

用語

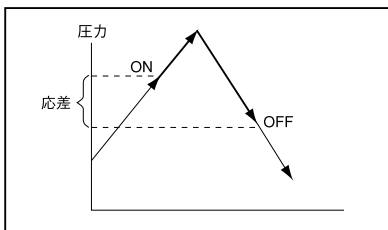
[真空用語]

絶対圧力	完全真空を基準として表した圧力の大きさ	背圧特性	コンバムの吸込量と発生する真空圧との関係特性
ゲージ圧力	大気圧を基準とした圧力の大きさ	流量特性	コンバム及び真空ポンプの供給空気圧力と吸込量との関係特性
正圧	大気圧より高い空気圧力	到達真空特性	コンバムの供給空気圧力と発生真空圧力との関係特性
真空圧	大気圧より低い空気圧力	応答時間	切換弁に切換え信号（電磁弁の場合は電気信号）を与えてから、出力が得られるまでの時間。
負圧	（＝真空圧）	エジェクタ	圧縮空気をノズルから放出させて、真空を発生させる機器。 本カタログでは“コンバム”を使用している。“Vacuum Generator”とも呼ぶ。
使用圧力範囲	機器の使用可能な圧力範囲	真空フィルタ	エジェクタ、真空ポンプの吸込み側又は真空回路中に設けて、機器への塵埃の侵入を防止する機器
耐圧力	最高使用圧力に復帰した時、性能の低下をもたらさずに耐えなければならない圧力	平均孔径	フィルタなどのエレメントのろ材の一つ一つの通路の流路面積を平均内径で表し、単位は通常 μm を使用する。ろ材によって除去される粒子の大きさを示す「ろ過度」とは異なる。
最高真空圧力	機器が使用可能な最高真空圧力		
到達真空圧	コンバム（エジェクタ）が発生する最高真空圧力		
空気消費量	機器が消費する空気量。大気圧に換算した値で表示する。		
吸込量	真空側の吸入量。大気圧に換算した値で表示する。		
真空破壊	真空状態を解除するため、大気圧または正圧を真空側に導入すること。		
真空破壊圧力	真空破壊を行う圧力		
真空ポート(口)	真空圧力を接続するポート		
排気ポート(口)	エジェクタで供給した空気圧を排気するポート。 切換弁で正圧を排気または真空圧を大気圧へ開放するポート。		
供給ポート(口)	正圧を供給するポート		
常時閉	電磁弁のノーマル（非通電時）位置が閉位置の状態。コンバムでは通電時に真空を発生する。		
常時開	電磁弁のノーマル（非通電時）位置が開位置の状態。コンバムでは非通電時に真空を発生する。		

用語

[圧力センサ用語]

半導体式	半導体圧カトランジューサを使用した構造の圧力センサ	表示更新時間	圧力変化を検出し、表示を更新するまでの時間
メカ式	マイクロスイッチ又はリードスイッチなどの可動接点を使用した圧力スイッチ	PNP出力	センサからの出力形態。プラスコモン、ソース入力形PCに接続して使用する。主に欧米で使用されている。
2色表示式	設定圧力範囲と範囲外の検出を、2色で表示するセンサ	NPN出力	センサからの出力形態。マイナスコモン、シンク入力形PCに接続して使用する。主に日本で使用されている。
電源電圧	電源線に加えられる電圧。リップル条件を含み電圧の範囲で表す	負荷電流	センサに接続された負荷（抵抗負荷）で出力線に流せる最大電流値
消費電流	センサで消費される電流値	負荷電圧	センサでON、OFFできる最大電圧、通常は負荷側の電源電圧を示す。
測定圧力範囲	センサの圧力検出部で測定可能な圧力範囲	耐電圧	受電部と露出した非受電部間で耐えられる最大電圧。JIS C 8306参照
繰り返し精度	一定の条件下において、圧力を繰り返し加えた時の検出点の誤差。動作精度ともいう。検出圧力のフルスケール(F.S.)に対する%で表す。	耐ノイズ性	センサが耐えられるノイズの最大値。ノイズ電圧と時間（パルス巾）立ち上がり時間で表示する。
応差	出力のONする圧力とOFFする圧力の差をいう。ヒステリシスともいう。圧力センサには応差固定形と応差可変形がある。	保護階級	防塵、防滴、防水構造の等級を表し、IEC529に定められている。IPで表示する。



応答時間	設定圧力を検知してから出力するまでの時間
表示分解能	圧力表示の最小単位値
表示桁数	圧力表示の桁数
表示精度	一定の条件下において、圧力を繰り返し加えた時の検出点圧力表示の精度。Digitであらわす。
温度特性	温度を変化させ(0～+50℃)基準温度(+25℃)時と比較したときの特性、フルスケール時の%で表す。

技術資料

真空とは

真空とは

大気圧より低い圧力状態のことを「真空」又は「負圧」といいます。ある特定の容器内部の空気を吸い出し、内部圧力をまわりの大気圧より低くすると容器内は「真空」状態になります。

大気圧

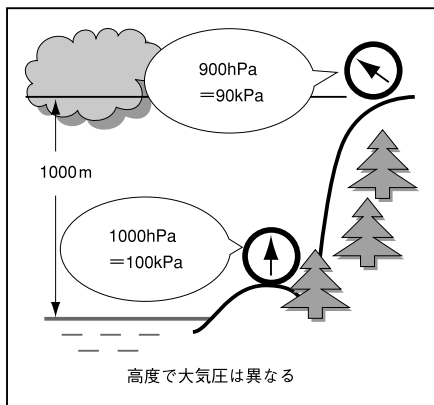
大気圧は単位あたりの地上までの空気の質量を言いますので、高度が高くなると低く、高度が低くなると高くなります。一般に大気圧と呼ぶ場合は海面上の大気圧をさします。また、大気圧は低気圧の場合は低く、高気圧の場合は高くなります。また、大気圧が低くなると、空気の密度も低くなりますので、同じ吸込み量でも真空度はあがらないこととなります。

理論計算などで使用する標準的な状態の空気を標準参考空気といい、温度20℃、相対湿度65%、大気圧0.1MPaとしている。(JIS B 8393)

真空による力

真空による力即ち真空吸着力は、大気圧と真空圧との差圧と大気圧が真空側に押す面積(受圧面積、吸着面積)をかけた力となります。

従って、真空吸着力は最大でも大気圧以上の力にはなりません。また、大気圧が変動すると吸着力も変動することとなります。

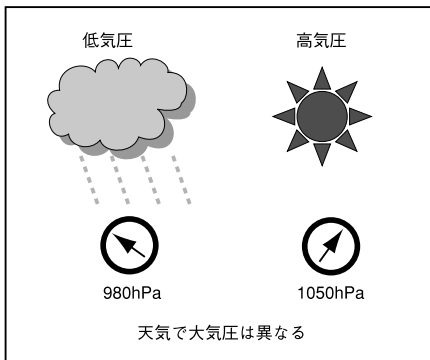
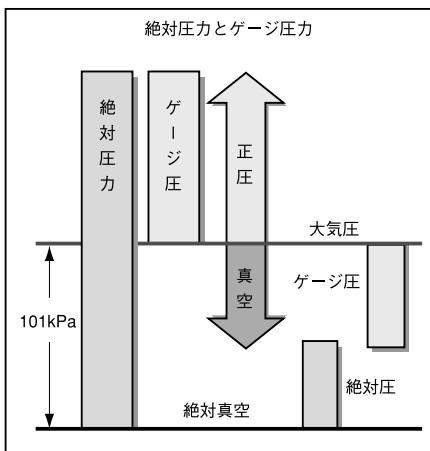


絶対圧とゲージ圧

圧力の表記には「絶対圧力」と「ゲージ圧力」の2種類があります。

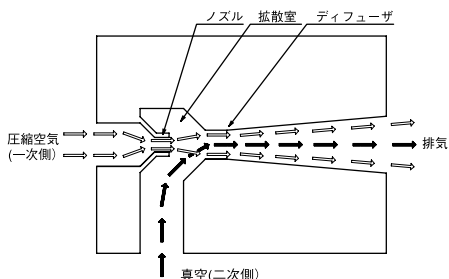
絶対圧力とは、完全真空を基準(零点)として表記する圧力であり、ゲージ圧力とは大気圧(絶対圧力101kPa)を基準(零点)として表記する圧力です。この2つを区別する場合は、100kPaabs、100kPaGと絶対圧力の場合はabsを、ゲージ圧力の場合はGをつけて区別します。

通常使用する圧力はゲージ圧力で、本カタログの圧力表記はゲージ圧力を使用しています。従って、真空圧力は大気圧より低いので-80kPaのように-(マイナス)で表します。



コンバム（エジェクタ）の原理

コンバムは圧縮空気を利用して真空（負圧）を発生させる真空発生機器です。圧縮空気をノズルから放出（エジェクト）させて真空を発生させることから「エジェクタ」又は「エジェクタポンプ」と呼ばれます。



コンバムの真空発生原理

- ① 圧縮空気を供給ポート（一次側）に供給すると、供給空気はノズルに導かれます。
- ② 圧縮空気はノズルで絞られ、拡散室に高速（音速）で放出され、膨張拡散しディフューザに流入します。
- ③ 高速流により拡散室の圧力が低下して（ベルヌーイの定理）、拡散室へ真空ポート（二次側）の空気が流入します。
- ④ 流入した二次側の空気はノズルから放出された圧縮空気と共にディフューザから大気へ放出されます。

図に示すように、真空発生部には可動部がない単純構造ですので、寿命がありません。

使用単位

圧力

1MPa=1000kPa

1Pa=1N/m²

流量

標準状態に換算して表示し（ANR）を使用する。

ℓ/min（ANR）

従来単位との換算

（網掛部分は従来単位）

kPa	MPa	bar	kgf/cm ²	mmHg
1	1×10 ⁻³	1×10 ⁻²	1.019 ×10 ⁻²	7.501
1×10 ³	1	1×10	1.019 ×10 ²	7.501 ×10 ³
1×10 ²	1×10 ⁻¹	1	1.019	7.501 ×10 ²
9.807 ×10	9.807 ×10 ⁻²	9.807 ×10 ⁻¹	1	7.355 ×10 ²
1.333 ×10 ⁻¹	1.333 ×10 ⁻⁴	1.333 ×10 ⁻³	1.359 ×10 ⁻³	1

力

N	kgf
1	1.019×10 ⁻¹
9.807	1

管用ねじ

ねじの呼び	ねじ山数	有効径 (mm)
R, Rc1/8	28	9.147
R, Rc1/4	19	12.301
R, Rc3/8	19	15.806
R, Rc1/2	14	19.793
R, Rc3/4	14	25.279
R, Rc1	11	31.770

注) ねじ山数は25.4mmにつき

ねじ表示

	JIS	旧JIS	英規格	米規格
テーパ雄ねじ	R	PT	BSPT	NPT
テーパ雌ねじ	Rc	PT	BSPT	NPT
平行雌ねじ	Rp	PS	—	—
平行雄ねじ	G	PF	BSPP	NPTF
平行雌ねじ	G	PF	BSPP	NPTF

注) ISO規格にはJIS、英規格は対応しているが、米規格は対応していない。

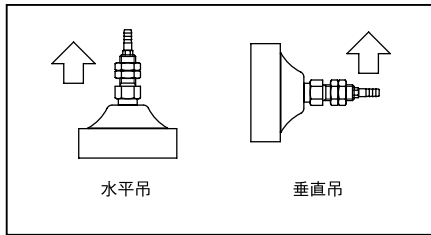
技術資料

選定

1. ワークの検討

下記の事項を検討してください。

- ① ワークの特性
表面状態、通気性の有無、嫌静電気、嫌銅イオン、形状が変化するか（紙、ビニール）
- ② ワークの形状
吸着面の大きさ、平坦度（曲面の度合い）、形（直方体、球体、円筒状）
- ③ ワーク質量
- ④ ワーク吊り上げ方向
水平吊り、垂直吊り



2. 真空パッドの選定

1) 真空圧力の設定

真空発生源の仕様から余裕をみて設定します。
コンバム（エジェクタ）の場合は、 -66.6kPa を目安にします。
ただし、ワークに通気性があつたり、表面状態が粗い場合は真空圧力が上がりません。別途テストが必要になりますのでご相談ください。

2) 真空パッド径の算出

パッド形状が円形の場合、次の式よりパッド径を算出します。

$$D=2\sqrt{\frac{M\times 9.8\times S\times 1000}{\pi\times n\times P}}$$

D：必要パッド径（mm）

M：ワーク質量（kg）

S：安全係数 水平吊り：S=4
 垂直吊り：S=8
n：パッドの個数
P：真空圧力（-kPa）

注）質量（M）に9.8Nをかけて必要吸着力とします。

ワークの吸着可能な寸法（面）を考慮して、カタログより求めた必要パッド径（D）以上のパッドを決定します。

パッドの外径は、吸着時に変形し10%程度大きくなります。ワークからパッドがはみ出さないように選定してください。

求めたパッド径がカタログ値を超えている場合は、パッドの数を2個以上にして算出ください。
パッド形状が円形でない場合はご相談ください。

計算例

水平吊り

丸形パッドの径を算出する。

ワーク質量：M=0.5 kg

真空圧力：P=-70 kPa

パッド個数：n=1個

安全係数：水平吊りなので：S=4

$$D=2\sqrt{\frac{M\times 9.8\times S\times 1000}{\pi\times n\times P}}$$

$$D=2\sqrt{\frac{0.5\times 9.8\times 4\times 1000}{\pi\times 1\times 70}} \\ =18.8 \text{ (mm)}$$

パッド径φ20を選定する。

吸着面積は真空圧によりパッドが変形し、パッド径より小さくなります。変形度はパッド材質、形状、ゴム硬度により異なりますので、パッド径を算出する場合は余裕を持って行う必要があります。安全係数には変形分も含まれています。

吸着面積

吸着面積はパッド径から算出します。

$$A = \frac{3.14 \times D^2}{4 \times 100}$$

A : 吸着面積 (cm²)
D : パッド径 (mm)

有効吸着面積

パッド径はパッド外径を表しておりますが、真空圧でワークを吸着すると、真空圧によりゴムが変形し吸着面積が縮小します。これを有効吸着面積といい、その時のパッド径を有効パッド径といいます。

有効パッド径は真空圧力、パッドゴムの肉厚、ワークとの摩擦係数などにより異なりますが、一般的な場合10%縮小することを見込んでください。

理論吸着力

1) 水平吊りの場合

真空圧から吸着力を算出します。

$$F = 0.1 \times A \times P$$

F : 理論吸着力 (N)
A : パッドの吸着面積 (cm²)
P : 真空圧力 (-kPa)

2) 垂直吊りの場合

真空圧の吸着力とワークとパッドの吸着面の摩擦力が吸着保持する力(吸着力)になります。

$$F = \mu \times 0.1 \times A \times P$$

F : 理論吸着力 (N)
 μ : 摩擦係数
A : パッドの吸着面積 (cm²)
P : 真空圧力 (-kPa)

摩擦力はワーク、パッドの材質、ワーク表面の面粗さなどで大きく変化します。実際にお使いになる場合は実測して求める方法をお奨めします。

理論吸着力 円形パッド

単位 : N

パッド径 (ϕ mm)	吸着面積 (cm ²)	真空圧力(kPa)					
		-40	-50	-60	-70	-80	-90
2	0.031	0.126	0.157	0.188	0.220	0.251	0.283
3.5	0.096	0.385	0.481	0.577	0.673	0.770	0.866
5	0.196	0.785	0.982	1.178	1.374	1.571	1.767
6	0.283	1.131	1.414	1.696	1.979	2.262	2.545
8	0.503	2.011	2.513	3.016	3.519	4.021	4.524
10	0.785	3.142	3.927	4.712	5.498	6.283	7.069
15	1.77	7.069	8.836	10.60	12.37	14.14	15.90
20	3.14	12.57	15.71	18.85	21.99	25.13	28.27
25	4.91	19.63	24.54	29.45	34.36	39.27	44.18
30	7.07	28.27	35.34	42.41	49.48	56.55	63.62
35	9.62	38.48	48.11	57.73	67.35	76.97	86.59
40	12.57	50.27	62.83	75.40	87.96	100.5	113.1
50	19.63	78.54	98.17	117.8	137.4	157.1	176.7
60	28.27	113.1	141.4	169.6	197.9	226.2	254.5
80	50.27	201.1	251.3	301.6	351.9	402.1	452.4
95	70.88	283.5	354.4	425.3	496.2	567.1	637.9
100	78.54	314.2	392.7	471.2	549.8	628.3	706.9
120	113.1	452.4	565.5	678.6	791.7	904.8	1017.9
150	176.7	706.9	883.6	1060	1237	1414	1590
200	314.2	1257	1571	1885	2199	2513	2827

楕円パッド

単位：N

パッド径 (φmm)	吸着面積 (cm ²)	真空圧力(kPa)					
		-40	-50	-60	-70	-80	-90
2 × 4	0.071	0.286	0.357	0.428	0.500	0.571	0.643
3.5 × 7	0.219	0.875	1.094	1.312	1.531	1.750	1.968
4 × 10	0.366	1.463	1.828	2.194	2.560	2.925	3.291
4 × 20	0.766	3.063	3.828	4.594	5.360	6.125	6.891
4 × 30	1.166	4.663	5.828	6.994	8.160	9.325	10.49
5 × 10	0.446	1.785	2.232	2.678	3.124	3.571	4.017
5 × 20	0.946	3.785	4.732	5.678	6.624	7.571	8.517
5 × 30	1.446	5.785	7.232	8.678	10.12	11.57	13.02
6 × 10	0.523	2.091	2.614	3.136	3.659	4.182	4.705
6 × 20	1.123	4.491	5.614	6.736	7.859	8.982	10.10
6 × 30	1.723	6.891	8.614	10.34	12.06	13.78	15.50
8 × 20	1.463	5.851	7.313	8.776	10.24	11.70	13.16
8 × 30	2.263	9.051	11.31	13.58	15.84	18.10	20.36

3) パッド材質

使用条件、使用流体、雰囲気により適切な材質を選定します。主な特性は下記の表を参照してください。詳細はお問い合わせください。

その他、吸着跡のつきにくいゴム、耐熱温度300℃のシリコンゴム、抗菌シリコンゴム、非粘着処理ゴム、水素添加ニトリルゴム (HNBR)、エチレンプロピレンゴム (EPDM) も製作いたしますのでご相談ください。

材質	対象ワーク
NBR	一般ワーク
シリコンゴム	半導体、薄物、食品、成形品
ウレタンゴム	鉄板、ベニヤ板、ダンボール
フッ素ゴム	薬品
導電性NBR	半導体
導電性シリコンゴム	半導体

項目 材質	硬度 HS	使用温度 範囲 ℃	特性							
			耐油性	耐候性	耐オゾン 性	耐酸性	耐アルカリ 性	耐摩耗性	電気 絶縁性	耐気体 透過性
NBR	55	-30~120	◎	×	×	△	○	◎	×	○
シリコンゴム	55	-60~250	△	◎	◎	△	○	×	◎	×
ウレタンゴム	55	-20~75	◎	◎	◎	×	×	◎	○	○
フッ素ゴム	70	-10~230	◎	◎	◎	◎	△	○	◎	◎
クロロプレンゴム	15	-30~130	○	○	◎	○	◎	○	○	○
天然ゴム	40	-60~80	×	△	×	○	○	×	◎	△

◎：優 ○：良 △：可 ×：不可

注) ゴム硬度はパッドで使用している標準的な硬度です。

この表は天然ゴム、合成ゴムの一般的特性を示したものです。

4) パッドの形状

ワークの形状、材質によりパッドの形状を選択します。
 実際にサンプルにて吸着テストを行う必要がある場合はご相談ください。

パッド形状	対象ワーク
平形	一般的なワーク ワーク表面が平らで変形が小さいワーク
深形	球形ワーク
ジャバラ形	パッドでパッファ機能を行う場合 ワーク吸着面が斜めの場合

その他ワークにあわせたパッドを製作いたします。ご相談ください。

3. コンバム（エジェクタ）の選定

1) ノズル径の決定

① 吸込量

特性表から、必要な吸込量よりノズル径を選択します。

② 真空到達時間

特性表からノズル径を選択します。ただし、配管内径が太い場合、配管長さが長い場合は真空到達時間は長くなりますので、余裕をみて選定します。

③ パッド径

通気性ワークなど漏れない標準的なワークで、パッド1個の場合の目安は次表を参照してください。

パッド径	ノズル径
Φ80以下	Φ0.5
Φ150以下	Φ1.0
Φ200以下	Φ1.5

漏れのあるワークの場合は1ランク以上のノズル径を選定してください。

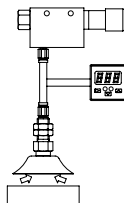
④ パッドの個数

パッドを複数個使用する場合は1ランク以上のノズル径を選定してください。

テストによる漏れ量の算出

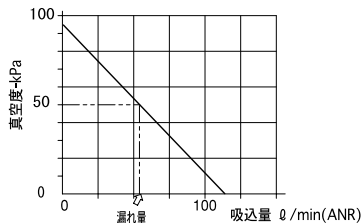
ワークの漏れ量は、真空パッド、コンバム（エジェクタ）を設定して、真空センサを取り付けてサンプル試験をすることにより測定することができます。

試験回路



コンバムCV-20HSでワークを吸着したところ、圧力センサの圧力が-50kPaとなった。このときのパッドとワークからの漏れ量は？

背圧特性より漏れ量を算出する。



-50kPa時の流量を読み取り、45 ℓ / min (ANR) がパッド、ワーク間の漏れ量となる。

2) 真空タイプの決定

真空タイプを決定します。

- ① 重量物ワーク：高真空 Hタイプ
鉄板など重量物の場合は、吸込量は少ないが到達真空度の高いHタイプを選定します。
- ② 通気性ワーク：Lタイプ
ダンボール紙など通気性のあるワークの場合は、到達真空度は低い吸込量の多いLタイプを選定します。

3) 供給空気圧タイプの選定

安定して供給可能な空気圧力から選定します。供給空気圧はコンバム作動時の圧力で設定してください。

安定して供給可能な空気圧	供給空気圧タイプ
0.5MPa	S
0.35MPa	R

4) 流路状態

電磁弁搭載形の場合、流路状態を選定します。

- ① 常時閉タイプ
電磁弁ON時（通電時）に真空を発生します。
- ② 常時開タイプ
電磁弁OFF時（非通電時）に真空を発生します。

5) オプション

ユニットタイプの場合は次のようなオプションがありますので、個別の仕様を確認の上選定します。

- ① 圧力・真空センサ
- ② 真空破壊機能
- ③ 真空用フィルタ
- ④ サイレンサ
- ⑤ その他

4.吸着時間（真空到達時間）の算出

1) コンバム使用時

コンバム使用時にパッドで吸着する場合、コンバムへの空気圧供給用電磁弁をON（通電）後、パッド内の真空圧力が一定の真空圧力に到達するまでの時間（真空到達時間）は次の式で算出します。

$$T = (V/C)^{1/\alpha}$$

T：真空到達時間（s）

V：コンバムからパッドまでの配管容積（ ℓ ）

C：最高真空圧力による常数（表1参照）

α ：コンバムタイプによる係数（表1参照）

注）この計算式は実験により求められたもので、計算値はあくまでも目安としてください。

計算例

$\phi 10$ の円形パッドに内径 $\phi 4$ 長さ1mのウレタンチューブを使用してコンバムで吸着時間（ -80kPa に到達する時間）を算出する。

1) 配管容積を求める。

$$V = \frac{\pi \times d^2 \times L}{4 \times 1000}$$

V：配管容積（ ℓ ）

d：配管内径（cm）

L：配管長さ（cm）

$$V = \frac{\pi \times 0.4^2 \times 100}{4 \times 1000} \\ = 0.012 (\ell)$$

2) 真空到達時間の算出

コンバムはHタイプ、ノズル径 $\phi 0.5$ とした。

表より、 $\phi 0.5$ 、真空圧 -80kPa の場合

$C=0.05$ 、 $\alpha=1.02$

真空到達時間は

$$T = (V/C)^{1/\alpha} \\ = (0.012/0.05)^{1/1.02} \\ = 0.23 (\text{s})$$

表1 コンバムC、α一覧表

H (真空) タイプ

真空 タイプ	供給 空気圧 タイプ	ノズル径	C						α
			真空圧 (kPa)						
			-40	-50	-60	-70	-80	-90	
H	S	φ0.5	0.19	0.12	0.08	0.07	0.05	0.03	1.02
	S	φ0.7	0.42	0.25	0.15	0.12	0.09	0.06	1.02
	S	φ1.0	0.83	0.50	0.33	0.26	0.20	0.12	1.09
	S	φ1.3	1.50	0.92	0.53	0.41	0.28	0.18	1.03
	S	φ1.5	1.85	1.17	0.76	0.60	0.45	0.25	1.00
	R		1.75	1.10	0.65	0.55	0.39	0.24	1.06
	S	φ2.0	3.80	2.30	1.45	1.10	0.86	0.62	1.09
	R		2.85	1.75	1.00	0.80	0.58	0.37	1.17
	S	φ2.5	6.10	3.51	2.11	1.61	1.14	0.69	1.00
S	φ3.0	10.3	5.70	3.15	2.45	1.60	0.97	1.00	

L (容量) タイプ

真空 タイプ	供給 空気圧 タイプ	ノズル径	C			α
			真空圧 (kPa)			
			-40	-50	-60	
L	S	φ0.5	0.26	0.18	0.11	1.06
		φ0.7	0.71	0.50	0.31	1.02
		φ1.0	0.90	0.60	0.25	1.09
		φ1.3	1.60	1.00	0.50	1.09
		φ1.5	2.30	1.60	0.74	1.09
		φ2.0	3.60	2.40	1.00	1.09
		φ2.5	6.80	4.72	3.27	1.00
φ3.0	10.0	7.40	4.88	1.00		

Q (大容量) タイプ

真空 タイプ	供給 空気圧 タイプ	ノズル径	C		α
			真空圧 (kPa)		
			-40		
Q	S	φ1.0	1.30		1.00
		φ1.5	4.00		1.00
	R	φ1.0	1.00		1.00
		φ1.5	3.20		1.00

2) 真空ポンプ使用の場合

真空ポンプ使用時パッドで吸着する場合、真空切換用電磁弁をON (通電) 後、パッド内の真空圧力が一定の真空圧力に到達するまでの時間 (真空到達時間) は次の式で算出します。

$$T = 2.3 \times \alpha \times (V/Q) \times 60 \times \text{Log} (101 / (101 - P))$$

$$= 2.53 \times (V/Q) \times 60 \times \text{Log} (101 / (101 - P))$$

T: 真空到達時間 (s)

V: コンバムまたは真空切換弁からパッドまでの配管容積 (ℓ)

Q: 切換弁又は真空ポンプのどちらか少ないほうの吸込み流量 (ℓ/min)

$$V = \frac{\pi \times d^2 \times L}{4 \times 1000}$$

V: 配管容積 (ℓ)

d: 配管内径 (cm)

L: 配管長さ (cm)

P: 到達真空圧力 (-kPa)

α: 係数 (≒ 1.1)

(注) この計算式による計算値はあくまでも目安としてください。

計算例

φ10の円形パッドに内径φ4長さ1mのウレタンチューブを使用して切換弁ユニット MPV3での吸着時間（-80kPaに到達する時間）を算出する。

1) 配管容積を求める。

$$V = \frac{\pi \times d^2 \times L}{4 \times 1000}$$

V：配管容積（ℓ）

d：配管内径（cm）

L：配管長さ（cm）

$$V = \frac{\pi \times 0.4^2 \times 100}{4 \times 1000}$$

$$= 0.012 \text{ (ℓ)}$$

2) 真空到達時間の算出

カタログより

吸込み量：Q=50（ℓ/min）

到達真空圧力：-80（kPa）

$$\begin{aligned} T &= 2.53 \times (V/Q) \times 60 \times \log(101 / (101 - P)) \\ &= 2.53 \times (0.012 / 50) \times 60 \times \log(103 / (103 - 80)) \\ &= 0.023 \text{ (s)} \end{aligned}$$

5.パッド金具の選定

1) パッド取付け金具

パッドと組み合わせて使用する金具は次の種類から使用目的に合わせて選定します。

- 1) 固定式金具
一般的に使用します。
- 2) スプリング式金具
スプリングによるバッファ機構付の金具です。ワークの破損防止などストロークに余裕をもちたい場合に有効です。
ジャバラ形パッドによるバッファ機能では十分にカバーできない場合に有効です。
- 3) 回り止め式金具
バッファ機構に回り止め機構を付加した金具です。ワークの吸着位置を保持したい場合に使用します。
この他、首振り形、ガイド付なども製作可能です。

2) ポート取り出し位置

金具のポート位置により次の種類から選定します。

- ① ポート縦取り出し
金具の軸端にポートが設けられています。
- ② ポート横取り出し
金具のサイド面にポートが設けられています。

3) ポート継手

ポートサイズ及び配管径に合わせて選定します。ポートサイズがM3、M5の場合はブッシュイン（インスタント）継手、バーブ継手をオプションで準備しております。

6.配管

1) パッドへの真空回路の配管

真空圧の場合、圧力の高い正圧と比較して、配管抵抗などの影響されやすい特性をもっております。特に真空到達時間は配管の内径と長さにより大きく影響されます。できるだけ配管容積が小さくなるような配管を選定します。

真空パッドとコンバム又は真空切換弁の間はできるだけ短くすることが肝要です。

2) コンバムへの正圧供給配管

コンバムへは消費空気量を十分カバーできる内径を持った配管を選定します。

次の表を目安にして選定します。

コンバムノズル内径 (mm)	ナイロンチューブ (外径×内径)	ウレタンチューブ (外径×内径)
φ0.5	φ6×4	φ6×4
φ0.7	φ6×4	φ6×4
φ0.9	φ6×4	φ6×4
φ1.0	φ6×4	φ6×4
φ1.5	φ8×6	φ8×5
φ2.0	φ8×6	φ10×6.5
φ2.5	φ10×7.5	φ12×8
φ3.0	φ10×7.5	φ12×8

7.コンバム供給用電磁弁

コンバムの消費空気量を満足する有効断面積を持った電磁弁を選定します。選定の目安はコンバムのノズル径の断面積の3倍以上の有効断面積を持った電磁弁を選定します。

おおよその目安を下表に示します。

コンバムノズル径 (mm)	推奨電磁弁の有効断面積 (mm ²)
φ0.5~1.0	3以上
φ1.3~1.5	7以上
φ2.0	12以上
φ2.5	18以上
φ3.0	25以上

8.コンプレッサ

コンバムによる消費空気量を安定して供給できる容量のコンプレッサを選定します。

空気消費量とコンプレッサの消費電力の目安は、レシプロ式の場合80 ℓ/min (ANR) が735Wに相当します。次の式で算出したコンプレッサの相当電力以上のコンプレッサを選定します。

$$W=735 \times R / 100 \times (Q / 80)$$

W：コンプレッサの相当電力 (W)

R：コンバムの稼働率 (%)

$$R=T / 60 \times 100$$

T：1分間当たりの稼働時間 (s)

Q：コンバムの消費空気量 (ℓ/min (ANR))

計算例

コンバムユニットMC2-10HSの5連マニホールドを5セット使用している。使用圧力は0.5MPa、コンバムは10秒稼働し、20秒休止している。この時のコンプレッサを選定する。

コンバムの稼働率は、1分間に20秒稼働している

$$R = 20 / 60 \times 100 \\ = 33.3 (\%)$$

消費空気量はカタログより

1台当たり

$$Q = 44 (\ell / \text{min})$$

5連、5セットですので、総消費空気量は

$$Q = 44 \times 5 \times 5 \\ = 1100 (\ell / \text{min (ANR)})$$

コンプレッサの相当電力は

$$W = 735 \times R / 100 \times (Q / 80) \\ = 735 \times (33.3 / 100) \times (1100 / 80) \\ = 3365 (W) \\ = 3.3 (kW)$$

約3.3 kWのコンプレッサを選定します。

流量計算

電磁弁の流量表示はJIS B 8390では音速コンダクタンス (C) と臨界圧力比 (b) で表示します。この音速コンダクタンスが判っている場合、及び従来使用していた、有効断面積 (S) またはオリフィス径 (d) からの流量は次式により算出します。

注) 空気圧の場合は温度の影響が少ないので無視しております。また、オリフィス径からの算出式はオリフィス形状で異なります、この算出式による値は概算ですので、目安としてください。

1) 亜音速流れの場合：

$(P_L + 0.1) / (P_H + 0.1) > b \approx 0.5$
 0.1 MPa以下の圧力を大気に放出又は真空圧に大気圧を導入 (真空破壊) する場合

$$Q = 20C \sqrt{\frac{(P_H - P_L)}{(P_L + 0.1)}}$$

$$= 4S \sqrt{\frac{(P_H - P_L)}{(P_L + 0.1)}}$$

$$= 4 \times 0.8 \times \left(\frac{3.14 \times d^2}{4} \right) \times \sqrt{\frac{(P_H - P_L)}{(P_L + 0.1)}}$$

Q：流量 (ℓ/min (ANR))
 C：音速コンダクタンス (ℓ/s · kPa)
 P_H：上流側 (一次側) 圧力 (MPa)
 P_L：下流側 (二次側) 圧力 (MPa)
 S：有効断面積 (mm²)
 注) S = 5 × C
 d：オリフィス径 (mm)
 注) S = 0.8 × (3.14/4 × d²)

2) チョーク流れ (音速流れ) の場合：

$(P_L + 0.1) / (P_H + 0.1) < b \approx 0.5$
 0.1 MPa以上の圧力を大気圧に放出する場合

$$Q = 10C (P_H + 0.1)$$

$$= 2S (P_H + 0.1)$$

$$= 2 \times 0.8 \times \left(\frac{3.14 \times D^2}{4} \right) \times (P_H + 0.1)$$

Q：流量 (ℓ/min (ANR))
 C：音速コンダクタンス (ℓ/s · kPa)
 P_H：正圧力 (MPa)
 S：有効断面積 (mm²) 注) S = 5 × C
 d：オリフィス径 (mm)
 注) S = 0.8 × (3.14/4 × d²)

計算例

例1 有効断面積4mm²の切換電磁弁で0.3MPaの供給圧力時の流量を算出する。

$$Q = 2 \times S \times (P_H + 0.1)$$

$$= 2 \times 4 \times (0.3 + 0.1)$$

$$= 3.2 (\ell / \text{min (ANR)})$$

例2 オリフィス径φ2のコンバムに0.4MPaを供給した時の空気消費量を算出する。

コンバムは大気へ排気するので、下流側P_Lは大気圧となり、P_L = 0 (MPa) となりますので、

$$Q = 4 \times 0.8 \times \left(\frac{3.14 \times d^2}{4} \right) \times \sqrt{\frac{(P_H - P_L)}{(P_L + 0.1)}}$$

$$= 4 \times 0.8 \times \left(\frac{3.14 \times 2^2}{4} \right) \times \sqrt{\frac{(0.4 - 0)}{(0 + 0.1)}}$$

$$= 20 (\ell / \text{min (ANR)})$$

ソリューション事例

Product: ダンボールの吸着

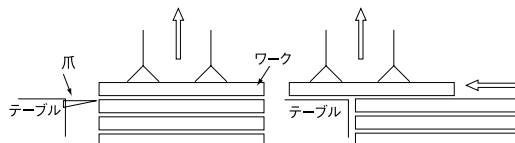
問題点

厚紙ダンボールを吸着した時、パッドを持ち上げる際にワークに通気性がある為、2~3枚持ち上げてしまう。1枚ずつ取り出し搬送するにはどうすれば良いか？両サイドにフックを付け簡易的な2枚取り防止対策は施していた。

解決策

吸着パッドを引きずるように隣接のテーブルに移動させる。テーブルにはワークの半分程度かかる状態であれば可。

パッドの一方をPJBにするか、又は5mm程取付位置をずらし、ワークが交互に上がるようにする事で2枚取りを防止することができる。ワークをセットする台はワークを吸着する都度ワークの厚み分だけ上下させる必要がある。



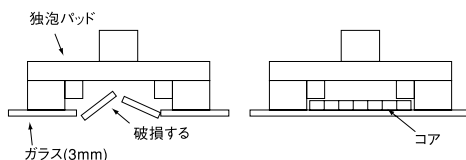
Product: 凹凸ガラスの吸着

問題点

凹凸のあるガラス (t=3mm~5mm)。平形パッドでは吸着不可。
独泡パッドを使用しテストは5mmで実施したが、3mmでは真空度が強くガラスが独泡パッドの内円部から円形に割れる。
真空度を落とし、パッドの数を増やさずに対応したい。

解決策

独泡パッドの内部に吸込み防止のコア (真空用の穴を多数あける) を入れてガラス面の反りを最小限度に抑え対応する。
ガラスの表面研磨での歪防止対策としてPBG,PJBなどのパッドにコアを入れてガラスへの変形量を低減している。



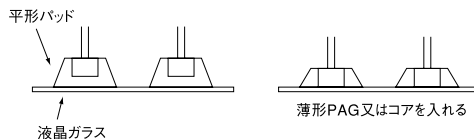
Product: 液晶パネルの吸着

問題点

液晶関係の最終工程のパネル吸着の際、通常パッドではニュートンリングが発生し品質で問題になる。どうすればニュートンリングを軽減できるか。

解決策

ニュートンリングはパッドの吸着時のへこみによって発生する。
吸着時のへこみを如何に抑えるかである。できる限り小さいパッドで多点での吸着が望ましく、また真空度はできる限り低くする方が望ましい。
ニュートンリング、パッド跡形防止対策も必要な場合はコア付きパッド (PJG+コア) を使用する。



Product: 紙の吸着

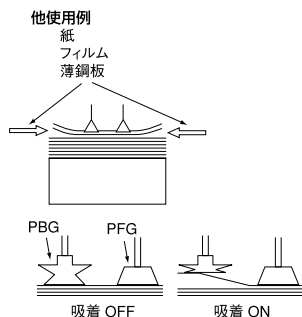
問題点

2枚取り防止対策で平形パッドを使用しシリンダを交互に動かし尚且つエアブローを実施していたが、制御や駆動機器が増加し、時間の短縮ができない。

解決策

標準パッド (PFG) とジャバラパッド (PBG) を併用する。

PBGの吸着縮代を利用しワークの片方を持ち上げる。シンプルな構造で2枚取りを防止できる。



Product: 真空チャンバの真空度維持

問題点

低圧真空チャンバ内を常に真空度 -80kPa に設定している。

そのために真空ポンプも真空度を設定し常に動作している状態。

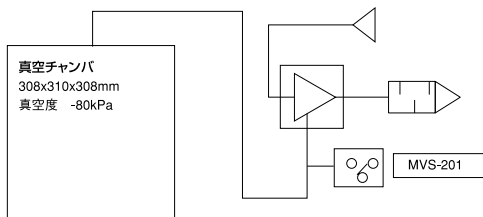
真空ポンプ使用で装置が大きくなるという欠点もある。

解決策

201 センサ搭載のコンバムを使用し、真空チャンバ内の圧力を一定にする方法を提案。

メリット

1. 装置のコンパクト化
2. 省エネ対策
3. 回路の簡素化



Product: シンナー環境での吸着

問題点

半導体製造工程でシンナーを使用しその後不要になったものを吸引する。(ガス、洗浄液なども吸引する) 薬液真空ポンプではマシンコストが高い。

解決策

PTFE (テフロン) コンバムを使用し吸引する。イニシャルコスト、ランニングコストを低減し、装置も小形化できる。PVAはテフロン溶接が必要。(SUSコンバムでも吸引物で検討)

