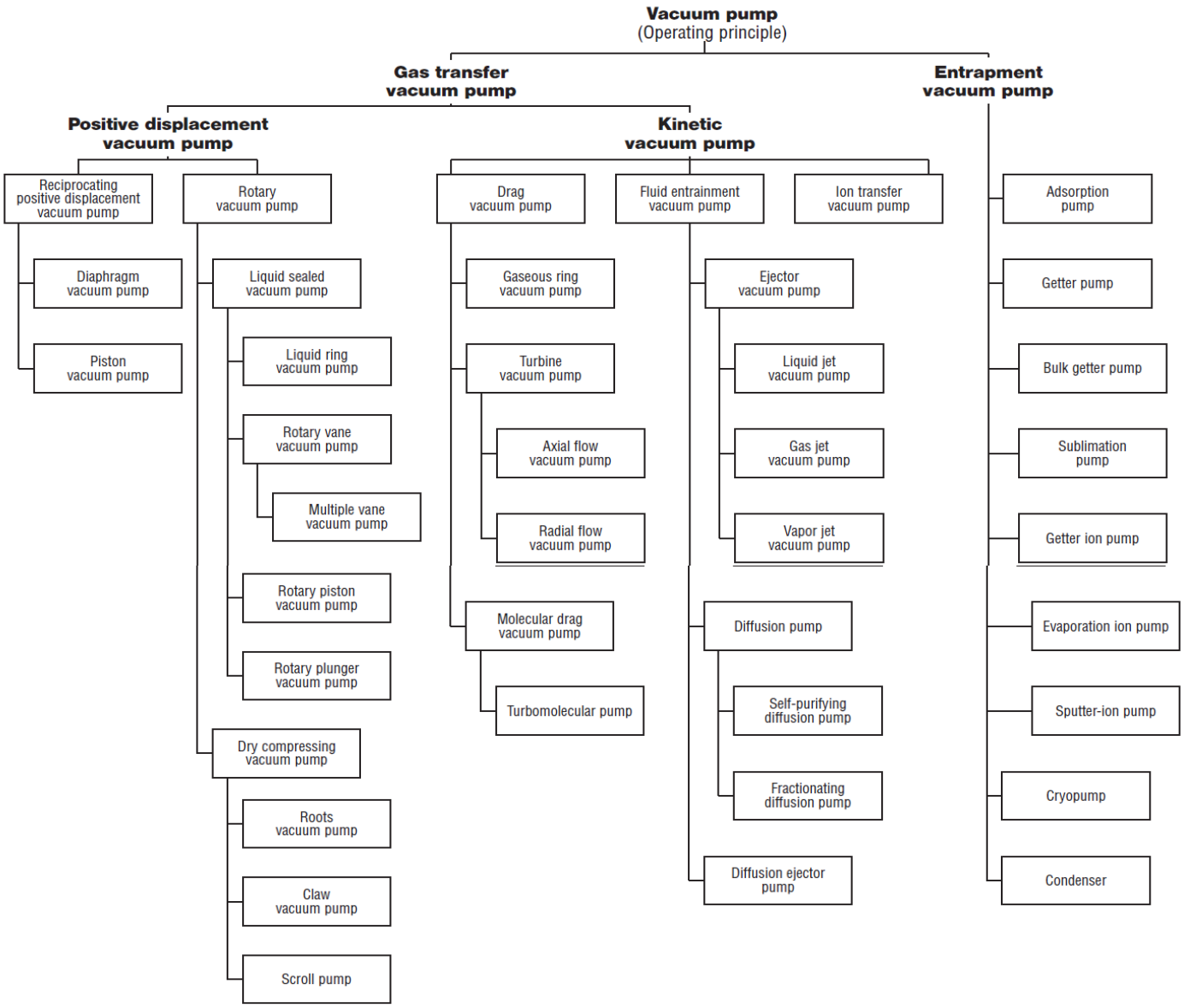
شکل ۳- نمودار P-V از یک فرآیند کمپرس

[1] Property:
خاصیت سیستم کمیتی است که تغییرات آن تنها بستگی به حالت ابتدایی و انتهایی فرآیند دارد و به مسیر تغییرات بستگی ندارد، مانند دما و فشار. اما کار و گرما به مسیر فرآیند بستگی دارند و لذا خاصیت سیستم محسوب نمی شوند. البته فشار، در محدوده نزدیک به خلاء کم، جزو خاصیت سیستم به شمار می آید. در فشارهای پایین تر مسیر تغییرات نیز تعیین کننده می باشد.

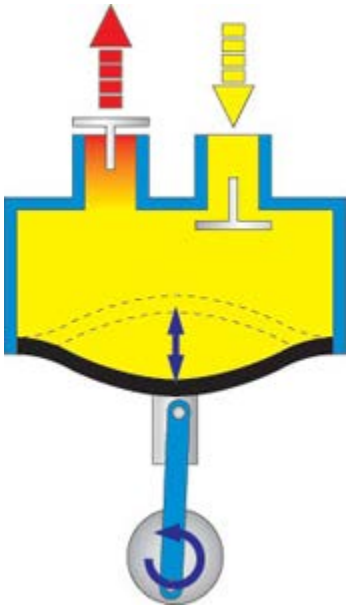
تولید خلاء

انواع پمپ های وکیوم

بسته به کاربرد، محدودیت های فشار، ظرفیت پمپاژ و شرایط محیطی از روش های گوناگونی برای تولید خلاء استفاده می شود. برای اینکه تصور بهتری از تنوع روش های پمپاژ گازها داشته باشیم به نمودار مقابل توجه نمایید.



پمپ دیافراگمی[1]

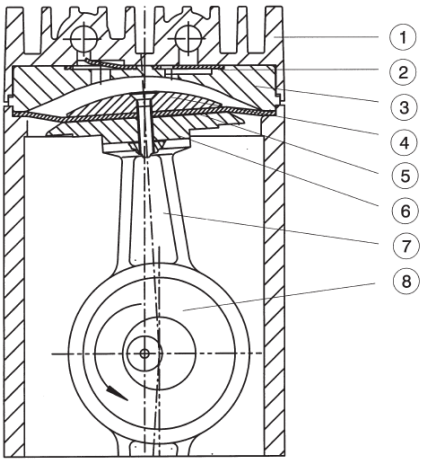


شکل ۴- عملیات تولید خلاء توسط پمپ دیافراگمی

اخیرا پمپ های دیافراگمی به دلیل ملاحظات محیطی کاربرد بسیاری پیدا کرده است. از آنجا که این نوع پمپ برخلاف دیگر انواع پمپ های مانند تیغه ای و رینگ آب از یک مایع جهت عایق بندی خلا استفاده نمی کند لذا از این پمپ ها در مراکزی که محدودیت های شیمیایی یا بهداشتی وجود دارد براحتی می توان استفاده نمود. در حقیقت پمپ های دیافراگمی بدون روغن OilFree هستند. مکانیزم عمل این پمپ بسیار ساده است. میل لنگ و دسته شاتون یک دیافراگم را به حرکت در می آورد. با حرکت رو به پایین این دیافراگم فشار هوای درون محفظه پایین می آید و شیر ورود هوا باز می شود. با حرکت رو به بالا دیافراگم فشار هوای حبس شده بالا می رود و از طریق شیر خروجی به بیرون هدایت می شود.

در پمپ های ساده این شیرها از یک ورق فلزی تشکیل شده است که یکی از آنها، تنها می تواند حرکت رو به پایین و دیگری حرکت رو به بالا داشته باشد. این تفاوت در جهت حرکت باعث می شود که هر کدام در حالت کمپرس یا وکیوم عمل نمایند. به جهت حرکت سوپاپ ها در تصویر شماره ۴ دقت کنید.

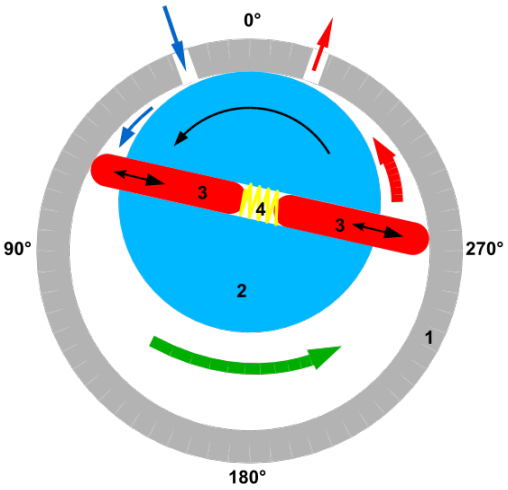
پمپ های دیافراگمی به صورت یک مرحله یا چند مرحله ساخته می شوند. در پمپ های چند مرحله ای، عملیات وکیوم طی چند مرحله و به صورت سری انجام می گیرد. حرکت دیافراگم ها در پمپ دو مرحله ای خلاف جهت یکدیگر می باشد به طوری که در زمانی که یک دیافراگم در جهت کمپرس کردن عمل می کند دیگری در جهت افزایش حجم و رو به پایین حرکت می کند.



(1) Casing lid
(2) Valves
(3) Lid
(4) Diaphragm disk
(5) Diaphragm
(6) Diaphragm support disk
(7) Connecting rod
(8) Eccentric disk

[1] Diaphragm pump

پمپ تیغه ای[1]



شکل ۱ نمای شماتیک از پمپ روتاری چرخشی

در این نوع پمپ، روتور دو تیغه را که توسط یک فنر به دیواره فشرده می شود را می چرخاند. در طی چرخش از ۰ تا اندکی بیش از ۱۸۰ درجه، هوا از یک طرف وارد ظرف می شود و پس از گذر از این وضعیت هوا به طرف خارج از پمپ هدایت می شود.

این نوع پمپ برای اینکه فضای بین تیغه و دیواره را آب بندی کند از یک فیلم نازک روغن بهره می گیرد. در حقیقت قسمتی از این پمپ همیشه در روغن غوطه ور می باشد. هوای خروجی نیز مقداری روغن همراه خود دارد که توسط فیلتر تعبیه شده در اگزوز، روغن آن گرفته می شود.

قسمت های مختلف پمپ به تفکیک شماره را می توانید روی شکل ببینید.

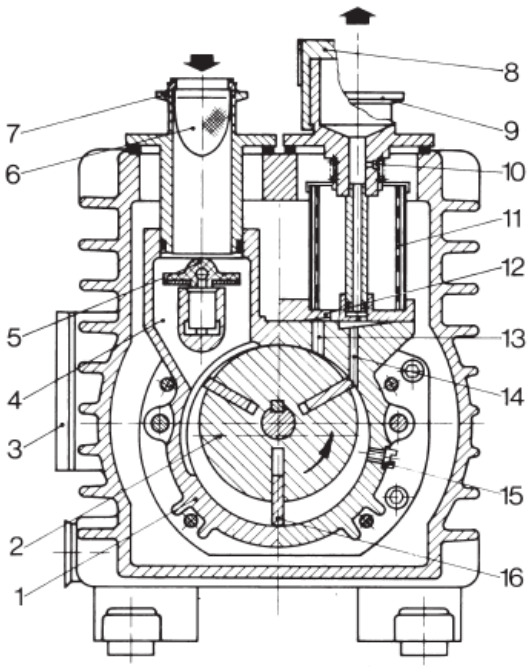
۱- محفظه کمپروسور

۲- روتور چرخنده تیغه ها

۳- تیغه

۴- فنر

هر چه تیغه با بدنه پمپ بهتر آب بندی شده باشد، فشار های پایین تری قابل دستیابی می باشد. در حالت وکیوم بالا (فشار پایین) کیفیت روغن پمپ بسیار تعیین کننده است. در فشار پایین، نقطه جوش روغن نیز پایین می آید و روغن در محفظه پمپ بخار می شود که به صورت دود سفید رنگی در اگزوز ظاهر می شود. این بخار در فشار های پایین می تواند قدرت وکیوم را پایین بیاورد. باید توجه داشت که پمپ های روغنی را در فضاهای بسته نباید به مدت طولانی استفاده نمود. بخار روغن برای تنفس و چشم ها در مدت طولانی می تواند خطرناک باشد. همچنین این بخار قابل اشتعال می باشد.



1	Pump housing	9	Exhaust port
2	Rotor	10	Air inlet silencer
3	Oil-level sight glass	11	Oil filter
4	Suction duct	12	Exhaust valve
5	Anti-suckback valve	13	Exhaust duct
6	Dirt trap	14	Gas ballast duct
7	Intake port	15	Oil injection
8	Lid of gas ballast valve	16	Vane

شکل ۵– مقطع برش خورده از یک پمپ تیغه ای چرخشی

[1] Rotary vane

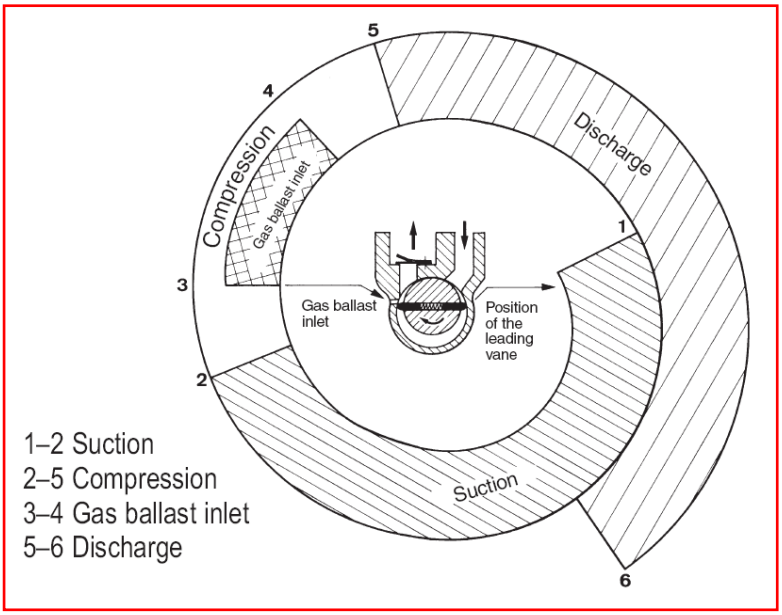
میزان حلالیت گاز در روغن نیز مهم می باشد. از آنجا که روغن از ناحیه فشار بالا به ناحیه فشار پایین دائما در حال گردش می باشد، اگر میزان حلالیت هوا در روغن بالا باشد، گاز جذب شده در ناحیه فشار بالا دوباره در ناحیه فشار پایین به محفظه وکیوم نشت می کند. بنابراین کیفیت روغن بر میزان وکیوم نیز موثر است.

هر چه محفظه روغن بزرگتر باشد، پمپ بهتر خنک می شود و بازدهی روغن نیز بالاتر می رود. در جلوی پمپ های روتاری روغنی معمولا یک شیشه مدرج تعبیه شده است تا سطح و کیفیت روغن پمپ قابل تشخیص باشد. در صورت پایین آمدن سطح روغن می بایست روغن پمپ را شارژ نمود و گرنه موجب خراب شدن تیغه های پمپ و افت فشار می شود.

گاز بالاست[1]

در هنگام پمپ کردن گازها همیشه مقداری بخار وارد پمپ می شود که در محفظه پمپ، کندانس یا میعان شده و وارد روغن می شود. در هنگام پمپ کردن و در مرحله کمپرس شدن هوا چنانچه فشار کمپرس از فشار اشباع این بخار در دمای پمپ بالاتر رود، باعث می شود که بخار درون محفظه پمپ چگالیده شده و وارد فاز مایع شود. به طور مثال هنگام پمپ کردن بخار آب در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد تنها می توان تا فشار ۳۱۲ میلی بار کمپرس کرد. در طی مرحله چگالیده شدن، هرچند حجم گاز کوچکتر می شود اما فشار جزیی بخار افزایش پیدا نمی کند و تنها فشار جزیی دیگر گازها افزایش می یابد. توضیح بیشتر این مسئله از حوصله این بحث خارج است و شما می توانید توضیحات بیشتر را در مباحث ترمودینامیک گازها مطالعه بفرمایید.

هنگامی که حجم بخار کاهش پیدا می کند بجای افزایش فشار، بخار آب وارد فاز مایع می شود و تولید آب را در روغن پمپ به صورت امولاسیون خواهیم داشت. این حالت به سرعت خواص روغن را دستخوش تغییر می کند و حتی ممکن است باعث شود که پمپ پر از آب شود. در پمپ های تیغه چرخشی برای جلوگیری از میعان شدن بخار در محفظه پمپ از شیر گاز بالاست استفاده می نمایند. ایده استفاده از این شیر را



شکل ۶- مراحل کار پمپ وکیوم و شیر گاز بالاست

Wolfgang Gaedدر سال ۱۹۳۵ هنگام مطالعه بر روی چگالش بخار در روغن پمپ های وکیوم مطرح نمود.

پمپ های تیغه ای چرخشی در سه مرحله عمل تولید خلا را انجام می دهند. ابتدا هوا در ورودی مکش می شود (۲-۱)، سپس هوا متراکم می شود (۵-۴-۳-۲) و

[1] Gas Ballast

در نهایت فشار هوای متراکم شده باعث می شود که شیر خروج باز شود. در محدوده حرکتی ۳ تا ۴ شیر گاز بالاست وارد عمل شده و با هدایت بخار به خروجی مانع افزایش فشار و عمل چگالش بخار می شود. به تصویر بالا دقت نمایید.

یکی از مشکلات استفاده از شیر گاز بالاست، افت فشار وکیوم نهایی [1]می باشد. معمولا سازندگان، فشار نهایی پمپ وکیوم در شرایط استفاده و یا عدم استفاده از شیر گاز بالاست را ، در کاتالوگ دستگاه ذکر می نمایند.

[1] Ultimate vacuum pressure

محاسبه میزان هوادهی (دبی) پمپ وکیوم

اگر شما یک مخزن ۱ متر مکعبی داشته باشید و بخواهید در عرض سه دقیقه فشار آن را از فشار اتمسفر (فشار ۱۰۱۳ میلی بار) به فشار ۱۰۰ میلی بار برسانید به چه پمپ و با چه میزان هوادهی یا دبی نیاز داریم؟

متاسفانه بسیاری از افراد در هنگام محاسبه دبی مورد نیاز از فرمول های پمپ آب استفاده می نمایند. به طور مثال با تقسیم کردن عدد حجمی مخزن بر زمان تخلیه، میزان دبی پمپ را بدین صورت تعیین می کنند:

$$3min = 180s = 180s \times \frac{1hr}{3600s} = 0.05hr$$

۳ دقیقه برابر است با ۰.۰۵ ساعت پس

$$\frac{1m^3}{0.05\text{hr}} = 20\frac{m^3}{hr}$$

آیا یک پمپ ۲۰ متر مکعب بر ساعت می تواند فشار محفظه را در سه دقیقه به ۱۰۰ میلی بار برساند؟

خیر. این راه حلی اشتباه برای این مسئله می باشد.

احتمالا ممکن است کارفرما شما، به خاطر نتایج این پاسخ، شما را بازخواست کند. پس راه حل چیست؟

قبل از جواب دادن به این سوال شما می بایست شرایط محفظه و محدوده خلاء مورد نیاز خود را تعیین کنید. اگر در محفظه شما یک مایع قرار دارد که نقطه جوش آن در فشار وکیوم نهایی، پایین تر از دمای محیط باشد می بایست ملاحظات ترمودینامیکی را نیز در نظر گرفت. این مطلب در مقاله ترمودینامیک خلاء مورد بحث قرار گرفته است.

فرض ما در این بخش بر این است که تولید گاز در محفظه وجود ندارد. به زبان ساده تر هیچ مایعی برای بخار شدن در محفظه وجود ندارد و جداره ظرف گاز تولید نمی کند و تنها هوای معمولی درون ظرف می باشد. همچنین محدوده فشار از ۱۰۱۳ میلی بار اتمسفر تا ۱ میلی بار می باشد. در این صورت معادله طلایی خلاء یعنی معادله حالت گاز که پیشتر در مورد آن صحبت کردیم راه گشاست. علاقه مندانی که تمایل دارند بیشتر از فیزیک این معادله اطلاعات کسب نمایند می توانند توضیحات بیشتر را در مقاله فیزیک خلاء، مطالعه نمایند.

در این حالت سرعت پمپ کردن موثر لازم، S_{eff} ، یک پمپ وکیوم به فشاراولیه ، P_1 (که معمولا فشار اتمسفر می باشد)، حجم کل ظرف، V، و زمان پمپ کردن، t بستگی دارد. در اینجا فرض می شود که فشار نهایی قابل دستیابی توسط پمپ، P_2، بسیار کمتر از P_1 می باشد، $P_2 \ll P_1$.

پس سرعت پمپ کردن لازم برای رساندن فشار به P_1 خواهد شد؛

$$S_{eff} = \frac{V}{t} \cdot ln\frac{p_1}{p_2}$$

جاییکه،

S_{eff}	دبی موثر پمپ وکیوم
V	حجم محفظه خلاء
t	مدت زمان تخلیه
p_1	فشار اولیه مخزن
p_2	فشار نهایی مخزن

این معادله تا محدوده ۱ میلی بار را با دقت خوبی جواب خواهد داد. برای فشار های پایین تر می بایست ملاحظات دیگری را نیز در نظر گرفت.

در حقیقت مسئله ای که در بالا به صورت اشتباه حل شده است، مقدار $\tau = \frac{V}{t}$ را بدست آورده ایم و باید در $ln\frac{1013}{p}$ نیز ضرب شود.

اما ضریب $ln\frac{p_1}{p_2}$ از کجا ناشی می شود؟ این ضریب به خاطر خاصیت فشردگی[1] گازها ناشی می شود که تفاوت اصلی آن با مایعات در این خاصیت می باشد.

و جواب مسئله بالا خواهد بود:

$$S_{eff} = \frac{V}{t} \cdot \sigma = 20\frac{m^3}{hr} \times ln\frac{1013}{100} \cong 46.3\frac{m^3}{hr}$$

مثال:

یک محفظه با حجم ۵۰۰ لیتر می بایست در مدت زمان ۱۰ دقیقه به فشار ۱۰ میلی بار برسد. چه سرعت پمپاژ (دبی یا هوادهی) مورد نیاز است؟

$500\ lit. = 0.5\ m^3$ و $10min = 600s = {}^1/_6\ hr$

لذا مطابق فرمول بالا خواهیم داشت:

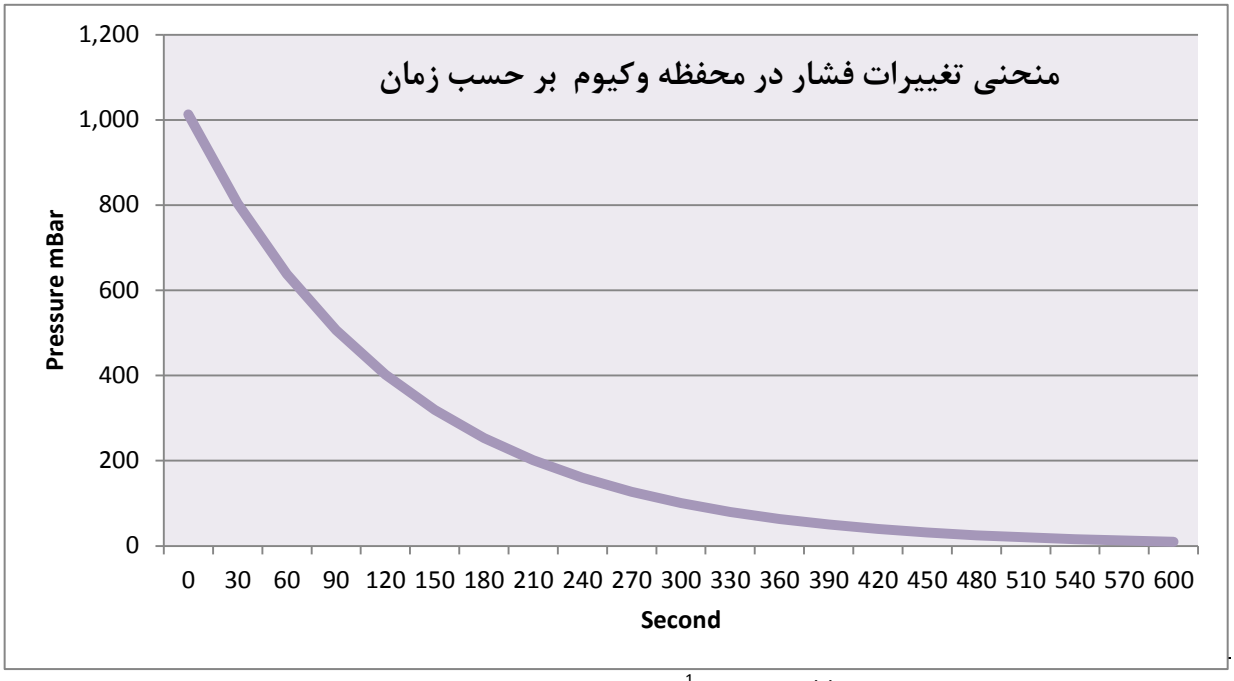
$$S_{eff} = \frac{V}{t} \cdot ln\frac{1013}{p}$$

$$S_{eff} = \frac{0.5}{{}^1/_6} \cdot ln\frac{1013}{10} = 3 \times 4.61 = 13.85\frac{m^3}{hr}$$

این حداقل دبی مورد نیاز برای این پمپ می باشد. باید توجه داشت که در فشار های پایین و هنگام استفاده از گاز بالاست سرعت پمپاژ پایین تر می آید و می بایست مقدار دبی را بیشتر در نظر گرفت.

اما این همه داستان نیست. سرعت پمپاژ به عوامل دیگری نیز بستگی دارد که در بخش بعد در مورد آن بحث خواهیم کرد.

فایل اکسل محاسبه ظرفیت پمپ را می توانید در سایت vacuumkaran.com بخش دانلود بیابید.



[1] Compressible

چگونه ظرفیت مناسب را برای کاربردهای HVAC / R انتخاب نماییم؟

یکی از کاربردهای پمپ وکیوم در تخلیه پایپینگ سیستم های سرماساز مانند دستگاه های تهویه مطبوع، سردخانه ها و چیلرهای جذبی جهت شارژ گاز می باشد. از آنجا که بزرگی فضای پایپینگ هر سیستم سرماساز با توجه به میزان تناژ تبرید آن می باشد انتخاب یک پمپ وکیوم مناسب برای سرعت عمل و سهولت در شارژ گاز مهم می باشد. پمپ وکیوم کوچک می تواند زمان تخلیه سیستم پایپینگ را زیادتر کند. همچنین یک پمپ وکیوم بزرگ نیز ممکن است صرف هزینه غیر معقول باشد.

مهندسین شرکت JB آمریکا فرمولی ساده را برای انتخاب بهترین میزان دبی پمپ وکیوم جهت تخلیه سیستم تبرید و چیلر تاسیسات پیشنهاد می نمایند:

$$CFM^2 = \text{maximum tonnage rating}$$

در حقیقت از میزان تناژ سیستم تبرید می بایست جذر یا رادیکال بگیرید تا عدد دبی به واحد فوت مکعب بر دقیقه یا CFM را بدست آورید.

مثال: برای وکیوم کردن یک سیستم تهویه مطبوع با ۵۰ تن تبرید نیاز به یک پمپ وکیوم داریم. بهترین دبی برای پمپ وکیوم چقدر می باشد؟

از آنجا که سیستم ۵۰ تن تبرید می باشد پس از آن جذر می گیریم که،

$$CFM = \sqrt{50} \cong 7cfm$$

یک پمپ وکیوم با دبی حداقل ۷ فوت مکعب بر دقیقه را انتخاب نمایید.

در سیستم های بزرگ پیشنهاد می شود برای غلبه بر مسئله افت فشار، از تعداد پمپ های بیشتری با اندازه کوچکتر و در مکان های مختلف سیستم استفاده شود. مکندگی چندین پمپ در مکان های مختلف سیستم، از مکندگی یک پمپ بزرگ معادل بهتر می باشد.

پرسشنامه استعلام وکیوم

نام و نام خانوادگی

شرکت

تلفن ثابت

تلفن همراه

آدرس:

این فرم را چاپ کرده و اطلاعات درخواستی را تکمیل نموده و برای ما فاکس کنید. در صورت سوال در مورد گزینه ها با ما تماس بگیرید. ما سعی می کنیم در اولین فرصت پیشنهاد خود را همراه با قیمت برای شما ارسال کنیم.

۱. در چه نوع کاربردی پمپ وکیوم استفاده خواهد شد؟ *خشک کردن، تقطیر، نگهداشتن... /توضیح/*

۲. فرایند کار به صورت پیوسته، continuously یا منقطع، in batches می باشد؟
/توضیح/

۳. حجم محفظه که می بایست وکیوم شود چه میزان است؟ m^3 */توضیح/*

٤. در چه مدت زمانی می بایست هوای محفظه تخلیه صورت گیرد؟ min یا hr
/توضیح/

۵. فشار کاری مد نظر شما چه قدر می باشد؟ mbar */توضیح/*

۶. دمای محیط در هنگام کارکرد پمپ چقدر می باشد؟ min / max °C

۷. دمای هوای ورودی به پمپ حداکثر چقدر می باشد؟ °C

۸. ترکیب گاز ورودی به پمپ چیست؟ اگر غیر از هوای محیط می باشد نام ببرید؟

۹. آیا گاز ورودی قابل اشتعال یا انفجار می باشد؟

۱۰. آیا به سیستم الکتریکی ۳ فاز دسترسی دارید؟

مشخصات فنی پمپ های وکیوم

پمپ خود را با توجه به دبی (جابجایی هوا) و فشار مورد نیاز از جدول های ذیل انتخاب نمایید. چنانچه پمپ مورد نیاز در لیست وجود ندارد از طریق اطلاعات تماس، درخواست خود را ارائه نمایید تا در اسرع وقت نسبت به تهیه آن اقدام شود.

◄ پمپ های وکیوم **JB** ساخت آمریکا دو مرحله ای، Two Stages، سری Eliminator

پمپ خلا / Vacuum Pump		DV-6E-250	DV-3E-250
جابجایی هوا در حالت آزاد	CFM	6	**3**
	Lit/min	170	**85**
فشار خلاء نهایی	Pa	0.5	**0.5**
	Microns	50	**50**
موتور		1/2HP	**1/2HP**
اتصالات ورودی		,1/4″ 3/8″	,1/4″ 3/8″
ظرفیت روغن		532ml	**532ml**
ابعاد بسته بندی **(inch)**		17-5/8”(h) x 9-1/8”(w) x 14”(l)	**17-5/8”(h) x 9-1/8”(w) x 14”(l)**
وزن خالص		**13.6Kg**	**13.1Kg**

◄ **پمپ های وکیوم JB ساخت آمریکا دو مرحله ای**، Two Stages، سری Platinum

سری پمپ های پلاتینوم، مجهز به یک شیر ایزوله پمپ از سیستم جهت جلوگیری از نشتی می باشد. همچنین پمپ دارای شیر گاز بالاست می باشد تا از کندانس شدن بخار در روغن جلوگیری نماید.

Vacuum Pump / پمپ خلا		DV285N-250	DV200N-250	DV-85N-250
جابجایی هوا در حالت آزاد	CFM	10	7	**3**
	Lit/min	285	200	**85**
فشار خلاء نهایی	Pa	0.5	0.5	**0.5**
	Microns	50	50	**50**
موتور		1/2HP	1/2HP	**1/2HP**
اتصالات ورودی		1/ 4 ", 1/ 2 ", 3/ 8 "	1/ 4 ", 1/ 2 ", 3/ 8 "	**1/ 4 ", 1/ 2 ", 3/ 8 "**
ظرفیت روغن		709ml	680ml	**798ml**
ابعاد بسته بندی **(inch)**		17-5/8"(h) x 9-1/8"(w) x 14"(l)	17-5/8"(h) x 9-1/8"(w) x 14"(l)	**17-5/8"(h) x 9-1/8"(w) x 14"(l)**
وزن خالص		**15.4Kg**	**14.5Kg**	**13.6Kg**

◄ **پمپ های وکیوم یک مرحله ای**، One Stage، ساخت Power Vacuum

Vacuum Pump / پمپ خلا		FY - 1C	FY - 1.5A	FY - 2B	FY – 3B
جابجایی هوا در حالت آزاد	m^3/h	3.0	4.5	6.0	**11**
	CFM	1.3	2.0	3.5	**6.5**
فشار خلاء نهایی	Pa	10	10	10	**10**
	Microns	150	150	100	**100**
موتور		1/4HP	1/4HP	1/3HP	**3/4HP**
اتصالات ورودی		1/4″	1/4″	1/4″ 3/8″,	1/4″ 3/8″,
ظرفیت روغن		220ml	220ml	250ml	**600ml**
ابعاد **(mm)**		290X110X240	315X120X240	338X128X255	**355X140X280**
وزن خالص		**7Kg**	**8.1Kg**	**10.5Kg**	**20.5Kg**

◄ **پمپ های وکیوم دو مرحله ای**، Two Stages، ساخت Power Vacuum

Vacuum Pump / پمپ خلا		2FY – 0.5B	2FY – 1B	2FY - 2B	2FY – 3B
جابجایی هوا در حالت آزاد	CFM	1.3	2.5	4.0	**6.5**
فشار خلاء نهایی	Pa	0.5	0.5	0.5	**0.5**
	Microns	50	50	50	**50**
موتور		1/4HP	1/3HP	1/3HP	**3/4HP**
اتصالات ورودی		1/4″ 3/8″,	1/4″ 3/8″,	1/4″ 3/8″,	1/4″ 3/8″,
ظرفیت روغن		220ml	220ml	220ml	**250ml**
ابعاد **(mm)**		315X120X240	336X123X255	336X123X255	**385X140X280**
وزن خالص		**9.5Kg**	**12.5Kg**	**12.5Kg**	**20.5Kg**

تماس با ما

در صورت نیاز برای مشاوره و خرید پمپ و قطعات سیستم های وکیوم به روش های زیر می توانید تماس بگیرید.

تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۳۷۷۱۴

فکس:۰۲۱-۸۸۳۴۹۷۲۴

آدرس: تهران، میدان ۷ تیر، خیابان کریم خان زند، خیابان خردمند شمالی، کوچه دوم شرقی، پلاک ۶، طبقه سوم، شرکت پارس آمایش صنعت کیش

مدیر فنی: سید هادی مهدوی مرتضوی
پست الکترونیک: hm@vacuumkaran.com
تلفن همراه: ۰۹۱۲۴۰۱۰۱۶۹

مدیر بازرگانی: امیرحسین شمس الاحراری
پست الکترونیک: shams@vacuumkaran.com
تلفن همراه: ۰۹۱۲۲۰۷۲۱۳۷

تلفن: ۸۸۸۳۷۷۱۴-۰۲۱

فکس:۸۸۳۴۹۷۲۴-۰۲۱

آدرس: تهران، میدان ۷ تیر، خیابان کریم خان زند، خیابان خردمند شمالی، کوچه دوم شرقی، پلاک ۶، طبقه سوم، شرکت پارس آمایش صنعت کیش

شرکت پارس آمایش صنعت کیش

http://www.vacuumkaran.com