

真空システムの計算例

特長的な製品
 真空パッド
 真空パッド用
 取付部品
 真空発生器
 バルブ
 システム
 モニタリング
 ファイルター
 /コネクタ
 エンド
 エフエクタ
 スペシャル
 グリッパ
 技術情報
 サービス
 /案内

システム構成の方法

ここでは1例を取り上げ、真空システムを構成するための理論から実際までの手順を説明します。

この例では以下のワークと搬送システムを使用し、3つのケースに分けて考察します。

ワーク

材質 : 鋼板 (パレットに積み重ねられた状態)
 表面 : 滑らかで段差がなく、乾いた状態
 寸法 : 長さ 最大 2,500 mm
 幅 最大 1,250 mm
 厚さ 最大 2.5 mm
 質量 約 60 kg

搬送システム: ガントリー (門型) 搬送ユニット

圧縮エア : 0.8 MPa
 制御電圧 : DC 24 V
 必要な作業 : 水平方向のピック&プレース
 1枚の鋼板をパレットから持ち上げて
 水平搬送し、マシニングセンタに
 位置決めする
 最大加速度 : X, Y 軸 : 5 m/s²
 Z 軸 : 5 m/s²
 サイクルタイム : 30 秒
 計画時間 : ピックアップ : < 1 秒
 リリース : < 1 秒

ワークの質量の計算

最初にワークの質量 (m) を決定します。ワークの質量は様々な計算に必要な値です。

$$m = L \times B \times H \times \rho$$

m = 質量 [kg]
 L = 長さ [m]
 B = 幅 [m]
 H = 高さ [m]
 ρ = 密度 [kg/m³]

この例の場合:

m = 2.5 m x 1.25 m x 0.0025 m x 7,850 kg/m³
 m = 61.33 kg

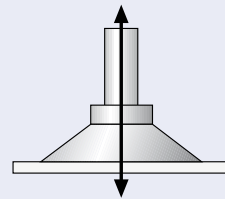
真空パッドの理論保持力

真空パッドはワークの質量だけでなく、加速力にも対応できなければなりません。安全率は、ワークが滑らかで通気性がない場合、少なくとも1.5とします。危険性があるワーク、通気性があるワーク、表面が粗いか表面に凹凸があるワークの場合には、安全率は2.0以上とします。また、加速度や摩擦係数などの条件が未知か、正確に把握できない場合にも、2.0以上の安全率を使用します。

ケース I:

真空パッドを水平にし、垂直方向にワークを移動する場合

ワーク (この例では、寸法2.5x1.25 mの鋼板) をパレットからピックアップし、5 m/s²の加速度で持ち上げます。水平方向の移動はないものとします。



真空パッドをワークに垂直方向から位置決めし、ワークを持ち上げます。

$$F_{TH} = m \times (g + a) \times S$$

F_{TH} = 理論保持力 [N]
 m = 質量 [kg]
 g = 重力による加速度 [9.81 m/s²]
 a = ハンドリングシステムの加速度 [m/s²]
 S = 安全率 (少なくとも1.5にします。危険性があるワーク、通気性があるワーク、表面が粗いか表面に凹凸があるワークの場合には2.0以上にします)

この例の場合:

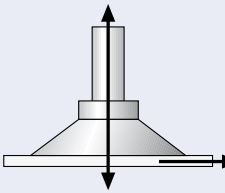
$$F_{TH} = 61.33 \text{ kg} \times (9.81 \text{ m/s}^2 + 5 \text{ m/s}^2) \times 1.5$$

$$F_{TH} = 1,363 \text{ N}$$

ケース II:

真空パッドを水平にし、水平方向にワークを移動する場合

ワーク (寸法2.5x1.25 mの鋼板) を垂直方向に持ち上げ、水平方向に搬送します。加速度は5 m/s²です。



真空パッドをワークに水平方向から位置決めし、ワークを横に移動します。

$$F_{TH} = m \times (g + a / \mu) \times S$$

F_{TH} = 理論保持力 [N]
 Fa = 加速力 = m x a
 m = 質量 [kg]
 g = 重力加速度 [9.81 m/s²]
 a = 搬送システムの加速度 [m/s²]
 (緊急時のワークリリースに注意)
 μ = 摩擦係数
 = 0.1 (油が付着した表面)
 = 0.2 ~ 0.3 (湿った表面)
 = 0.5 (木材、金属、ガラス、石材など)
 = 0.6 (粗い表面)
 S = 安全率
 (少なくとも1.5にします。危険性があるワーク、通気性があるワーク、表面が粗いか表面に凹凸があるワークの場合には2.0以上にします)

この例の場合:

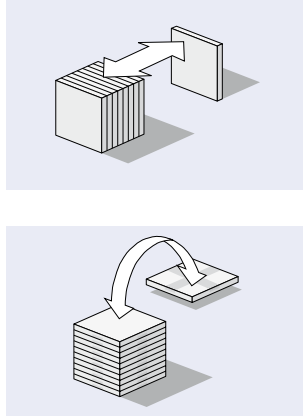
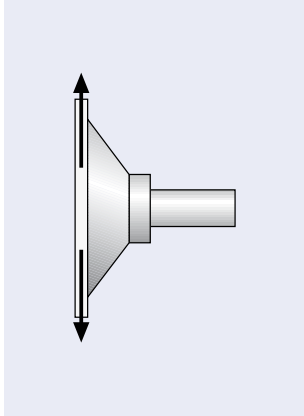
$$F_{TH} = 61.33 \text{ kg} \times (9.81 \text{ m/s}^2 + 5 \text{ m/s}^2 / 0.5) \times 1.5$$

$$F_{TH} = 1,822 \text{ N}$$

真空システムの計算例

ケース III:

ワークをピックアップし、真空パッドを垂直にして移動する場合
ワーク(寸法2.5x1.25 mの鋼板)をパレットからピックアップし、
回転させながら5 m/s²の加速度で移動します。



$$F_{TH} = (m / \mu) \times (g + a) \times S$$

F_{TH} = 理論保持力 [N]

m = 質量 [kg]

g = 重力加速度 [9.81 m/s²]

a = 搬送システムの加速度 [m/s²]
(緊急時のワークリリースに注意)

μ = 摩擦係数

= 0.1 (油が付着した表面)

= 0.2 ~ 0.3 (湿った表面)

= 0.5 (木材、金属、ガラス、石材など)

= 0.6 (粗い表面)

S = 安全率

(少なくとも2.0にします。危険性があるワーク、
通気性があるワーク、表面が粗いか表面に凹凸が
あるワークの場合には2.5以上にします)

この例の場合:

$$F_{TH} = (61.33 \text{ kg} / 0.5) \times (9.81 \text{ m/s}^2 + 5 \text{ m/s}^2) \times 2$$

$$F_{TH} = 3,633 \text{ N}$$

ケースI~IIIの比較:

今回取り上げた例の場合、必要な作業はワークをパレットから
持ち上げ、横方向に移動し、マシニングセンタに位置決めする
というものです。そのためケースIIIのような回転運動はなく、
ケースIIだけを考慮する必要があります。

この場合、理論上の最大保持力(F_{TH})は1,822 Nです。この力は
ワークの水平搬送時、真空パッドに作用します。以下、安全なシ
ステムの構成に向け、この値に基づいて計算を進めます。

真空パッドの選定



計算による理論保持力は、真空パッドがワークを安全に搬送す
るために必要な力です。

この例で選択した真空パッド:

フラット真空パッド QN (ニトリルゴム製)

この真空パッドは、滑らかで平らなワークを搬送する場合に、
費用対効果に優れたソリューションです。

この時、計算による理論上の保持力を1個の真空パッドが担う
のか、複数の真空パッドで分けて担うのかを決める必要があり
ます。

この例のような鋼板(2,500 mm x 1,250 mm)の場合、一般に
6~8個の真空パッドを使用します。真空パッドの個数を決める
にあたり、考慮すべき最も重要なポイントは、搬送時に鋼板が
たわまないことです。

真空パッド1個に必要な吸着力 F_s [N] の計算

$$F_s = F_{TH} / n$$

F_s = 吸着力

F_{TH} = 理論保持力

n = 真空パッドの個数

$$\text{この例の場合: } F_s = 1,822 \text{ N} / 6$$

$$F_s = 304 \text{ N}$$

真空パッド QN のテクニカルデータから、真空パッド QN を
6個使用する場合には、QN-95-NBR (径 95 mm、吸着力 350 N)
を使用する必要があることがわかります。

$$F_s = 1,822 \text{ N} / 8$$

$$F_s = 228 \text{ N}$$

真空パッド QN のテクニカルデータから、真空パッド QN を
8個使用する場合には、QN-80-NBR (径 80 mm、吸着力 260 N)
を使用する必要があることがわかります。

この例で選択した真空パッド:

真空パッド QN-95-NBR (6個)

6個の真空パッドで、厚み2.5 mmの鋼板を持ち上げ、搬送する
ことができます。

重要:

真空パッドの吸着力は、計算で出した理論保持力よりも大きく
なければなりません。

特長的な製品
真空パッド
真空パッド用取付部品
真空発生器
バルブ
システムモニタリング
フィルター/コネクタ
エンドエフェクタ
スペシャルグリッパー
技術情報
サービス/案内

真空パッド用取付部品



この例で選択した真空パッド用取付部品:
フレックスリンク(首振りジョイント) FLK-G1/4-IG-G1/4-AG
(装置側の接続部: 平行G1/4メネジ)
ワークが傾いた場合にも、真空パッドが傾きに追従することができます。

スプリングブランジャー FSTE-G1/4-AG-75
(真空パッド側の接続部: 平行G1/4オネジ、ストローク: 75 mm)
鋼板のたわみを補正するための大きなストロークが得られます。真空パッド側の接続部がG1/4オネジのため、上記フレックスリンクと接続することが可能です。

真空ホースの選定



エア流量を絞らず無駄なく使用するために、真空ホースは真空パッドのサイズに応じて選択する必要があります。真空パッドとエジェクタの“テクニカルデータ”の表には、推奨ホース内径が記載されています。

この例で選択した真空ホース:
真空ホース VSL-8/6 (内径 6 mm)

マニホールドの選定



マニホールドを使用すると複数の真空パッドへのエアの分配が容易です。

選択したホースVSL-8/6は外径 8 mm、内径 6 mmです。また、この例では真空パッドを6個使用します。

この例で選択したマニホールド:
マニホールド VTR-G3/8-IG-9xG1/4
この真空マニホールドには、入力ポート 1個(平行G3/8メネジ)と出力ポート 9個(平行G1/4メネジ)があります。

真空発生器の選定



この例で選択した機器:
真空エジェクタ。
真空エジェクタを選択した理由は、本例のワーク(鋼板)には通気性がないことです。エジェクタを使用することにより、真空システムの簡素化と軽量化をはかり、短いピックアップ時間とリリース時間を実現することができます。

真空発生器の吸込量
真空パッドの直径は、真空発生器が真空パッドを排気するために必要な吸込量を決定します。シュマルツでは、真空システムの設計・製作から得られた測定結果と経験により、下表に基づいて真空発生器を選択することを推奨しています。

真空パッド径と必要な吸込量の対応

真空パッドの直径 Ø	吸込量 \dot{V}_s	
~ 60 mm	0.5 m ³ /h	8.3 l/min
~ 120 mm	1.0 m ³ /h	16.6 l/min
~ 215 mm	2.0 m ³ /h	33.3 l/min
~ 450 mm	4.0 m ³ /h	66.6 l/min

注記:
表に記載の吸込量の値は、真空発生器の種類とは無関係にすべての真空発生器に該当します。推奨の吸込量は、表面が滑らかで通気性がないワークにおける真空パッド1個あたりの値です。通気性があるワークについては、実際のワークを使用した吸着テストを推奨します。

真空発生器に求める吸込量 \dot{V} [m³/h, l/min]

$$\dot{V} = n \times \dot{V}_s$$

n = 真空パッドの個数

\dot{V}_s = 真空パッド1個に必要なとする吸込量 [m³/h, l/min]

この例の場合:

$$\dot{V} = 6 \times 16.6 \text{ l/min}$$

$$\dot{V} = 99.6 \text{ l/min}$$

この例で選択した真空発生器:
コンパクトエジェクタ SCPI-20 (吸込量 140 l/min)
このコンパクトエジェクタには、吸着バルブと真空破壊バルブを搭載しています。また、ワーク搬送時の安全性を確保するため、システムモニタリングが可能です。

バルブの選定



本例では、バルブ内蔵のコンパクトエジェクタを使用します。アプリケーションにより、真空のオン/オフの切換えに、ソレノイドバルブが必要なこともあります。真空ポンプまたは真空ブロワを真空発生器として使用する場合、一般にソレノイドバルブを使用します。選定時は、ソレノイドバルブの定格流量が、使用する真空発生器の吸込量よりも下回らないように選びます。

真空スイッチの選定



真空 (圧力) スwitchと真空計は、必要な機能とスイッチング頻度に基づいて選択します。

シュマルツでは下記ニーズに応じた製品をラインアップしています。

- スwitchングポイントの調節
- ヒステリシスの調節
- デジタル/アナログ信号出力
- LED表示
- 操作ボタン付きディスプレイ
- M5メネジ、M8オネジ、フランジ、差込みチューブなどによる真空接続
- ケーブルまたはM8プラグコネクタによる電圧供給と信号出力

真空到達時間の計算

最初に、排気すべき総量 (総排気量) を求め、真空システムの効率 (真空到達時間) を計算します。

$$\dot{V}_G = \dot{V}_1 + \dot{V}_2 + \dot{V}_3 + \dot{V}_4 + \dot{V}_5 + \dots$$

\dot{V}_G	= 総排気量 [m ³]	
\dot{V}_1	= 真空パッドの容積 [m ³]	(6 x 35 cm ³)
\dot{V}_2	= 真空パッド用取付部品の容積 [m ³]	(6 x 9.5 cm ³)
\dot{V}_3	= 真空ホースの容積 [m ³]	(6 x 43 cm ³)
\dot{V}_4	= マニホールドの容積 [m ³]	(38.5 cm ³)
\dot{V}_5	= プレフィルターの容積 (使用する場合) [m ³]	
\dot{V}_6	= ソレノイドバルブの容積 (使用する場合) [m ³]	
...		

この例の場合:

$$\begin{aligned} \dot{V}_G &= 6 \times 35 \text{ cm}^3 + 6 \times 9.5 \text{ cm}^3 + 6 \times 43 \text{ cm}^3 + 1 \times 38.5 \text{ cm}^3 \\ \dot{V}_G &= 564 \text{ cm}^3 = 0.000564 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

真空到達時間の計算 t [h]

$$t = (\dot{V}_G \times \ln(p_a / p_e) \times 1.3) / \dot{V}$$

\dot{V}_G	= 排気量 [m ³]
ln	= 自然対数
p_a	= 初期絶対圧 (大気圧) [101.3 kPa]
p_e	= 最終絶対圧 [kPa]
\dot{V}	= 真空発生器の吸込量 [m ³ /h]

この例の場合:

60% = 絶対圧 40 kPa

$$\begin{aligned} t &= (0.000564 \text{ m}^3 \times \ln(101.3 \text{ kPa} / 40 \text{ kPa}) \times 1.3) / 6.95 \text{ m}^3 \\ t &= 0.000564 \times 1.208 / 6.95 \\ t &= 0.0000980 \text{ h} \\ t &= 0.35 \text{ 秒} \end{aligned}$$

システム全体の真空到達時間は0.35秒です。このシステムは低コストで効率的であり、短いサイクルタイムを実現できることがわかります。

実際のワークを使用したテスト

以上のように、シュマルツの真空機器を用いてエネルギー効率の高い真空システムを組立てることが可能です。ただし、計算による真空システムの設計は真空システムの全体像を把握するためのものであり、シュマルツでは実際のワークを使用した吸着テストを推奨します。

シュマルツ株式会社では 社内にテストルーム"バキュラボ"を設けており、実際のワークをお預かりし、無償でテストを行っています。社外への持ち出しが禁止されているワークの場合、デモ機の貸出や、弊社営業担当がデモ機を持参し訪問させて頂くことも可能です。お気軽にご連絡ください。