

〈技術レポート〉

T/#8805 「ハニベント/DS」ローター回転式除湿機

低露点空気調整システム

ハニクル事業開発部 山下勝宏

T/#8805「ハニベント/DS」ローター回転式除湿機は、ペーパーハニカムに吸湿剤を担持させたローターエレメントで除湿を行う吸着タイプの除湿機である。「ハニベント/DS」は、ローター回転式で構造が単純、取り扱いが容易、制御が簡単で、他の機器との組み合わせにより、どのような空気条件も容易に作り出すことができる。

本報では、最近、半導体、リチウム電池等の高機能材、高品質部品製造現場で特に要求が高まっている、低露点空気の供給に最適な、「低露点空気調整システム」について紹介する。

1. はじめに

最近の高機能材製造設備では、湿度が製品に悪影響を及ぼすため、低湿度の空気調整が必須になっている。

特に、電子部品・リチウム電池・エンジニアリングプラスチックや、様々な塗工ラインの製造設備で低露点空気が使われている。

この様な「低露点空気」を作り出すには、

- (1) 冷却除湿方式
- (2) 圧縮除湿方式
- (3) バッチ式除湿方式 (吸着剤充填塔切り替え式)
- (4) ローター回転式除湿方式

等のシステムが有り、各々は表1の様に長所、短所を有している。

システムとしては、使用条件によってメリットが生かされる様に、これらの機器を組み合わせるケースが多い。

製造工程では下記の要求がありローター回転式除湿機「ハニベント/DS」が注目されている。

- (1) -20～-60℃ DPの低露点空気の供給
- (2) 大風量の供給
- (3) 一定した露点空気を連続的に供給
- (4) 設備費・運転費が安価

表1 除湿システムの比較

除湿方式	利 点	欠 点
冷 却 式	設備費、運転費が小 湿度制御容易 汎用的	露点温度5 迄
圧 縮 式	構造が簡単 圧縮空気が必要な 時に適する	運転費が大 大風量不適 露点温度 - 20
バ ッ チ 式	露点温度 - 60 可	設備費、運転費大 大風量不適 露点変動有り
ローター回転式	連続低露点可 露点温度 - 60 可 湿度制御容易	高湿度域では不経済

- (5) メンテナンスが容易
- (6) 安全

現在一般的に使用されている冷却除湿と「ハニベント/DS」の大きな違いは、冷却除湿では除湿後に得られる空気が相対湿度100%の飽和空気となるが、「ハニベント/DS」では、空気中の水分を直接ローターに吸着するシステムなので、ほぼエンタルピー線上に沿って除湿されるため、相対湿度が数%と非常に乾いた空気が得られる。

これらのことから、冷却除湿では、低露点空気

表2 除湿ローターの比較

	LiClローター	シリカゲルローター	ゼオライトローター
基 材	活性炭ペーパー	ガラス繊維ペーパー	耐熱性無機繊維ペーパー
吸 湿 剤	LiCl	特殊シリカゲル	合成ゼオライト
相 対 湿 度 規 制	RH < 75 % 吸湿剤の潮解現象	なし	なし
再 生 温 度	140	140	200
保 管 場 所	相対湿度管理が必要	通常保管	通常保管
寿 命	3～5年	3～5年	3～5年

を得ることが難しいが、「ハニベント/DS」では容易に低露点空気が得られる。

2. 除湿ローターの変化

除湿に使用されるローターエレメントには、現在までに各種の素材・吸湿剤が使われており、より高性能なローターが開発されてきた。

(1) ハニカム素材

ハニカム素材は、当初アスベストペーパーで作られていたが、環境問題等により、活性炭素繊維・ガラス繊維・耐熱性無機繊維に変わってきた。また、安全性を考慮し、不燃性の無機繊維が主流となってきている。

(2) 吸湿剤

吸湿剤は、当初塩化リチウムが使用されていたが、塩化リチウムは通常素子の中では結晶状態で存在しているため、高湿度の雰囲気中で、結晶が空気中の水分を吸収し、液化、流出する。その結果、吸湿剤が無くなって性能が低下したり、ケーシングの腐食等の不具合が生じる。

この様な問題点を解決するための吸湿剤として、シリカゲルや合成ゼオライトを使用した除湿ローターが開発された。

各々の用途を表3に示す。

また、シリカゲルと合成ゼオライトの吸湿量を比較した場合、図1のようになる。

以上より

ハニクルSG-HPローターの特長は下記の様になる。

- ①0～40℃の高湿度域で除湿性能に優れている。

表3 除湿ローターの用途比較

	ハニクルSG-HP	ハニクルMS
吸 湿 剤	特殊シリカゲル	合成ゼオライト
風 量	小～大迄可	小風量に適す
再生温度	140	200 Max
湿度領域	高湿度～低露点	低露点～超低露点
用 途	乾 燥 防錆, 結露防止 貯蔵, 空調	エンジニアリングプラスチック 高圧除湿(コンプレッサー との組み合わせ)

- ②再生温度が140℃で、熱源に蒸気の使用が可能で大風量迄使用でき汎用的である。
- ③高湿度～低露点迄の供給が可能。

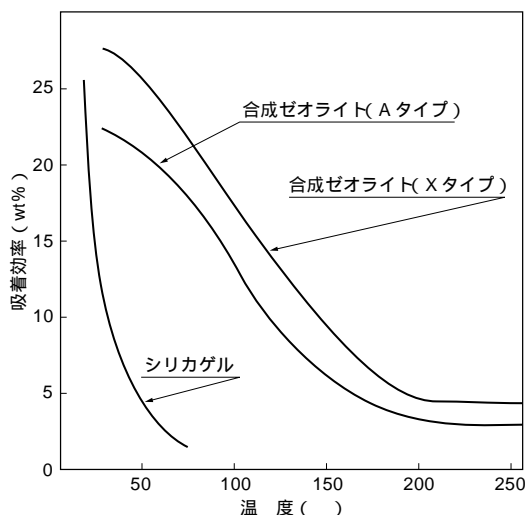


図1 吸湿量の比較

また、ハニクルMSローターの特長は下記の様になる。

- ①0～100℃の低湿度域でも除湿が可能。
- ②低露点～超低露点（-60℃以下）の空気の供給が可能。

ハニクルSG-HPとハニクルMSは以上の様な特長を持っており、これらの特長を生かして使い分けられている。

(3) 新ゼオライト

従来の合成ゼオライトは、再生に高温を必要としたが、最近はこの欠点を改良した低温再生（140℃）が可能な合成ゼオライトが開発され、高湿度域から超低露点まで低温再生が可能な、汎用性に優れたローターが開発された。弊社の商品名で「GX-7ローター」である。

GX-7ローターは、従来の合成ゼオライトと同様、低湿度から高湿度までの吸湿特性を有しているながら、低温で再生可能なローターである。即ち、相対湿度90%の高湿度域から、数%の低湿度域まで湿分の吸着に優れており、シリカゲルと同様100～140℃の低温で湿分の脱着が十分に行えるローターである。

右記に示す図2はシリカゲル、合成ゼオライトMS-A、GX-7の水分の吸着特性を示したものである。

3種類の吸湿剤を比較すると表4の様になる。

GX-7ローターは、70℃と低い再生温度でも低湿度域での吸湿性能に優れ、100～150℃では低湿度から高湿度まで優れた吸湿性能を有した、オールラウンドな除湿ローターと言える。

3. 低露点空気調整システム

(1) 基本システム

ローター回転式除湿機「ハニベント/DS」の基本システムを、図3に示す。

除湿ローターは、除湿ゾーンと再生ゾーンに区

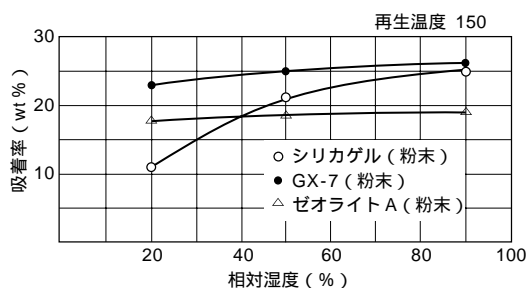


図2 シリカゲル・合成ゼオライトMS-A・GX-7の吸着比較

分された機構の中で回転させる。湿った空気は、除湿ゾーンを通過し、乾燥された除湿空気として供給される。一方、水分を吸湿したローターは、再生ゾーンへ移動し、再生加熱空気により吸湿した水分を放出する。除湿ローターは装置内で回転し、除湿、再生を連続的に繰り返す。

(2) 低露点システム

標準的な低露点システムを図4に示す。

基本システムの再生ゾーンと除湿ゾーンの間、冷却パージゾーンを設けることにより、容易に低露点除湿空気を得られるシステムである。

これは、再生ゾーンで加熱された素子は温度が高く吸湿性能が良くない。そのため再生ゾーンと除湿ゾーンの間、冷却パージゾーンを設け、除湿入口空気の一部を使用して、素子の冷却を行うことにより、除湿性能の優れた部分のみが使用でき、低露点除湿空気を得ることが出来る。

冷却パージゾーンは、所望の露点温度により角度を選定し設計する。例えば、-40℃ DP迄の露点空気を得る場合には冷却パージゾーンを90°、-40℃以下の露点空気を得る場合には冷却パージゾーンを120°として、低露点から超低露点の空気を得ている。

表4 吸湿剤の比較

再生温度	シリカゲルSG-HP	ゼオライトMS-A	ゼオライトGX-7
70 時	RH40%以上で良好	全領域で吸湿量小	RH40%以下で良好
100 時	RH60%以上でやや有利	全領域で吸湿量小	全領域で良好
150 時	RH40%以上でMS-Aより良好	RH40%以下でSG-HPより良好	全領域で優位

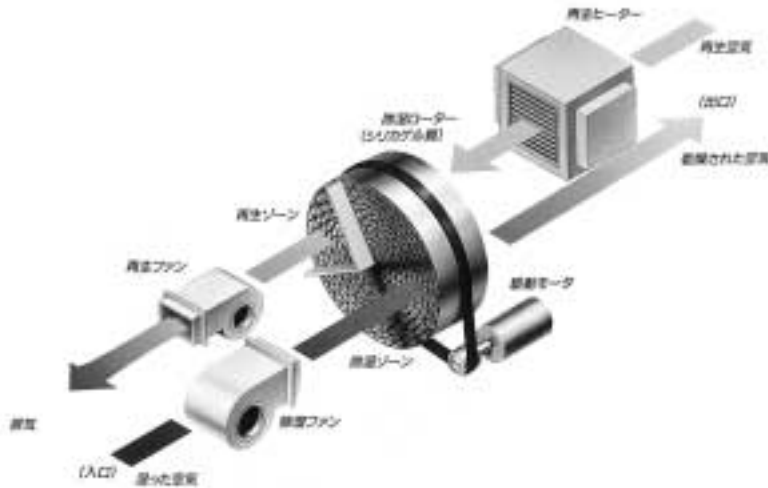


図3

●一般の乾式除湿システムでは-10°CDB以下の空気を得るのが困難でしたが、下図のシステムでは-20°CDB以下の空気が得られます。

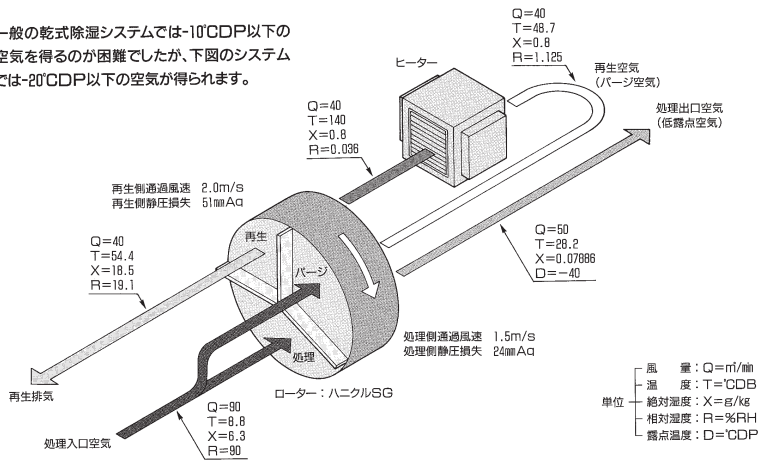


図4

(3) 低露点除湿の新システム

これまででは、前記したシステムにより低露点空気を得ていたが、吸湿剤の変化やローターの素材の変化により、より有効な使い方や新しいシステムを開発する必要が出てきた。

実際、各々のローターで、吸着容量や吸脱着スピードの違い等により、除湿性能が異なっている。従来のシステムと新システムを表5に比較する。

以上のように、再生、冷却パージゾーンが小さく、処理ゾーンが大きくなる事は、従来よりも小さなローターで処理が可能となる。また、通過

風速も速く出来るので、除湿機も小型となり、全体の設備もコンパクトで、インシャルコストを大幅に削減することができるようになった。

表5 低露点システムの比較

項目	旧システム	新システム
再生・冷却パージ・処理ゾーン	1 : 1 : 2 又は 1 : 1.33 : 1.66	1 : 1 : 3
通過風速	1 ~ 1.5m/s	2 ~ 3m/s
再生空気比	0.33 ~ 0.44	0.33
再生温度	140 ~ 180	140 ~ 180
到達露点温度	- 40 ~ - 60	- 70

次に「GX-7ローター」を新システムで使用したときの性能を図5に示す。

到達露点-40℃ DPを得ようとした場合に旧システムと新システムを表6に比較する。

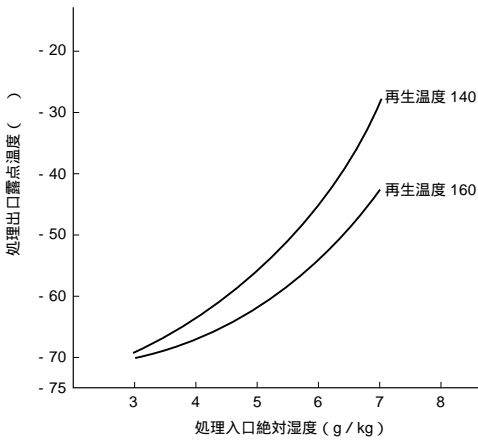
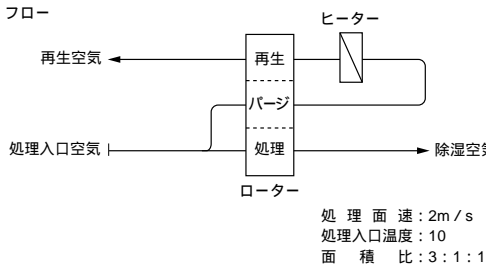


図5 GX-7ローター性能曲線

低温再生、「GX-7ローター」を使用した新システムには下記の特長がある。

- ①処理面積が大きくとれ、通過風速が速くできるため、ローターサイズが従来の約半分となった。
- ②空気比が小さいため、再生エネルギーが従来より25%削減された。

表6 旧システムと新システムの比較

項目	旧システム	新システム
処理面積比	1.66	3
通過風速	1.5m/s	2m/s
空気比	0.44	0.33
再生温度	140	140

以上の様に、「GX-7ローター」を使用した新システムは、インシャルコストもランニングコストも安いことから今後幅広く使用される除湿システムとなろう。

(4) その他の低露点システム

低露点を得るためのフローには、他にもいくつかのタイプがあるが、主なものとして、使用用途、供給露点、ユーティリティーにより図6、図7、図8等があり、使用条件に合わせて、有効なシステムの設計を行っている。

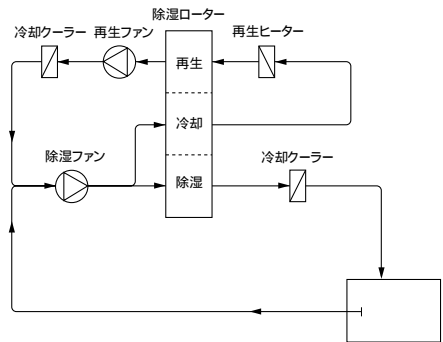


図6 リサイクル低露点フロー

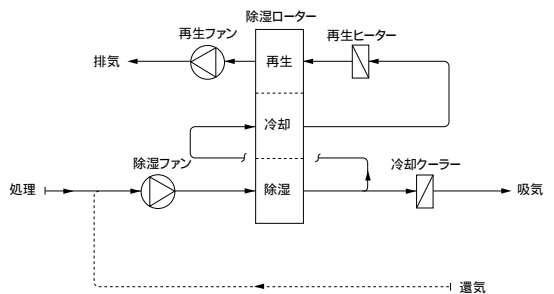


図7 パージリターン低露点フロー

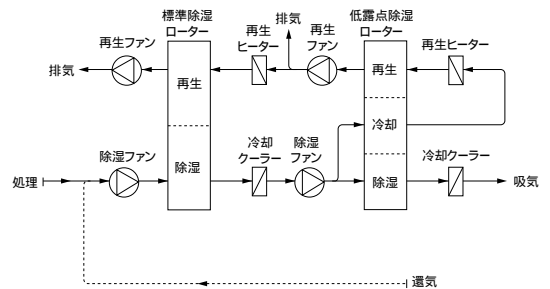


図8 二段除湿低露点フロー

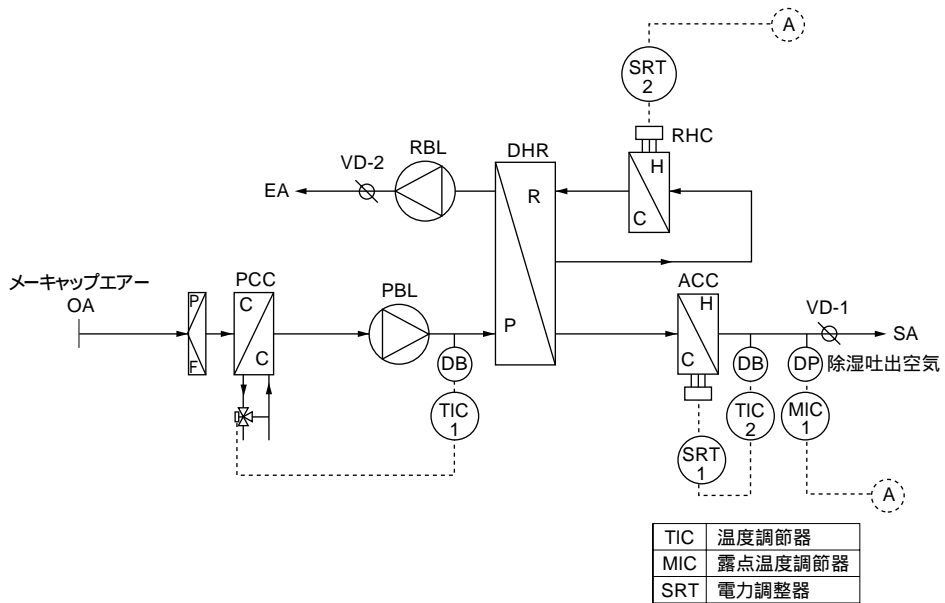


図9 制御フローシート

(5) 制御

低露点システムを使うに当たり、各空気の状態をコントロールするために重要なファクターとして、温度、湿度、露点や風量の制御をいかにするかが、質の高い空気を得る大きなポイントになる。

図9は代表的な制御フローシートである。

上記のローター回転式除湿機での制御の大きな特長は

- ①供給空気の湿度・露点制御は、再生加熱空気温度のコントロールにより容易に行える。
- ②温度の制御と湿度・露点の制御を別々に行う事ができ、制御が互いに干渉しないため、制御性に優れている。

ローターの選定以外に、トータルのシステムに合った制御を行うことにより、質の高い空気の供給を行う事が出来る。

4. おわりに

最近、製品の高品質化、生産性の向上により、更に質の高い空気の必要性が高まってきている。当然、これからの要求に最適なローター回転式除湿機「ハニベント/DS」の用途は益々広がっていくと思われる。

今後もより高性能なローターの開発や、省エネルギーとなる低露点システムの開発を行い、顧客満足の高い製品の供給をめざす所存である。

筆者紹介



山下 勝宏

ハニクル事業開発部