

2019年12月3日

YAGATO DENKI MFG CO., LTD

Next

株式会社長門電機工作所

箱型乾燥機に関して

STAGE

箱型乾燥機に関して目次

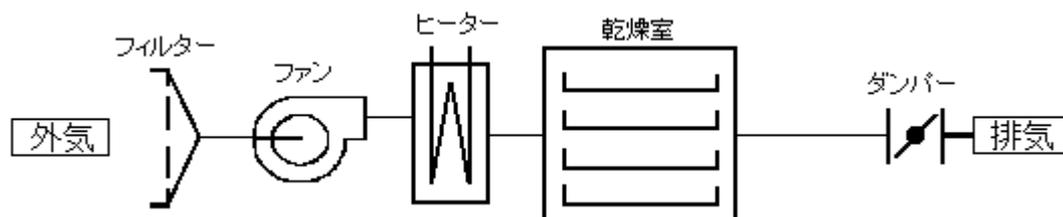
1. 乾燥の方法	3
1-1 ワンパス式熱風乾燥	3
1-2 循環式熱風乾燥 循環式熱風乾燥	3
2. 箱型乾燥機的设计	4
2-1 箱型乾燥機の選定	4
2-2 箱型乾燥機の容量	4
2-3 風量の決定	4
2-4 ヒータの決定	4
2-5 除湿、加湿	4
3. 箱型乾燥機の構造	5
3-1 箱の保温	5
3-2 洗浄性	5
3-3 溶接	6
3-4 トレイ	6
3-5 ファンの構造	7
3-5-1 ファンの形式	7
3-5-2 駆動方式	7
3-5-3 ファンユニット開閉式	7
3-6 ヒータ	8
3-6-1 電熱ヒータ	8
3-6-2 蒸気ヒータ	8
3-6-3 蒸気制御装置	8
3-7 ダンパ	9
3-7-1 段差補正用ダンパ	9
3-7-2 循環ダンパ、排気ダンパ	9
3-7-3 コントロールダンパ	9
3-7-4 遮蔽ダンパ	9
3-8 フィルタ	10
3-8-1 給気フィルタ	10
3-8-2 循環フィルタ	10
3-9 扉	11
3-9-1 観音扉	11
3-9-2 ロックハンドル	11
3-9-3 扉ロック装置	11
3-10 乾燥機の材質	11
3-11 パーティション	12
3-12 台車	13
3-12-1 通常台車	13
3-12-2 キャスターもぐりこみ方式	13
3-12-3 台車クランプ方式	14
3-12-4 内台車、外台車方式	14
4. 乾燥機の制御	15
4-1 標準的制御	15
4-2 制御盤の操作スイッチ	15
4-3 制御オプションについて	16

4-3-1 過昇温制御	16
4-3-2 排気温度計	16
4-3-3 送風タイマ	16
4-3-4 ファン回転制御	16
4-3-5 風速計	16
4-3-6 現場温度計	17
4-3-7 プログラム制御	17
4-3-8 伝送出力	17
4-3-9 シーケンサ、タッチパネル	18
4-3-10 温度記録	18
4-3-11 湿度の制御	19
4-3-12 除湿機	19
4-3-13 加湿機	19
4-4 乾燥機の防爆	20
4-4-1 熱源	20
4-4-2 ワンパス乾燥	20
4-4-3 ガス検知器	20
4-4-4 爆発放散口	20
4-4-5 静電気対策	20
4-4-6 防爆機器	21
5. 乾燥機設計上の留意点	22
5-1 高温対策	22
5-2 回転部分	22
5-3 循環運転	22
5-4 十分な保温	22
5-5 全溶接構造	22
5-6 外気の季節変動対策	22
5-7 目詰まりによる風量低下対策	22
5-8 正確な計器	23
5-9 制御安定性	23
5-10 トレイの乾燥ムラ	23
5-11 完成検査	23
5-12 キャリブレーション	24
5-12-1 キャリブレーションの意味	24
5-12-2 ループテスト	24
5-12-3 対象計測機器	24
5-12-4 検査機器	24
5-12-5 ドキュメント	24
5-12-6 校正のための工夫	24

1. 乾燥の方法

1-1 ワンパス式熱風乾燥

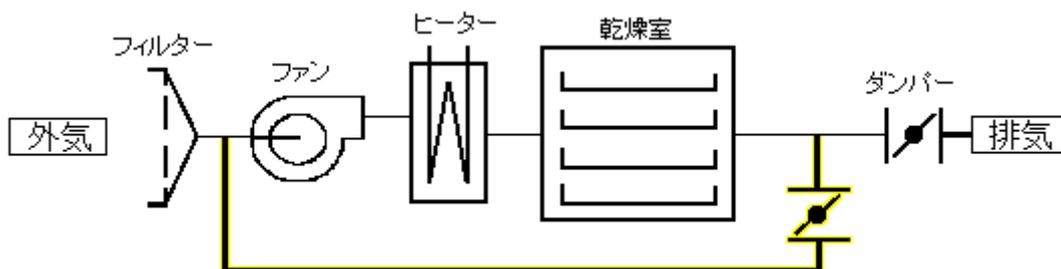
空気を乾燥室に吹き込む前に温度を上げ、品物を乾燥させて、そのまま排気してしまう方法です。比較的乾燥速度の大きい方式に用いられます。気流乾燥機や流動層乾燥機がこの方法です。この方式ですと水分が多い間は与えられた熱量がほとんど乾燥に使用されます。水分が無くなってくると捨てられてしまう熱量が大きいため、生産機の場合ダンパのコントロールと併用することをお勧め致します。



1-2 循環式熱風乾燥 循環式熱風乾燥

空気を乾燥室に吹き込む前に温度を上げて、品物を乾燥させた後、一部を排気して、残りの空気を再び加熱する方法です。比較的乾燥速度の小さい方式の乾燥機に用いられます。

この方式では乾燥機内部を風が循環するので、ファンやヒータ、内壁に品物が付着し、再び製品内に混入するということがあります。その為、洗しやすい構造にしたり、乾燥室の前にフィルタを設けたりすることがあります。



2. 箱型乾燥機的设计

2-1 箱型乾燥機の選定

通乾燥容量、乾燥時間、乾燥温度、乾燥湿度、到達水分、腐敗性、腐食性、熱分解性、吸湿性、熱硬化性、コンタミ、洗浄性、爆発の危険性などさまざまな条件を考慮して、最適な形式の乾燥機を選びます。また、客先の特殊な条件に合わせて必要な機器を組み込んだ形で設計します。

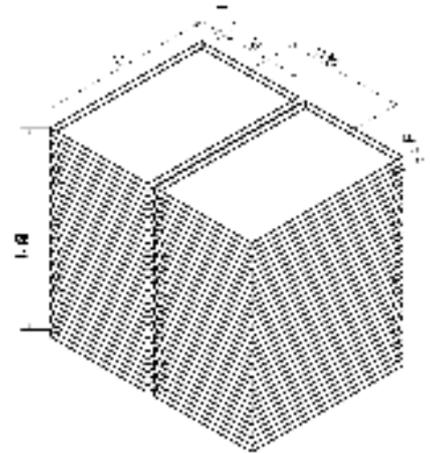
- ・大きな能力を必要としないが多品種を扱うため構造が簡単で洗いやすくしておきたい。
- ・品物を動かすと壊れるのでそのままの姿勢で乾かしたい。
- ・コストをかけたくない

などの条件で箱型乾燥機が使用されます。

2-2 箱型乾燥機の容量

乾燥機の容量は、その乾燥機に入れられるトレイ 1 枚当たりの容積と枚数の積で決まります。

各段のピッチと縦横の配列を考慮して、箱型乾燥機のレイアウトを決めています。通気式の乾燥機の場合は構造の関係で段間が広がります。



2-3 風量の決定

乾燥能力は、その品物に当たる風速が高ければ高いほど大きくなります。しかし、粉体を乾かす場合風速が高すぎると飛び散りますので、あまり高く出来ません。通常並行流乾燥機の場合、風速を 2.0m/s 程度の風速にしています。この風速でトレイの上を風が流れるようにファンの容量を決定します。

2-4 ヒータの決定

先に計算された風量を所定の温度まで加熱するに足るヒータの容量を計算します。熱源には電気、蒸気、ガス、灯油、排熱等があります。乾燥に必要な熱量を確保という意味では、同じ考え方になり、中でも電熱式が最も制御しやすく、構造も簡単になります。吸い込まれた空気が乾燥室を通過した後、全て排気されてしまうワンパス運転では、ヒータ容量が大きくなります。

並行流乾燥機は、粉の上を風が通過します。しかし、1度だけの通過では熱風のエネルギーが全て乾燥に使用される訳ではないので、水分も受け取らず、空気の温度も下がらずに排気してしまうことになりエネルギーの無駄になります。特別な条件がないかぎりワンパス運転はほとんどしません。弊社の乾燥機では排気率を 10%程度、循環を 90%程度に設定した条件で循環運転をしますので、ワンパスでの必要熱量の 10%ということになります。

2-5 除湿、加湿

低温で熱風乾燥を行う場合、給気の状態に到達水分が違います。特に夏場のジメジメした状態の空気では、空気中に沢山の水分が含まれているため、冷却して水分を取り除きます

逆に冬場の外気は氷点下になることがあり、ほとんど空気中の水分がなくなり、乾燥しすぎてしまうということが起こります。加湿ノズルより蒸気を吹き込んで、夏場に除湿した空気の状態にすれば季節に関係なく一定の乾燥が出来ます。

3. 箱型乾燥機の構造

3-1 箱の保温

乾燥機は通常、熱風を利用します。温度分布の均質化、火傷防止、エネルギーロスの防止のため外箱部分に保温をします。内部温度が高くなるほど保温も厚くなります。また、温度が高くなるほど熱膨張も大きくなるので、板厚が大きくなり補強の数も多くなります。

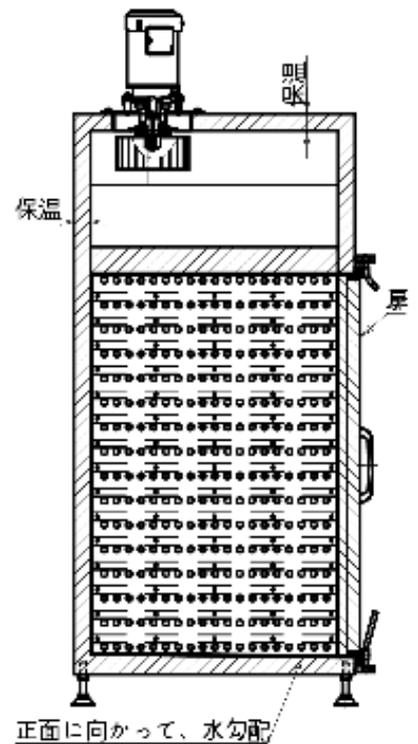
3-2 洗浄性

衛生管理を行う上で、洗浄は非常に重要な要素です。通常の箱型乾燥機の場合、乾燥室だけが見えていて、ヒータやファンが隠れてしまい、メンテナンスが出来ないものがあります。医薬向けのものは、出来るだけ乾燥機内部が容易に確認でき、洗浄し易いオープンな構造でなくてはなりません。また、洗浄器具が届かないようなデッドスペース部分を出来るだけ作らないよう設計しています。小型の乾燥機の場合、内部の仕切り板、導風板、棚アングル等を分解出来るようにし、それらを取り外してしまうと乾燥室がシンプルな箱になるようにして、洗浄し易くしています。

乾燥室の床面は水勾配をつけて、水が溜まらないようになっています。

扉を開けるとそのまま水が乾燥機の外に出ていくようになっています。また、底がホッパー構造になっているものは必ず水抜きを設けています。

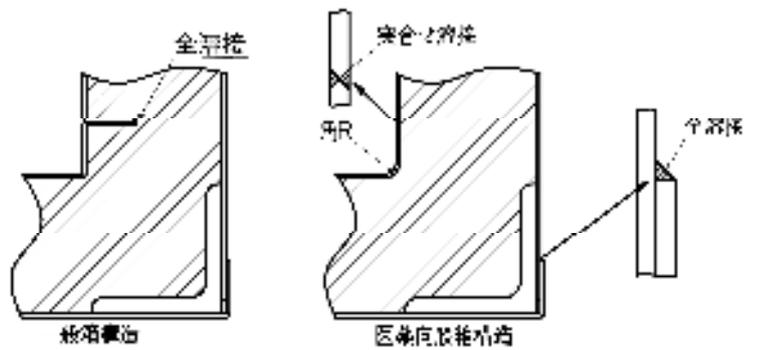
下記の写真はフルオープン型の通気式乾燥機です。扉を開けると乾燥室だけではなくチャンバー室まで開くので、洗浄点検が容易です。また台車においても水洗いしやすいように形状をシンプルにし、水たまりを作らないようになっています。



3-3 溶接

乾燥機の内部は水洗いを前提としているので、水槽を製作するのと同じ考え方で製作します。

板の継ぎ目は突き合わせ溶接によるものと耳曲げした板を溶接する方法があります。



3-4 トレイ

粉体が直接触れる部分がトレイです。

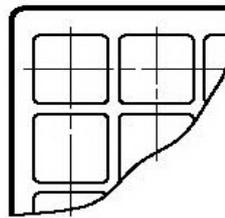
比重が軽く飛散し易い粉の場合、飛散防止布をかぶせて乾燥機にかける場合も有ります。

飛散防止布は、通常通気性の良いテトロンの布を使用しています。



パンチングトレイ

通気式乾燥機の場合、金網は使用せず、パンチングで底を打ち抜いたものを使用し、飛散防止布をかぶせる方法を採用しています



トレイ角部詳細

角の部分は粉溜りが出来ないようにR加工し、バフ加工を施しています



テフロンコーティング

耐酸性、耐薬品性、付着性を考慮する場合に採用しています

3-5 ファンの構造

3-5-1 ファンの形式

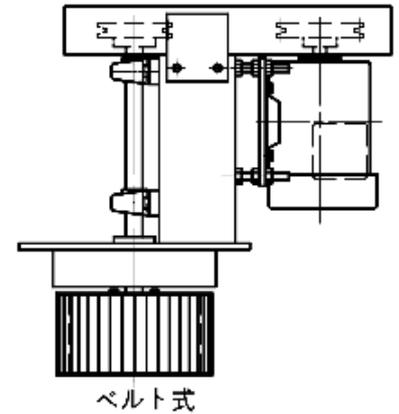
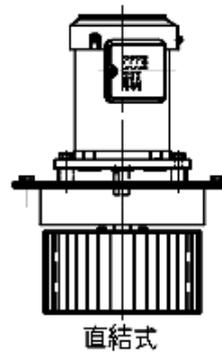
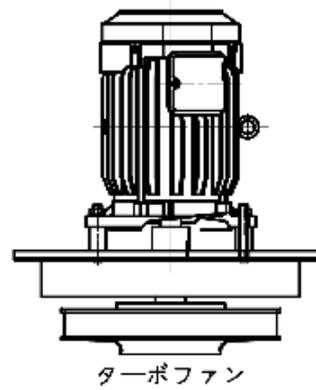
静圧が低い仕様の乾燥機であればシロッコファンを使用します。循環部に HEPA フィルタ等がある、静圧が高い乾燥機の場合、ターボファンにしています。

3-5-2 駆動方式

医薬品向けの乾燥機でない場合、ファンはベルト駆動にすることがあります。ベルトの交換が必要になりますが、十分余裕のある選定をしておけば、数年に1回程度の交換頻度となります。ファンの軸部分のシールは通常、弗素樹脂の板を2つ割にしたものにシャフトと同じ大きさの穴を開けて貫通部分に取り付けております。医薬向けの装置の場合、汎用モータ直結にして、インバータで変速しています。軸シールはシリコンまたはバイトンのオイルシールを使用しています。

3-5-3 ファンユニット開閉式

ファンユニットがヒンジによって開閉し、ケーシング内にあるファンを装置の外で洗浄点検出来るようにしています。



3-6 ヒータ

3-6-1 電熱ヒータ

ヒータは電熱式の場合、シーズフィンヒータを採用し、乾燥室内に碍子や電熱線が剥き出しにならないようにして、断線や漏電、短絡、引火などがないようにしています。またフィン付なのでヒータと空気の熱伝達効率も高く、ヒータ温度も低く押えられるため、断線の確率も低く押えられています。



電熱ヒータ

3-6-2 蒸気ヒータ

蒸気式の場合はプレートフィンヒータを採用し、十分な電熱面積を確保しています。また、材質を SUS304 にしているため、錆の発生がありません。スチーム式の場合温度制御が難しく、ハンチングしやすい欠点があります。吸気温度が変わるとヒータ能力が変化するため、ヒータの電熱面積を切り替えられるようにしています。



蒸気ヒータ

3-6-3 蒸気制御装置

スチームヒータの温度制御は電磁弁の開閉で行なっています。従来は蒸気による温度制御は精度が必要とされる場合、ダイヤフラム式やコントロールモータ式の比例制御バルブなどを使用してはなりませんでした。最近では時間比例式のオンオフPID制御が一般的になり、電磁弁だけで精度の良い温度調節が出来るようになりました。配管の継ぎ手はユニオンを使用せず、すべてフランジを使用しています。過去にユニオンによる蒸気漏れのトラブルの頻度が高かったため、信頼性を向上させるためにこの方式にしております。



蒸気制御配管

3-7 ダンパ

3-7-1 整流板(段差補正用ダンパ)

各段の通風量の差を無くす為に、たなうけレール奥に段差補正用ダンパを設けてあります。風の流れの関係で風量に若干のばらつきがでるのをこれで補正します。

3-7-2 循環ダンパ、排気ダンパ

排気、循環、各ダンパは、目盛付きハンドルでそれぞれの開度に固定出来るようになっています。ダンパ開度と通風状態の関係を下表に示します。

	ワンパス	循環一部排気	循環のみ
排気ダンパ	開	半開	閉
循環ダンパ	閉	半開	開



整流板 (段差補正用ダンパ)



循環ダンパ



排気ダンパ

3-7-3 コントロールダンパ

標準のダンパでは手動で開度を決める形式ですが、乾燥状態の変化にともなって風の状態を変化させたい場合、自動的にダンパの開度を制御したい場合があります。比例式のコントロールモータを使用すれば、任意の開度を電氣的に設定出来ます。湿度や品温と連動させたり、プログラム調節器の時間信号で開度を切り換えさせたりという制御が可能です。

3-7-4 遮蔽ダンパ

乾燥機の給排気部分にこのダンパを組み込み、運転中以外は遮蔽している状態にすることにより、乾燥終了後の吸湿や排気からの逆流汚染を防ぐことが出来ます。

3-8 フィルタ

乾燥室内に入る空気が汚れていると製品を汚してしまいます。医薬品の場合は特に厳しく、高性能フィルタ（HEPA）を取り付ける場合が少なくありません。フィルタを取り付ける場合、その機械の必要空気量からフィルタの大きさを選定します。また、フィルタの圧力損失に見合うファンを選定して機械を設計し直します。ですから、乾燥機をそのままにしてフィルタを後から取付けたりすると、乾燥能力が足りなくなる可能性があります。特にHEPAフィルタの場合、定格風量を出すのに必要な風圧は500Paと高いため注意が必要です。こういったフィルタを取り付けた場合、その詰まり具合及び交換時期を知るためにマノメータを取り付けます。また、詰まり具合をマノスタースイッチで検出して警報を出すということも可能です。

3-8-1 給気フィルタ

吸気口にフィルタを設けております。水洗い可能な材質を使用しており、カセットにはさみこんで蝶ねじで固定されているので、工具不要です。

標準の使用法ではフィルタは十分な面積を確保しておりますが、ワンパスでの使用、捕集効率が高いものが必要な場合など十分な面積が確保されない場合は、機械構造から変更が必要になります。



3-8-2 循環フィルタ

乾燥室直前の位置にHEPAフィルタを設けています。フィルタ専用扉があり、室内から交換できるようにしています。品種の違う製品で使用する場合も交換することで交叉汚染が防げます。

乾燥機内は高温となるため、SUS304性で耐熱仕様の物を使用しています。

3-9 扉

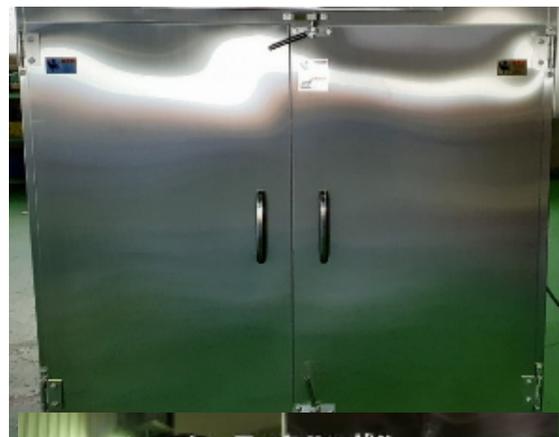
3-9-1 観音扉

乾燥機の扉は堅牢であることとシールが完全であることが要求されます。乾燥室内は高温になるため熱膨張で相当歪んでしまいます。扉は特に歪みの影響を受けやすく、しっかり作られていないとシールがたもてなくなり熱風が吹き出すということがあります。ですから、扉の内部にアングルで骨組を組んで補強しています。また、蝶板やハンドルの金具類も相当な強度が要求されるので、社内で製作しております。



3-9-2 ロックハンドル

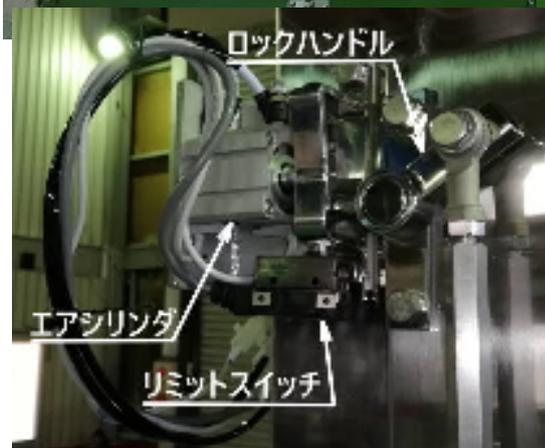
ロックハンドルは面積の広いシリコンスポンジパッキンを押えつけるのに十分な強度を持たせることももちろんですが、人手で操作出来ることが必要です。弊社の特製ハンドルは、ローラーとテーパーの受け金具を使用しています。



3-9-3 扉ロック装置

運転中や庫内温度が高いなど条件によってエアシリンダを作動させ、扉が開かないようにロックさせます。

扉が閉じられたことを確認して、シリンダが作動し、解除する場合は、制御盤の扉ロック解除スイッチを押すという操作になります。



3-10 乾燥機の材質

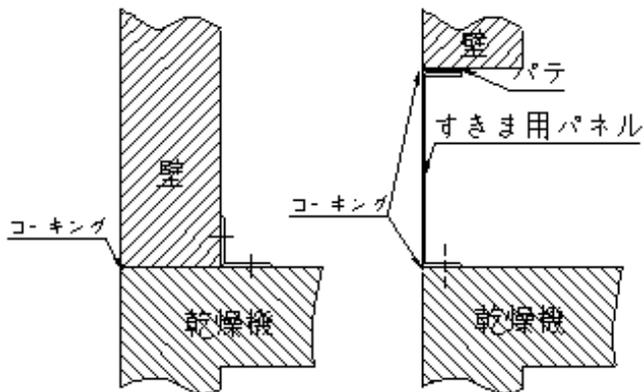
水分のあるものを扱いますので、露点温度の関係で室内に水滴が溜ります。このことから、防錆に考慮する必要があります。弊社の乾燥機は特に指定がないかぎり、内部を 18-8 ステンレス (SUS304) にしています。また、乾燥物が腐食性の物質であったりすると、一般的には使用されないような材料を使用することもあります。たとえば耐酸性を考慮した場合は SUS316L、耐熱性を考慮して SUS310 などを選定します。扉は熱風が漏れないようにパッキンが入っています。耐熱性、シール性が要求され、経年変化をおこしにくいものを使用する必要があります。弊社では耐熱性、耐薬品性に優れたシリコンスポンジを使用しております。

3-11 パーティション

大型機を設置する場合、正面の扉部分だけを出して、パーティションで乾燥機を覆い、粉が天井や付属機器につまらないようにします。清掃は乾燥機正面と内部だけとなり清掃の頻度が小さくなります。

機械後部がダークエリアになりますので、メンテ時に着替えることが必要になります。

装置搬入後にパーティションを行うので、空調バリデーション終了後に乾燥機の IQ, OQ を実施することになります。

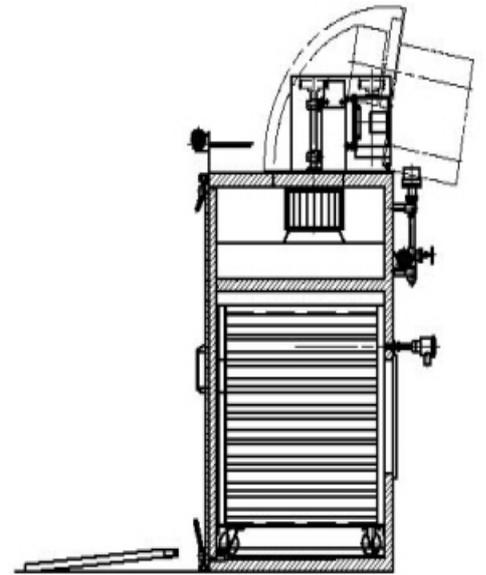


3-12 台車

3-12-1 通常台車

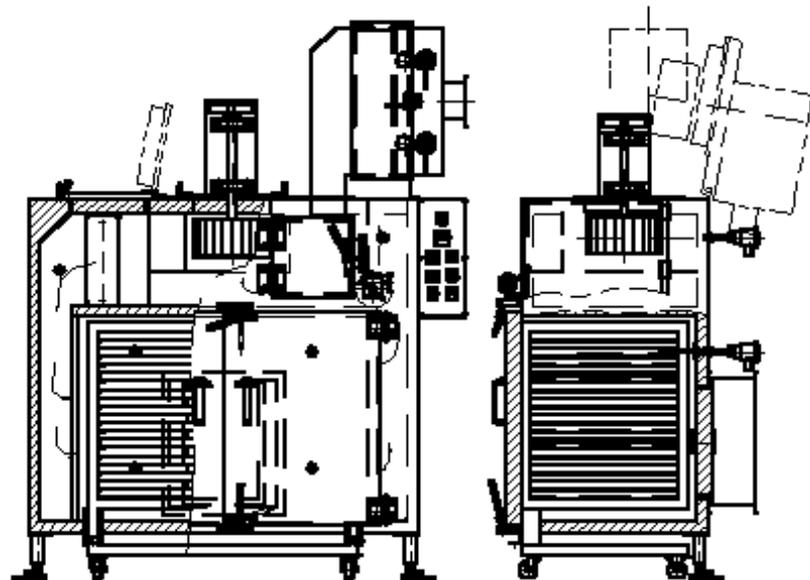
台車ごと乾燥機内に入れてしまうと、車輪に付着したごみが製品に混入する恐れがあります。

下の装置は洗浄性のみ考慮された装置ですのでキャスターごと乾燥機内に入っています。



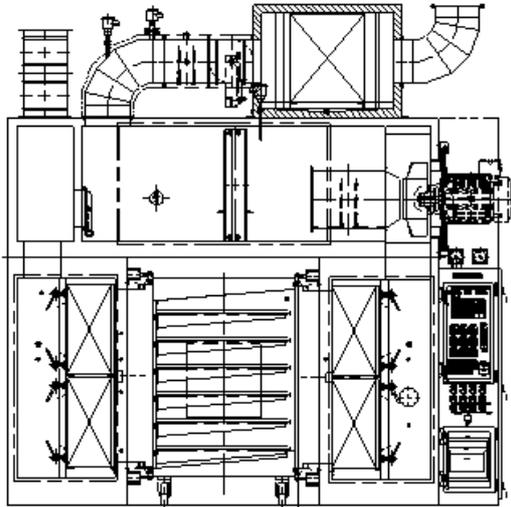
3-12-2 キャスターもぐりこみ方式

車輪を乾燥機の床下に潜り込むようにして、トレイ部分だけが機内に入る構造です。



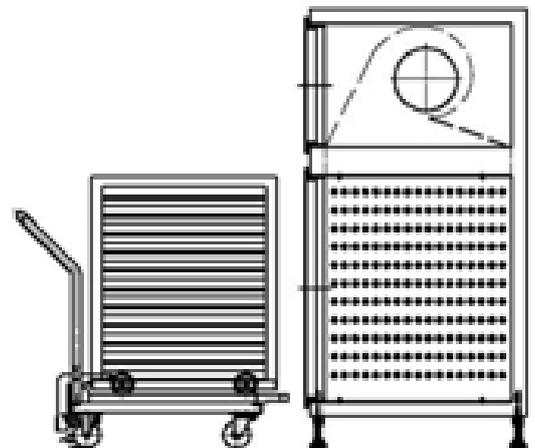
3-12-3 台車クランプ方式

保温されたダクト内にトレイが存在し、キャスター部分は風が通る部分と分離されています。本体に台車を挿入すると、両側からパッキンのついたダクトではさみ込み、シールされます。台車そのものが保温ダクトとなっており、庫内と外部が完全に遮断されます。



3-12-4 内台車、外台車方式

床面を走行する台車の上に、乾燥室内を走行するトレイ用の内台車を乗せ、乾燥機にトレイ台車だけを入れる構造です。乾燥機に外台車を連結させ、ストッパーを解放して内台車を押し込んでセットします。



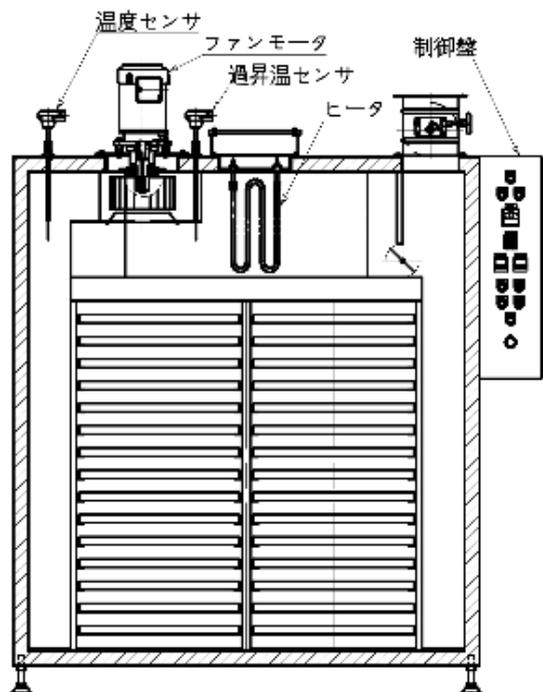
4. 乾燥機の制御

4-1 標準的制御

乾燥機の制御対象は主にファンとヒータです。弊社の乾燥機の場合、タイマ制御のものは起動釦を押すだけで自動的に時間経過すると停止します。また、ファンが回っているときだけヒータが入るようにしています。

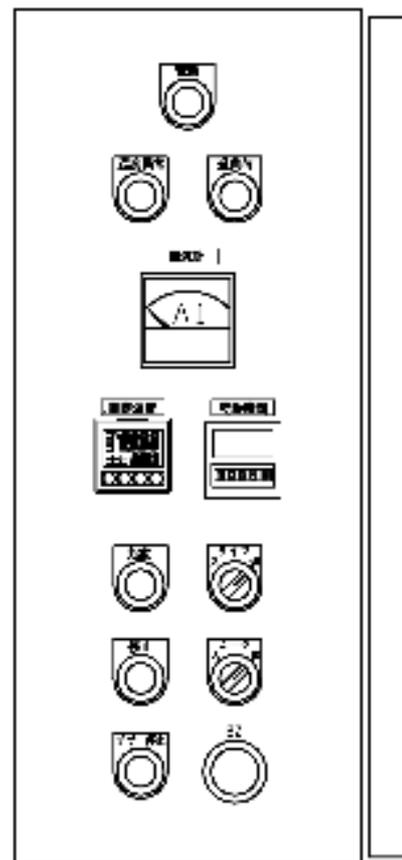
乾燥温度を一定にするために、電子式デジタル温度調節器を使用しています。客先の指定により、サイリスタやSSC（リット・ステートコンタクト）、モーターバルブ、ポジション付のダイヤフラムバルブなどを使用することもあります。

操作スイッチは出来るだけ少なくして、操作がシンプルになるように照光式を使用しています。また、温度調節器、タイマなどの計器はデジタル式を使用して、正確な制御が出来るようにしています。



4-2 制御盤の操作スイッチ

電源	電源が入ると点灯します。
温度異常	ヒータ温度が上限を超えると点灯します。 制御温度から設定された温度を逸脱すると点灯します。
過負荷	ファンのサーマルが作動したときに点灯します。
電流計	乾燥機の現在の電流を表示します。
制御温度	乾燥させる熱風の温度を調節します。
起動	ファンの起動ボタンで起動すると点灯します
停止	ファンが停止します。
ブザー停止	異常時のブザーを停止させます。
タイマ 切 入	タイマをセットするスイッチです。タイマでセットされた時間が経過した後に運転が終了します。
ヒータ 切 入	ヒータの入切スイッチです。このスイッチが入っていてもファンが停止している場合、ヒータは入りません。



4-3 制御オプションについて

4-3-1 過昇温制御

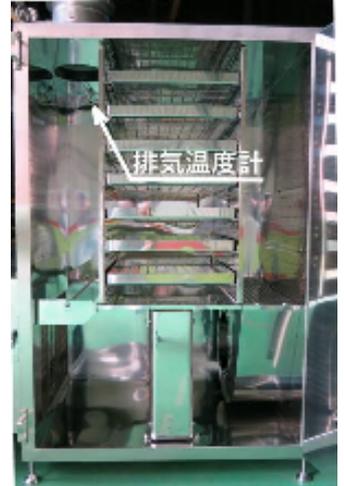
オプションではなく標準的に設置しています。

ヒータの下流すぐの位置に温度センサを設け、制御と別系統で温度を測定し、温度が上がりにすぎること防止しています。



4-3-2 排気温度計

排気口の温度を測定して表示、または機械停止をします。乾燥物の水分が下がると排気温度が上昇します。排気温度を見ると、乾燥途中なのか、終了しているのか判断することができます。



4-3-3 送風タイマ

乾燥初期にヒータを入れずにファンだけ回します。

庫内の有機溶剤濃度を下げる目的で使用します。

4-3-4 ファン回転制御

モータの回転数を変えて風量を制御します。通常はインバータの周波数を変更します。

直結型のファンの場合、仕様の風量を得るのに必要となります。

特に飛散し易い粉などの乾燥に有効です。



4-3-5 風速計

循環風量、排気風量を測定することができます。

熱線の温度差で風速の信号を出すセンサがあります。

ピトー管を取り付けその差圧により風速を計測し、変換器で電気信号に変えます。



4-3-6 現場温度計

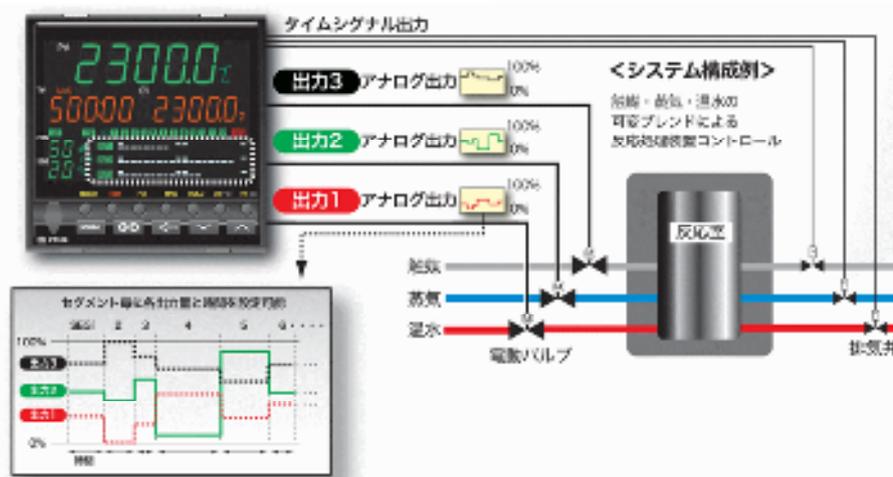
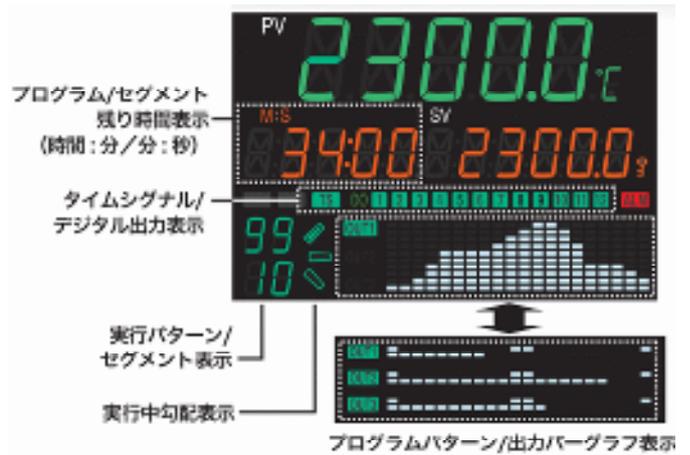
電気信号とは関係なく、乾燥機内の温度をバイメタル式または膨張式の温度計で表示します。



4-3-7 プログラム制御

プログラム調節器を使用し、乾燥温度を時間的に変化させたり、外部からの信号でプログラムの進行を待たせたり、プログラムの進行に合わせて外部に信号出したりということが出来るようになりました。

これを利用して乾燥工程と焼成工程を切り替えたり、ダンパのコントロールのための信号を出したり、品物の温度が設定値に達するまでその状態を保持したりというようなことが特別な回路を組まなくても可能になりました。



4-3-8 伝送出力

乾燥機内の温度や湿度などのアナログ情報を電流信号に変換し、関連する計器に信号を送ります。

4-3-9 シーケンサ、タッチパネル

シーケンサとタッチパネルを使用し、装置内のアナログ信号とデジタル信号をシーケンサに取り込んで、運転状態を完全にモニタ出来、自由な条件で制御することが出来ます。通常のリレーで行っていた制御のほかに、温湿度のプログラム制御やダンパの開度制御、インバータ制御、上位との通信、及びロギングファイルの作成など、電気信号になるものはすべて統合化して制御することが出来ます。

また、インターロックや手動操作、入出力信号状態など、装置の情報が得やすいため、メンテナンスが楽になります。

ただ、医薬品向けの場合コンピュータシステムバリデーションが必要になります。

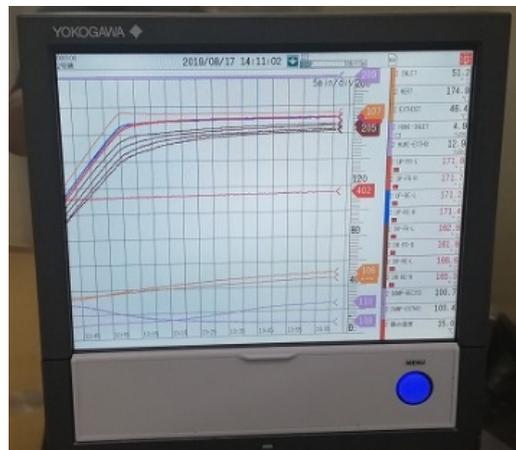


4-3-10 温度記録

品質管理のために記録計を取り付ける場合も増えています。乾燥室内の各部に温度センサを取り付けて温度のばらつきを測定し、排気温度で乾燥具合を知るといったこともあります。また、ハイブリッド型の記録計を使用すれば温度センサ入力と同時に電圧や電流も任意のスパンで記録出来るため、設定温度、湿度信号、ダンパ開度、出力電流、オンオフ信号など電気に置き換えられる情報であれば何でも記録することが出来ます。

また、工場のFA化ということで乾燥機の状態を集中制御室でモニタすることも増えています。

温度や湿度などの情報を LAN やシリアル信号の形でリアルタイムに送ることが可能です。



4-3-11 湿度の制御

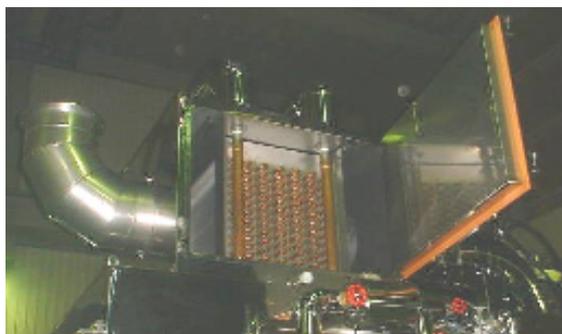
湿度センサ

耐熱湿度センサや、湿球温度変換機など高温の乾燥室や防爆条件でも制御可能なものを使用します。



4-3-12 除湿機

給気部分に冷却用熱交換器（クーラ）を取付けて、湿った空気を露滴させ、空気中の水分を取り除きます。



4-3-13 加湿機

クリーン蒸気吹込式、二流体ノズル、超音波発信式などで空気中に蒸気を吹き込みます。



4-4 乾燥機の防爆

4-4-1 熱源

有機溶媒を使用する場合、熱源は蒸気か熱媒体を使用し、熱源がガスに接触する温度を、ガスの発火点以下にしています。電熱ヒータを使用する場合、仮に表面温度を制御出来たとしても、機器の故障等で発火点を超えてしまうおそれがあるので、通常は採用しません。

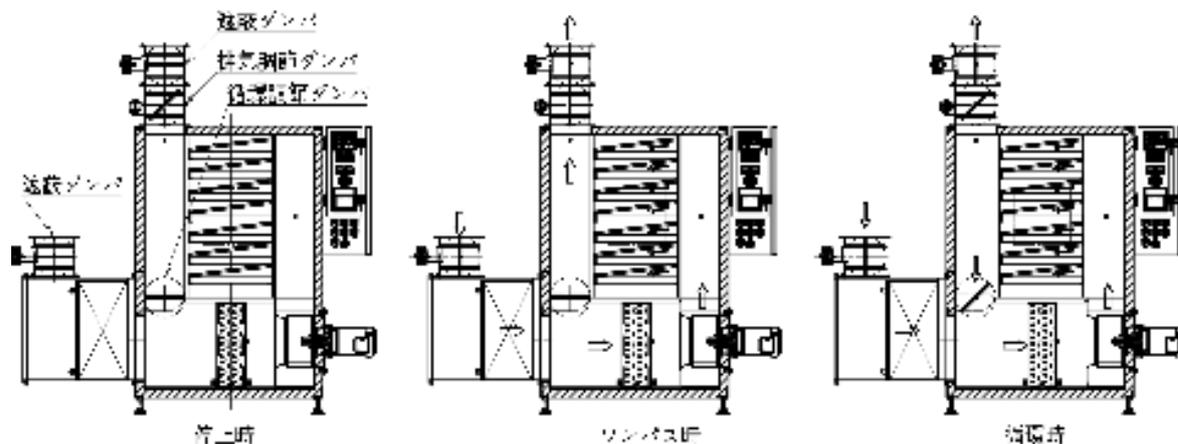


4-4-2 ワンプス乾燥

乾燥機内に危険雰囲気存在させないようにする方法として、風の流れをワンプスにして乾燥空気をすべて排気すれば爆発性ガスが熱源と接触しないので安全です。しかし、循環運転に比べ非常に大きな熱源が必要となるので、比較的乾燥時間の長い箱型乾燥機には向きません。

4-4-3 ガス検知器

まず、危険雰囲気の存在を知るためにガス検知器を設置します。ガス濃度が爆発下限界の25%を越えると、ヒータを停止させ、温度の上昇を押さえます。またワンプス循環切替可能な装置については、ワンプスにしてヒータ停止と同時に大量のフレッシュエアを送り込みます。こうすれば、乾燥初期において、ヒータが入らずにワンプス送風運転になり、急速に冷却され、濃度の上昇が抑えられます。溶剤濃度が下がると循環加熱運転となります。溶剤発生速度が上がったとしても再び、ワンプス常温運転に切り替えられます。実際には、初期ワンプス運転をタイマと併用するので、循環運転に入れば、溶剤濃度が上がることは少ないです。



4-4-4 爆発放散口

もし爆発したときの対策として、爆発放散口を設けます。爆発しても、爆風が爆発放散口以外に吹きでないように、乾燥機を頑丈にし、内圧が基準値よりも上昇しないように、その扉の面積を大きくします。設計基準値として内圧20kPaで開放します。また、爆発放散ダクトを設け、爆発放散口が開放したときに、爆風を屋外に逃がし、作業室に影響がないようにします。また、その形状はストレートとし、開放したときに、圧力が即時に逃げるように、ベンドにならないようにします。

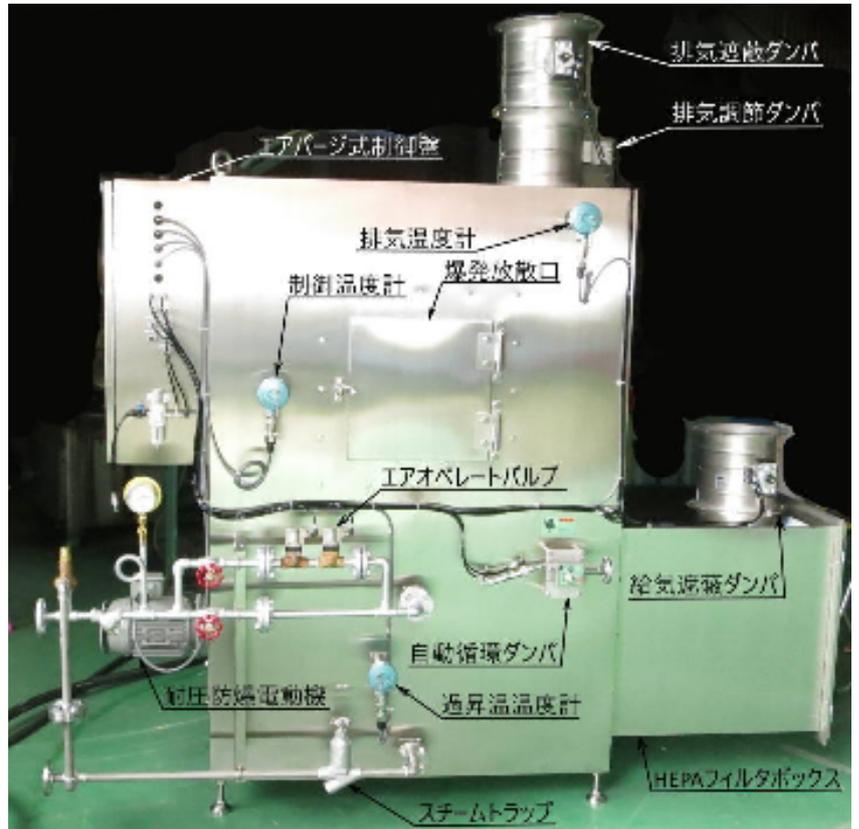
4-4-5 静電気対策

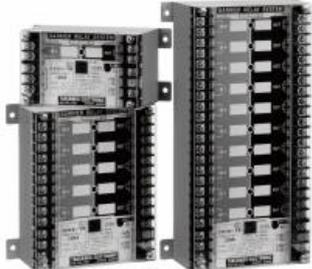
点火源として、静電気も考慮しなくてはなりません。乾燥機から静電気を除去するために、アースラグを設けて接地抵抗が100Ω以下になるように接地し、電氣的に浮いた部分がないようにします。乾燥した粉と飛散防止布に静電気がたまることがあり、乾燥した粉体を飛散防止布から取り出す場合に2KV以上になることがあります。

4-4-6 防爆機器

使用する防爆機器であるが、原則的に防爆指針に適合した機器を使用し、防爆の考え方にそって設計します。電動機は安全増防爆または耐圧防爆型を採用します。電磁弁、温度センサ等は耐圧防爆型を使用しています。配線は安全増防爆または耐圧防爆型としています。通常、乾燥機が設置される場所は第二類危険場所ですので、電動機、配線などは安全増が採用されることが多いですが、電動機を変速するのにインバータを使用する場合、安全増では対応出来ず、耐圧防爆型となります。

制御盤は内圧防爆構造に準じ、エアパージを行い、爆発性雰囲気から保護気体により隔離し点火源を共存させないようにしています。



	 <p>耐圧防爆モータ</p>	 <p>耐圧防爆リミットスイッチ</p>	 <p>耐圧防爆電磁弁</p>
<p>耐圧防爆センサ</p>	 <p>安全増防爆モータ</p>	 <p>本質安全防爆バリア</p>	 <p>エアオペレートバルブ</p>

5. 乾燥機設計上の留意点

5-1 高温対策

医薬向けの乾燥機の場合、機内の温度は100℃を超えることは少ないですが、やけどをする温度には達するので、きちんとした保温が必要になります。本体の保温の厚みは標準仕様で50mmにしています。ヒータ加熱防止装置を設け、制御装置が破損しても、加熱しないように、ヒータの温度を制御と別系統のセンサで検出して、ヒータを切ります。

5-2 回転部分

フルオープンタイプの場合、洗浄性を考慮して、回転体がむき出しになっているため、扉を開けたときに、それが動作しないようにインターロックのスイッチを設けます。また、ファンユニット開閉式の装置も同様にスイッチを設けます。

5-3 循環運転

循環ダンパを全て閉め、排気ダンパを全て開けるとワンパス運転となります。流動層のように乾燥速度が高いものは、ワンパス運転が有効です。しかし箱型乾燥機の場合、乾燥速度が遅く、空気が粉体を通過することによる水分移動と温度低下は流動層に比べ緩慢であるため、ワンパス運転では高温で水分量が低い乾燥した空気を大量に捨ててしまうので不経済です。したがって、循環運転することで、排気量を減らし、熱効率を上げています。

5-4 十分な保温

省エネの観点から乾燥機本体や高温部の保温を行い、装置の表面を常温に保ち、熱ロスを押さえ込んでいます。

5-5 全溶接構造

乾燥機本体は出来るだけ全溶接を行い、水洗いしても大丈夫なように水槽のような構造にしています。また、材質は全てステンレスにすることにより、錆の発生を抑え、乾燥物に影響を与えません。

5-6 外気の季節変動対策

医薬品の乾燥の多くは、絶対湿度を10g/kgDA程度で、露点温度14℃程度の条件の空調された部屋の空気を基準にしています。年間通して一定の状態乾燥させるためには、調湿操作が必要になります。

梅雨時や雨が降って外気の湿度が高い場合、除湿しなくてはなりません。

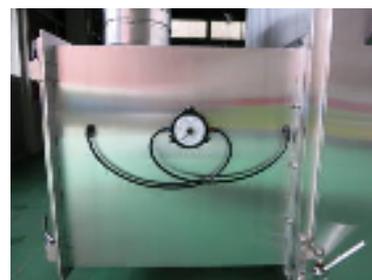
給気を熱交換器で冷却し露滴させて除湿するか、吸着式除湿器を使用します。

逆に、外気温度が低い場合、湿度が低下します。その空気を取り込み加熱すると、平衡水分値が下がり、過乾燥となります。対策としてピュアスチームを吹き込むか、純水をスプレーし加湿します。

乾燥機の場合、空気を加熱し温度調節するので、取り込まれる空気の温度はさほど重要ではなく、絶対湿度が重要となります。

5-7 目詰まりによる風量低下対策

ヘパフィルターの目詰まりによる風量低下を防止するために、その圧損をマンオメータで表示し、交換時期を判断出来るようにします。また風量がモニタされていることと風量を調節することで、乾燥条件の変動を防ぐことが出来ます。



5-8 正確な計器

各計器のキャリブレーションが容易なように配慮した設計にしています。温度センサなどが取り外し易いようにヘルールクランプなどで固定したり、床に置かれたキャリブレータや恒温槽、測定器類までセンサが届くように配線を長くしたりしています。

5-9 制御安定性

医薬向け箱型乾燥機の場合、熱源を蒸気とする事が多く、夏場、吸気温度が高いと乾燥温度がハンチングをおこし、制御したい温度よりも高くなる場合があります。乾燥温度を一定にするために、熱交換機の高さを最適に設計する事はもちろんですが、80℃のワンパス運転でも、40℃程度の低温における循環運転でも安定した制御が出来なければなりません。そのため、操作量の上限值を調整することがあります。

5-10 トレイの乾燥ムラ

また、各トレイの温度ムラも重要な問題です。箱型乾燥機の場合、空気が熱交換機を通過した時点では、流れの位置による温度のばらつきが大きいので、熱交換機の二次側にファンを配置し、吸い込んだ空気を攪拌して、温度むらをなくす構造になっています。

5-11 完成検査

設計上の信頼性も大事ですが、仕様書通りの性能が出ているのかを検査するという作業が重要です。製作した装置に対して、検査計画書を作り、それに基づいて検査報告書を作成して、確認作業を行っています。



5-12 キャリブレーション

5-12-1 キャリブレーションの意味

必要とされる精度を考慮し、適切な標準器や標準試料等を用いて製造行為中に使用される計測器の表す値と真の値との関係を求めることをいいます。

装置に使用している計器類が正しいかどうか、装置設置後にセンサと計器、表示器が接続された状態で、トレーサビリティのとれた検査計器と比較し、記録します。

5-12-2 ループテスト

制御がコンピュータ化され、センサ、変換機、アナログ入力ユニット、シーケンサ、表示器（GOT）、記録計、データログ等、システムが多くの要素により構成されているため、パラメータの設定やソフトウェアも含めて正しいかどうか検証するためにはループテストが必要です。

5-12-3 対象計測機器

温度計、湿度計、差圧計、圧力伝送器、圧力計、ガス検知器、タイマ、記録計

5-12-4 検査機器

検査機器はトレーサビリティ体系図が存在し、校正証明書に定められた有効期限内の物を使用します。

5-12-5 ドキュメント

検査概要	: 検査目的、摘要範囲、実施体制、不具合処理
実施手順書	: 校正した手順、検査回路構成
検査記録書	: 日時、場所、校正の結果（校正データ・許容値との適否）
校正証明書	: 対象機器の識別（機器名・管理番号・メーカー・型式 etc.）
トレーサビリティ体系図	: 校正に使用した標準器のトレース

5-12-6 校正のための工夫

ユーザにて定期的にキャリブレーションを行うため、センサ類の着脱や移動が簡単でなくてはなりません。温度計の場合、キャリブレータにセットするために移動させる距離に見合うケーブル長さを確保することは、忘れがちなことでありますが、現場での作業性の観点から必要です。

