

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4302889号
(P4302889)

(45) 発行日 平成21年7月29日(2009.7.29)

(24) 登録日 平成21年5月1日(2009.5.1)

(51) Int.Cl.

F 1

F26B 13/10 (2006.01)

F26B 13/10

B

F26B 3/20 (2006.01)

F26B 3/20

F26B 13/14 (2006.01)

F26B 13/14

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-549895 (P2000-549895)
 (86) (22) 出願日 平成11年5月12日 (1999.5.12)
 (65) 公表番号 特表2002-515585 (P2002-515585A)
 (43) 公表日 平成14年5月28日 (2002.5.28)
 (86) 國際出願番号 PCT/US1999/010400
 (87) 國際公開番号 WO1999/060319
 (87) 國際公開日 平成11年11月25日 (1999.11.25)
 審査請求日 平成18年5月12日 (2006.5.12)
 (31) 優先権主張番号 09/080,914
 (32) 優先日 平成10年5月18日 (1998.5.18)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 599056437
 スリーエム イノベイティブ プロパティ
 ズ カンパニー
 アメリカ合衆国 55133-3427
 ミネソタ州, セント ポール, スリーエム
 センター ポスト オフィス ボックス
 33427
 (74) 代理人 100077517
 弁理士 石田 敬
 (74) 代理人 100092624
 弁理士 鶴田 準一
 (74) 代理人 100082898
 弁理士 西山 雅也
 (74) 代理人 100081330
 弁理士 樋口 外治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】基板と加熱プラテンとの間に絶縁層を用いる間隙乾燥

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

間隙乾燥システムにおいて、
 被覆側と非被覆側とを有する移動基板と、
 前記移動基板の前記非被覆側に配置される加熱プラテンと、
 前記移動基板の前記被覆側に配置される凝縮プラテンと、
 前記加熱プラテンと前記移動基板の前記非被覆側との間に配置される非流体の絶縁層と
 、
 を具備することを特徴とする間隙乾燥システム。

【請求項2】

被覆側と非被覆側とを有する基板を乾燥させる方法において、
 前記基板の前記非被覆側に第1プラテンを配置するステップと、
 前記第1プラテンと前記基板の前記非被覆側との間に非流体の絶縁層を配置するステップと、
 凝縮面を有する第2プラテンを前記基板の前記被覆側に配置するステップと、
 前記第1プラテンを加熱して、前記基板の前記被覆側から液体を蒸発させて被覆用蒸気を生成するステップと、
 前記被覆用蒸気を前記第2プラテンの前記凝縮面上で凝縮させるステップと、
 前記第1プラテンと前記第2プラテンとの間で前記基板を移動させるステップと、
 を備えることを特徴とする方法。

10

20

【請求項 3】

第1側と該第1側に隣接する第2側とを有する移動基板の、該第1側の液体を乾燥させる間隙乾燥装置において、

凝縮プラテンと、

前記凝縮プラテンに隣接して配置される加熱プラテンと、

前記凝縮プラテンと前記加熱プラテンとの間に配置される非流体の絶縁層とを具備し、

前記凝縮プラテンと前記絶縁層との間に、移動基板が通過進行可能な間隙が形成されること、

を特徴とする間隙乾燥装置。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】**技術分野**

本発明は、広くは基板上の液状被膜を乾燥させる方法及び装置に関し、更に詳しくは、加熱プラテン上を移動する基板を有し、基板と加熱プラテンとの間に薄い流体層が典型的に封じ込まれる間隙乾燥システムに関する。

【0002】**発明の背景**

ウェブなどの被覆基板の乾燥には、一般に、被膜から液体を蒸発させるために被覆基板を加熱することが必要である。蒸発した液体は除去される。被覆基板のための代表的な従来の衝突乾燥システムにおいては、移動基板の一面または両面に空気を衝突させるために一面または二面衝突乾燥技術が利用される。かかる従来型の衝突乾燥システムにおいては、空気は、基板を支えて加熱し、また基板の被覆面と非被覆面との両方に熱を供給することができる。従来型乾燥技術の詳細な検討は、E. Cohen and E. Gutfoff, *Modern Coating and Drying Technology* (VCH publishers Inc., 1992) を参照のこと。本明細書中に参照により盛り込まれるHuelsman他の米国特許第5,581,905号およびHuelsman他の米国特許第5,694,701号などに教示されるように、間隙乾燥システムにおいては、ウェブなどの被覆基板は、一般に、固体面と接触することなく間隙乾燥システム内を移動する。一つの間隙乾燥システムの構成においては、溶剤を蒸発させるために熱が移動ウェブの裏側に供給され、冷却されたプラテンが凝縮により溶剤を除去するために移動ウェブの上に配置される。この間隙乾燥システムは、溶剤回収と、環境への溶剤排出量の低減と、制御された比較的安価な乾燥システムを供する。同間隙乾燥システムにおいて、一般に、ウェブは空気などの流体により支持される乾燥システム内を移動するが、それによりウェブ上に掻き傷ができることが回避される。

20

【0003】

衝突乾燥システムの場合、移動ウェブを非接触に動かすための先のシステムは、一般に、空気噴流をウェブに対して衝突させる空気噴流ノズルを用いる。熱の大半は、一般に、空気噴流ノズルからの空気流が高速であるために、対流によりウェブの裏側に伝達される。多くの衝突乾燥システムは、また、熱をウェブの表面に伝達することができる。衝突乾燥システムにおいて空気流は著しく不均一であり、それは不均一な熱伝達係数をもたらす原因となる。熱伝達係数は、衝突ゾーンと呼ばれる空気噴流ノズル近傍の領域では比較的大きい。熱伝達係数は、空気流の速度がはるかに遅く表面に対して接線方向である空気噴流ノズルから離れた領域では、比較的低い。不均一な熱伝達係数は、乾燥上の欠陥をまねき得る。加えて、ウェブの裏側に供給されるエネルギー量を均一に調節するのは、空気流に乱れがありかつ複雑であることから困難である。乾燥速度に対する操作パラメーターの実際の効果は、通常、広範にわたる試行錯誤の実験の後に初めて判定される。

30

【0004】

ウェブに対するいっそう均一な熱伝達係数を得る一つの方法は、加熱プラテンと移動ウェブとの間の流体層を介した伝導により、加熱プラテンからウェブの裏側にエネルギーを供給することである。ウェブの裏側に供給されるエネルギー量は、加熱プラテンの温度と、

40

50

加熱プラテンと移動ウェブとの間の流体層の厚さとの関数である。この場合において、熱伝達係数は、加熱プラテンと移動ウェブとの間の距離に逆比例する。ゆえに、衝突乾燥システムにより得られるものと同様の大きな熱伝達係数を得るためにには、移動ウェブと加熱プラテンとの間の距離は非常に短くなければならない。多くの応用例において、ウェブに搔き傷ができるのを避けるために、ウェブは加熱プラテンに触れてはならない。しかしながら、幾つかの応用例においては、ウェブと加熱プラテンとの接触の程度はウェブ被覆材料からつくられる製品にとって有害とはならず、しかも高い熱伝達率が必要とされ、又は所望される。このような他のタイプの応用例においては、ウェブを加熱プラテンに接触させることができるように、十分な量の流体層を計量できることが好都合である。

【0005】

10

ある間隙乾燥システム応用例においては、流体層を介する加熱プラテンから移動ウェブへの熱伝達は不均一となる。かかる応用例においては、加熱プラテンから移動ウェブへの不均一な熱伝達は、基板上の被覆の不均一な乾燥を生じさせ、それにより、乾燥された被覆ウェブ上に乾燥模様が生じる。

【0006】

上述の理由から、また、本明細書の好ましい実施形態の説明の項に更に詳しく記される理由から、移動する被覆基板へのより均一な熱伝達、および基板上の被覆のより均一な乾燥をもたらし、それによって、不均一な熱伝達により生じる被覆基板上の乾燥模様の発現を低減する乾燥システムが所望される。加えて、熱伝達および乾燥速度をいっそう容易に制御する乾燥システムが要求されている。

20

【0007】

発明の概要

本発明は、被覆側と非被覆側とを有する基板を間隙乾燥するシステムおよび方法を提供する。加熱プラテンが基板の非被覆側に配置される。凝縮プラテンが基板の被覆側に配置される。絶縁層が、加熱プラテンと基板の非被覆側との間に配置される。基板は、加熱プラテンと凝縮プラテンとの間で動かされる。

【0008】

一実施形態においては、流体層が基板と絶縁層との間に配置される。別の実施形態においては、裏側クリアランス距離は基板の非被覆側の底面と加熱プラテンの上面との間で定義され、絶縁層が裏側クリアランス距離を埋める。

30

【0009】

一実施形態において、絶縁層は加熱プラテンと基板との間で動かされる。この実施形態において、絶縁層は、基板が動かされる方向と反対の方向に動かされる。

【0010】

絶縁層は、好ましくは、加熱プラテンの熱伝導率よりも低い熱伝導率を有する材料を備える。

【0011】

本発明の間隙乾燥システムおよび方法は、従来の間隙乾燥システムよりも、さらに均一な移動被覆基板への熱伝達と、さらに均一な基板上の被膜の乾燥とをもたらす。かくて、本発明の間隙乾燥システムは、不均一な熱伝達により引き起こされる被覆基板上の乾燥模様の発生を低減させる。加えて、本発明の間隙乾燥システムは、被覆基板への熱伝達および被覆基板の乾燥速度を調整するのに利用できる。

40

【0012】

好ましい実施形態の説明

下記の好ましい実施形態の詳細な説明において、添付の図面について言及する。これらの図面は実施形態の説明の一部を成し、発明を実践する特定の実施形態が図解により示されている。他の実施形態が用いられてもよく、本発明の範囲を逸脱することなく構成上あるいは理論上の変更が行われてもよいと理解されるべきである。以下の詳細な説明は、ゆえに、限定的な意味に解釈されるべきではなく、本発明の範囲は、添付の請求の範囲により定義される。

50

【0013】

従来の間隙乾燥システム 従来の間隙乾燥システムが全体として参考番号110により図1および図2において示される。間隙乾燥システム110は、上記したHuelsman他の特許第‘905号および第‘701号に開示される間隙乾燥システムと類似している。間隙乾燥システム110は、加熱プラテン114から離間配置された凝縮プラテン112を備える。一実施形態において、凝縮プラテン112は冷却される。被膜118を有する移動する基板またはウェブ116が、凝縮プラテン112と加熱プラテン114との間を矢印119で示される方向にウェブ速度Vで移動する。基板またはウェブの材料の例は、紙、フィルム、プラスチック、箔、布帛および金属である。加熱プラテン114は間隙乾燥システム110内で静止している。加熱プラテン114はウェブ116の非被覆側に配置され、通常はウェブ116とプラテン114の間に、図4において132で示される小さな流体クリアランスがある。凝縮プラテン112はウェブ116の被覆側に配置されている。凝縮プラテン112は、静止していても可動でもよいが、被覆面の上方かつ近傍に配置される。凝縮プラテン112を配置することにより、被覆ウェブ116の上に実質的平坦な小さい間隙120が形成される。

【0014】

加熱プラテン114は、ウェブ116の下に対流の力を作用させる必要性を排除する。加熱プラテン114は、実質的にウェブ116を通過する対流なくして熱を被膜118に伝達し、液体を被膜118から蒸発させ、それにより被膜を乾燥させる。熱は一般に、主として伝導により、また僅かに放射および対流により伝達され、高い熱伝達率を達成する。これにより、液体はウェブ116上の被膜118から蒸発する。被膜118から蒸発した液体は次に、ウェブ116と凝縮プラテン112との間に形成される間隙120を横切って移動し、凝縮プラテン112の凝縮面122上に凝縮する。間隙120は、矢印h₁により示される高さを有する。

【0015】

加熱プラテン114は、機能的被膜により選択的に表面処理される。機能的被膜の例には、ウェブ116および/またはプラテン114の機械的摩耗や損耗を最小にする被膜、清浄度を改善する被膜、放射熱伝達の効果を増すための選択された射出性を有する被膜、並びに選択された電気的および/または選択された熱的特性を有する被膜が含まれる。

【0016】

図3は凝縮プラテン112の断面図を示す。図示のごとく、凝縮面122は、毛管力を利用して凝縮液をエッジプレート126に至るまで横方向に移動させる、横断方向への開渠あるいは溝124を有する。他の実施形態においては、溝124は、長手方向あるいは他の方向に向いている。

【0017】

凝縮液は、溝124の端に達すると、それはエッジプレート126と凝縮面122との間の内部境界コーナー127と交差する。液体は内部境界コーナー127に集まり、重力が毛管力を上回り、液体が薄膜または液滴128として、同様に毛管面を有することができるエッジプレート126の面を流下する。エッジプレート126は、溝を有する凝縮面のみならずあらゆる凝縮面を有するものとして用いることができる。凝縮液滴128は、各エッジプレート126から流れ落ち、随意、集液装置130などの集液装置によって集められる。集液装置130は凝縮液滴を容器(図示せず)に導く。あるいは、凝縮液を凝縮プラテン112から除去せずに、ウェブ116に戻るのを防止する。図示のごとく、エッジプレート126は凝縮面122に対してほぼ直角であるが、エッジプレート126は凝縮面122に対して他の角度を成してもよい。エッジプレート126は、滑らかで、毛管作用を有する多孔質の媒体、あるいはその他の表面を有してもよい。

【0018】

あるいは、凝縮液がウェブ116に戻るのを防ぐために、凝縮面122から凝縮液を移動させる他の機構が用いられる。例えば、ワイヤー、ベルトまたはスクレーパーあるいはそれらの組み合わせなどの機械的装置を、プラテンの代わりに用いて凝縮液を除去してもよ

10

20

30

40

50

い。一実施形態においては、凝縮面 122 上の複数のフィンが凝縮液を除去するのに用いられる。一実施形態においては、重力を用いて流体を流れさせるために凝縮面 122 を傾ける。毛管面は、重力を利用する前、あるいはその代わりに、液体をより高い位置に押し上げるか圧送するために用いられてもよい。さらに、凝縮面 122 を毛管面として形成することは、凝縮液の除去を容易にする。

【0019】

加熱プラテン 114 と凝縮プラテン 112 は、随意に流路などの内部通路を備える。熱伝達流体は、随意に、外部加熱システム（図示せず）によって加熱され、加熱プラテン 114 内の内部通路を通じて循環させられる。同一あるいは異なる熱伝達流体は、随意に、外部冷却器により冷却されるか、凝縮プラテン 112 内の通路を循環させられる。加熱プラテン 114 および冷却プラテン 112 用として、他の多くの適当な公知機構が存在する。 10

【0020】

図 4 は、従来の間隙乾燥システム 110 の概略側面図であり、いくつかのプロセス変数を図示する。凝縮プラテン 112 は温度 T_1 に設定され、この温度 T_1 は周囲温度より高い場合も低い場合もある。加熱プラテン 114 は温度 T_2 に設定され、この温度 T_2 は周囲温度より高い場合も低い場合もある。被覆ウェブ 116 は変温 T_3 により定義される。

【0021】

凝縮プラテン 112 の底面（凝縮面 122）と加熱プラテン 114 の上面との間の距離は、矢印 h により示される。凝縮プラテン 112 の底面とウェブ 116 の表（被覆）側の上面との間の表側間隙距離は、矢印 h_1 により示される。ウェブ 116 の裏側（非被覆側）の底面と加熱プラテン 114 の上面との間の裏側クリアランス距離は、矢印 h_2 により示される。かくて、ウェブ 116 の位置は、距離 h_1 および h_2 により定義される。また、距離 h は、 h_1 と h_2 と被覆ウェブ 116 の厚さとを合計したものに等しい。 20

【0022】

ウェブ 116 への熱伝達は、主として伝導により、そして多少は対流および放射により、加熱プラテン 114 と移動ウェブ 116 との間の薄い流体層 132 を介して、エネルギーをウェブ 116 の裏側に供給することにより得られる。流体層 132 の例には、空気、イオン化空気および窒素が含まれるが、それらに限定されるものではない。ウェブ 116 の裏側に供給されるエネルギー量は、プラテン温度 T_2 と、矢印 h_2 で示される流体層 132 の厚さとにより決定される。伝導が支配的であると仮定すれば、エネルギー束（ Q ）は下式 I により与えられる。 30

式 I

$$Q = k_{FLUID} (T_2 - T_3) / h_2$$

式中、 k_{FLUID} は流体の熱伝導率、

T_2 は加熱プラテン温度、

T_3 はウェブ温度、そして

h_2 は、ウェブの底（非被覆）面と加熱プラテンの上面との間の裏側クリアランス距離である。

【0023】

式 I は、 k_{FLUID} / h_2 に等しい簡略化された熱伝達係数を含む。式 I の熱伝達係数の部分によれば、比較的短い裏側クリアランス距離 h_2 により、いっそう大きな熱伝達係数が得られる。間隙乾燥システム 110 の多くの応用例においては、ウェブ 116 に掻き傷ができるのを防ぐためにウェブ 116 は加熱プラテン 114 と接触してはならない。しかしながら、間隙乾燥システム 110 のいくつかの応用例においては、ウェブ 116 と加熱プラテン 114 との間の接触の程度は、ウェブ 116 により被覆される材料から製造される製品に対して不利益を被らせるものではなく、しかも高い熱伝達率が必要とされ、または所望される。間隙乾燥システム 110 のこれらの他の種類の応用例において、ウェブ 116 が加熱プラテン 114 に接触することを可能ならしめるために十分な量の流体層 132 を計量する能力を有することが有利である。裏側クリアランス距離 h_2 の実例範囲は、（ウェブを引っ張るために）ほぼゼロから 0.1 インチ、またはそれ以上である。 40

【0024】

式Iの簡略化された熱伝達係数の部分は、加熱プラテン114と移動ウェブ116との間の裏側クリアランスにおける流体の流れが層流であるように、裏側クリアランス距離 h_2 が十分に小さいときに適用される。ウェブ116の裏側の熱伝達係数は、他のあらゆる放射伝熱の働きに加えて、流体の熱伝導率(k_{FLUID})と裏側クリアランス距離 h_2 との関数である。

【0025】

表側間隙 h_1 が間隙乾燥状態で層流を確保するのに十分に小さいと仮定すると、ウェブ116の表側被覆面から凝縮プラテン112への溶剤の物質移動は、下式IIで示されるように、流体中の溶剤の拡散係数($D_{i,fluid}$)と表側間隙 h_1 との関数である。 10

式II

$$k g_i = (D_{i,fluid} M w_i P_{atm}) / (h_1, R T_1)$$

式中、 $k g_i$ は溶剤 i の物質移動係数、

$D_{i,fluid}$ は流体内の溶剤 i の拡散係数、

$M w_i$ は溶剤 i の分子量、

P_{atm} は大気圧、

h_1 は凝縮プラテンの底面とウェブの表(被覆)側の上面との間の表側間隙距離、

R はガス定数、そして

T_1 は凝縮プラテン温度である。 20

【0026】

上記の式Iおよび式IIは、従来の間隙乾燥システム110の定速タイプの乾燥モデルを導くのに用いることができる。式Iおよび式IIより導かれる間隙乾燥システム110のかかる定速タイプの乾燥モデルの一例は、図5にグラフで示されている。図5において、凝縮プラテン温度 $T_1 = 18.33$ であり、加熱プラテン温度 $T_3 = 60.0$ である。またウェブ温度 T_3 は、以下の曲線で表されるように、表側間隙距離 h_1 と裏側クリアランス距離 h_2 との様々な値について、間隙乾燥システム110の時間に対比してプロットされている。

$h_1 = 0.187$ インチおよび $h_2 = 0.001$ インチの曲線42、

$h_1 = 0.150$ インチおよび $h_2 = 0.001$ インチの曲線44、

$h_1 = 0.125$ インチおよび $h_2 = 0.001$ インチの曲線46、 30

$h_1 = 0.100$ インチおよび $h_2 = 0.001$ インチの曲線48、

$h_1 = 0.187$ インチおよび $h_2 = 0.002$ インチの曲線52、

$h_1 = 0.150$ インチおよび $h_2 = 0.002$ インチの曲線54、

$h_1 = 0.125$ インチおよび $h_2 = 0.002$ インチの曲線56、

$h_1 = 0.100$ インチおよび $h_2 = 0.002$ インチの曲線58、

$h_1 = 0.187$ インチおよび $h_2 = 0.010$ インチの曲線62、

$h_1 = 0.150$ インチおよび $h_2 = 0.010$ インチの曲線64、

$h_1 = 0.125$ インチおよび $h_2 = 0.010$ インチの曲線66、

$h_1 = 0.100$ インチおよび $h_2 = 0.010$ インチの曲線68、

$h_1 = 0.187$ インチおよび $h_2 = 0.020$ インチの曲線72、 40

$h_1 = 0.150$ インチおよび $h_2 = 0.020$ インチの曲線74、

$h_1 = 0.125$ インチおよび $h_2 = 0.020$ インチの曲線76、

並びに、

$h_1 = 0.100$ インチおよび $h_2 = 0.020$ インチの曲線78。 50

【0027】

図5に示されるモデル結果は、裏側クリアランス距離 h_2 に基づく4つの異なる曲線グループを示している。それらは、 $h_2 = 0.001$ インチである曲線グループ40、 $h_2 = 0.002$ インチである曲線グループ50、 $h_2 = 0.010$ インチである曲線グループ60、および $h_2 = 0.020$ インチである曲線グループ70である。これらグループの各々の中で、表側間隙距離 h_1 が増大するにつれて、乾燥速度は低下し、ウェブ温度 T_3 は僅

かに高くなる。図5に示されるように、ウェブ温度 T_3 は、裏側クリアランス距離 h_2 が0.001インチであるとき、加熱プラテン温度 T_2 よりもほぼ2ほど低い。しかしながら、裏側クリアランス距離が0.020インチであるとき、ウェブ温度 T_3 は加熱プラテン温度 T_2 よりも約20ほど低い。

【0028】

図5は、また、裏側クリアランス距離 h_2 が大きくなるにつれて実質的に乾燥速度が低下することを図式的に示している。したがって、裏側クリアランス距離 h_2 における変化をもたらすウェブ116の位置の偏差は、ウェブ116上の被膜118における乾燥と模様の差異を生む。加えて、被覆118内の温度差が表面張力により駆られる被膜118の流れを生じさせ、斑紋やその他の望ましくない模様を生じさせることが当業界においてよく知られている。

10

【0029】

さらに、間隙乾燥システム110の多くの応用例において、ウェブ116が裏側クリアランス距離 h_2 を橋絡して加熱プラテン114に接触することは望ましくない。ウェブ116が加熱プラテン114に接すると、熱伝達係数はウェブの大部分に対し接触点において本質的に無限である。ウェブ116と加熱プラテン114との間のこの種の接触は、ウェブ116上の乾燥被膜118内に縞状の模様を生じさせる。さらに、ウェブ116と加熱プラテン114との接触はウェブ116に掻き傷をつける可能性がある。

【0030】

図5のモデル結果は、乾燥のための名目作業条件下で、放射伝熱の効果が顕著ではないことを示している。加えて、図5に示されるモデル結果は、ウェブ温度 T_3 と乾燥速度とは、裏側クリアランス距離 h_2 の変化に対して極めて敏感であることを示している。

20

【0031】

ウェブと加熱プラテンとの間に絶縁層を有する間隙乾燥システム

本発明による間隙乾燥システムは、全体として参考番号210により図6の概略断面図に示されている。間隙乾燥システム210は、概して図1および図2に示される従来の間隙乾燥システム110と類似している。間隙乾燥システム210は、加熱プラテン(a heated plate)214から離間配置された凝縮プラテン212を備える。一実施形態において、凝縮プラテン212は冷却される。被膜218を有する移動する基板あるいはウェブ216は、ウェブ速度Vにて矢印219で示される方向に凝縮プラテン212と加熱プラテン214との間を移動する。加熱プラテン214は間隙乾燥システム210の中で静止している。従来の間隙乾燥システム110と異なり、間隙乾燥システム210は、加熱プラテン214とウェブ216の非被覆側との間に配置された絶縁材料となる絶縁層240を備える。凝縮プラテン212はウェブ216の被覆側に配置されている。凝縮プラテン212は、静止していても可動でもよいが、ウェブ216の被覆面の上方かつ近傍に配置される。凝縮プラテン212を配置することにより、被覆ウェブ216の上方に小さく実質的に平坦な間隙220が生じる。

30

【0032】

加熱プラテン214は、絶縁層240を介して熱をウェブ216に伝え、さらにウェブ216を介して被膜218に伝える。加熱プラテン214から被膜218に伝達された熱は、被膜218から液体を蒸発させ、それにより被膜を乾燥させる。被膜218から蒸発した液体は、ウェブ216と凝縮プラテン212との間に形成される間隙220を横切って移動し、凝縮プラテン212の凝縮面222上に凝縮する。間隙220は、矢印 h_1 で示される高さを有する。

40

【0033】

図3に関連して先に議論したように、凝縮プラテン212の作用は凝縮プラテン112の作用と同様である。加えて、従来の間隙乾燥システム110に関して図4に示されるプロセス変数は、概して、本発明の間隙乾燥システム210に適用される。したがって、凝縮プラテン212は温度 T_1 に設定され、それは周囲温度以上でも以下でもよい。加熱プラテン214は温度 T_2 に設定され、それは周囲温度以上でも以下でもよい。被覆ウェブ2

50

16は、変温 T_3 により定義される。

【0034】

凝縮プラテン212の底面(凝縮面222)と加熱プラテン214の上面との間の距離は、矢印 h により示される。凝縮プラテン212の底面とウェブ216の表(被覆)側の上面との間の表側間隙距離は、矢印 h_1 により示される。ウェブ216の裏側(非被覆側)の底面と加熱プラテン214の上面との間の裏側クリアランス距離は、矢印 h_2 により示される。かくて、ウェブ216の位置は、距離 h_1 および h_2 により定義される。さらに、距離 h は、 h_1 と h_2 と被覆ウェブ216の厚さとを合計したものに等しい。

【0035】

図6に示される実施形態において、絶縁層240は、ウェブ216の裏側と加熱プラテン214との間の裏側クリアランス距離 h_2 を埋める絶縁材料から形成される。したがって、本発明の間隙乾燥システム210においては、絶縁層240は単なる流体(例えば空気)ではなく、移動ウェブ216と加熱プラテン214との間の実質的一定の裏側クリアランス距離 h_2 を保つために、実際に移動ウェブ216を支える。実質的一定の裏側クリアランス距離 h_2 は、実質的一定の熱伝達係数がウェブ216の裏側に適用される結果をもたらす。熱伝達係数が実質的に一定である結果として、熱は、いっそう均一に加熱プラテン214からウェブ216、そして被膜218へと伝達される。均一な熱伝達は、ウェブ216全体に渡る実質的均一なウェブ温度 T_3 と被膜218の実質的均一な乾燥速度とをもたらす。実質的均一なウェブ温度 T_3 および乾燥速度は、乾燥された被膜材料218における望ましくない模様を排除する。

【0036】

ウェブ216への熱伝達は、エネルギーをウェブ116の裏側に、主として伝導により、そして僅かに対流および放射によって、加熱プラテン214と移動ウェブ216との間の絶縁層240を介して供給することにより得られる。ウェブ116の裏側に供給されるエネルギー量は、プラテン温度 T_2 と、矢印 h_2 により示される絶縁層240の厚さとにより決定される。伝導が支配的であると仮定すると、エネルギー束(Q)は下式IIIにより与えられる。

式III

$$Q = k_{\text{INSULATION}} (T_2 - T_3) / h_2$$

式中、 $k_{\text{INSULATION}}$ は絶縁材料の熱伝導率、

T_2 は加熱プラテン温度、

T_3 はウェブ温度、そして

h_2 はウェブの底(非被覆)面と加熱プラテンの上面との間の裏側クリアランス距離であり、絶縁層の高さに等しい。

【0037】

式IIIは、絶縁層240を介する $K_{\text{INSULATION}} / h_2$ に等しい簡略化された熱伝達係数を有している。かくて、本発明の間隙乾燥システム210の熱伝達係数は、流体の熱伝導率(k_{FLUID})ではなく絶縁層240の熱伝導率($k_{\text{INSULATION}}$)が用いられることが除き、従来の間隙乾燥システム110の熱伝達係数と同様に計算される。絶縁層240の選定基準は、熱伝導率($k_{\text{INSULATION}}$)が加熱プラテン214のそれ(k_{PLATEN})よりも低いことである。ほとんどの一般的な絶縁材料は、層の中の空気を停滞した(すなわち実質的に対流のない)状態に維持する。したがって、この種の絶縁材料が絶縁層240として用いられれば、絶縁層240は空気と同じかそれ以上の熱伝達率を有する。したがって、式IIIによれば、絶縁層240を介する熱伝達係数は、流体が空気であるときの、式Iで表される層流の流体クリアランスの場合に等しいかより大きい。その結果、熱伝達率および乾燥速度は、本発明による絶縁層240を用いることにより、一般には低下しない。

【0038】

式IIIによれば、絶縁層240を介した熱伝達係数は、絶縁材料と絶縁層の厚さとを特定することにより選択可能である。絶縁層240を形成する絶縁材料は、好ましくは、特徴部寸法のパターンが不均一な熱伝達そのものとして被膜に移動することができないよ

10

20

30

40

50

うに、比較的小さな特徴部寸法（例えば、粒子またはセルの寸法）を有する。絶縁層 240 が、繊維材料、不織布、気泡体又は粒状構造などの固体／空気混成物より構成されている場合は、固体／空気混成物の固体部分は好ましくは、ウェブ 216 が絶縁層 240 に接する際に生じうる差分熱伝達を実質的に排除するために、実質的に空気に近い熱伝達率を有する。

【0039】

さらに、絶縁層 240 を形成する絶縁材料は、好ましくは、ウェブ 216 を形成する材料とともに選択され、ウェブ 216 を引っ張る際に搔き傷が生じないようにする。また、ウェブ上の搔き傷を回避するために、ウェブ 216 は、好ましくは、間隙乾燥システム 210 に入る前に塵埃を除去される。

10

【0040】

絶縁層 240 のための適当な絶縁材料には、フェルト、布帛、不織布、フィルム、連続気泡発砲体、独立気泡発砲体および他のかかる絶縁材料を含むが、それらに限定されるものではない。絶縁層 240 のための適当な絶縁材料には、絶縁層 240 が、その熱伝導率が加熱プラテン 214 のそれよりも低いことを前提として、例えばセラミック、有機質、セルロースまたは高分子を素材としたものがあり得る。二つの適当な絶縁層 240 には、ミネソタ州セントポールの 3M Corporation が製造する 3M Ultra Pipe Web Cleaner, model 1532 と、サウスカロライナ州グリーンビルの Bonar Fabrics が製造する Bonar Media Pipe が含まれる。

20

【0041】

間隙乾燥の応用例として、絶縁層 240 を間隙乾燥システム 210 において随意に使用し、絶縁材料と絶縁層の厚さとを特定して熱伝達係数を選択することにより、間隙乾燥の特定の応用例のために加熱プラテン 214 からウェブ 216 への熱伝達を制御し、または遅らせるものがある。

【0042】

本発明による間隙乾燥システムの別の実施形態が、全体として 210' により図 7 に示される。間隙乾燥システム 210' は、図 6 に示す上記した間隙乾燥システム 210 に類似するが、ただし図 7 の間隙乾燥システム 210' はウェブ 216 の裏側と加熱プラテン 214 との間の裏側クリアランス距離 h_2 における流体の一部のみと入れ換わる絶縁層 240' を備える。図 6 の間隙乾燥システム 210 においては、絶縁層 240 は裏側クリアランス距離 h_2 に等しい高さを有する。これに対し、図 7 の間隙乾燥システム 210' は、矢印 h_3 で示される高さあるいは厚さを有する絶縁層 240' と、絶縁層 240' と裏側ウェブ 216 との間に形成される流体層 242 を備える。流体層 242 は、矢印 h_4 で示される高さあるいは厚さを有する。したがって、間隙乾燥システム 210' においては、絶縁層 240' の高さ (h_3) と流体層 242 の高さ (h_4) との和が裏側クリアランス距離 h_2 に等しい。

30

【0043】

図 6 の間隙乾燥システム 210 において、絶縁層はウェブ 216 を引っ張る。図 7 の間隙乾燥システム 210' において、ウェブ 216 は絶縁層 240' 上の流体層 242 の上に浮かぶ。かくて、本発明の間隙乾燥システム 210' において、絶縁層 210' は、実際に直接には移動ウェブ 216 を支えず、移動ウェブ 216 と加熱プラテン 214 との間の実質的一定の裏側クリアランス距離 h_2 を維持する。しかしながら、間隙乾燥システム 210' においては、従来の間隙乾燥システムに勝る均一性の利点を供しながら、引っ張り接触の複雑さは低減される。間隙乾燥システム 210' は、絶縁層 240' が加熱プラテン 214 とウェブ 216 との間に配置されない場合にウェブ 216 が加熱プラテン 214 に接するであろう状況において、特に有益である。

40

【0044】

本発明による間隙乾燥システムの別の実施形態が、図 8 の概略側断面図において全体として 310 で示される。間隙乾燥システム 310 は、図 6 に示す上記した間隙乾燥システム

50

210と類似している。間隙乾燥システム310は、加熱プラテン314から離間配置された凝縮プラテン312を備える。一実施形態において、凝縮プラテン312は冷却される。被膜318を有する移動基板あるいはウェブ316は、凝縮プラテン312と加熱プラテン314との間を矢印319で示す方向にウェブ速度Vで移動する。加熱プラテン314は間隙乾燥システム310の中で静止している。間隙乾燥システム310は、加熱プラテン314とウェブ316の非被覆側との間に配置される絶縁材料より成る移動絶縁層340を備える。凝縮プラテン312は、ウェブ316の被覆側に配置される。凝縮プラテン312は、静止していても可動でもよいが、ウェブ316の被覆面の上方かつ近傍に配置される。凝縮プラテン312の配置は、被覆ウェブ316上に小さく実質的平坦な間隙320をつくる。

10

【0045】

加熱プラテン314は、熱を、絶縁層340を介してウェブ316に伝達し、ウェブ316を介して被膜318に伝達する。加熱プラテン314から被膜318へ伝達される熱は、被膜318から液体を蒸発せしめ、それにより被膜を乾燥させる。被膜318から蒸発した液体は、ウェブ316と凝縮プラテン312との間に形成される間隙320を横切って移動し、凝縮プラテン312の凝縮面322上に凝縮する。

【0046】

凝縮プラテン312の作用は、図3に関連して上述したように、凝縮プラテン112の作用と同様である。また、図4に示される従来の間隙乾燥システム110のためのプロセス変数は、概して本発明の間隙乾燥システム310に適用される。したがって、凝縮プラテン312は温度T₁に設定され、それは周囲温度より上でも下でもよい。加熱プラテン314は、温度T₂に設定され、それは周囲温度より上でも下でもよい。被覆ウェブ316は、変温T₃により定義される。

20

【0047】

間隙乾燥システム310は、上流側ローラー342と下流側ローラー344とを備え、それらは連続的に絶縁層340を矢印346で示される方向、すなわちウェブの移動方向319に抗する方向に送る。ローラー342、344は、矢印348で示されるように、反時計回りに回転して、絶縁層340を方向346に送る。間隙乾燥システム310において、絶縁層340は移動ウェブ316の速度Vに比べて低速で送られる。このようにして、絶縁材料の新しい層は移動ウェブ316と加熱プラテン314との間に維持され、それにより、摩耗やウェブ316に取り込まれる塵埃の堆積に起因する変動が最小限度になる。ウェブ316の被る掻き傷、不均一な熱伝達および乾燥模様に誘発される塵埃は、実質的に本発明の間隙乾燥システム310により排除される。なぜならば、塵埃や他のかかる汚染物が実質的に乾燥域から除去されるからである。さらに、ウェブ316の裏側は移動絶縁層340により浄化される。

30

【0048】

結論

間隙乾燥システム210、210'および310などの、移動ウェブと加熱プラテンとの間に絶縁層を有する本発明の間隙乾燥システムは、従来型間隙乾燥システム110などの従来の間隙乾燥システムにより供されるものに比べて、より均一な熱伝達を移動被覆ウェブに供する。より均一な熱伝達は、ウェブ上の被膜の均一な乾燥をもたらす。非均一な熱伝達により生じる乾燥模様は、したがって、実質的に低減される。さらに、可動ウェブへの掻き傷は、本発明の間隙乾燥システムにより実質的に低減される。加えて、本発明による間隙乾燥システムは、より容易に熱伝達と乾燥速度とを制御することができる。

40

【0049】

好みの実施形態の説明を目的として本明細書においては特定の実施形態が示されているが、当業者には、同じ目的を達成するために考慮された広範囲にわたる代替的あるいは同等の具現化を、本発明の範囲を逸脱することなく、図示および説明された特定の実施形態と置き換えてよいことが理解されよう。化学、機械、電気機械、電気およびコンピュータの技術を有する者には、本発明が広範囲の実施形態において具現化可能であることが容

50

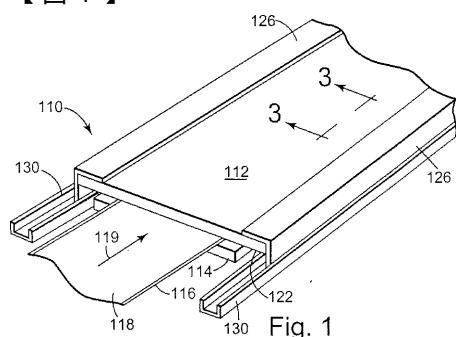
易に理解できるであろう。本出願は、ここに議論された好ましい実施形態のあらゆる適応や変形を含むものである。したがって、本発明は請求の範囲およびその均等物によってのみ限定されることを、明確に意図するものである。

【図面の簡単な説明】

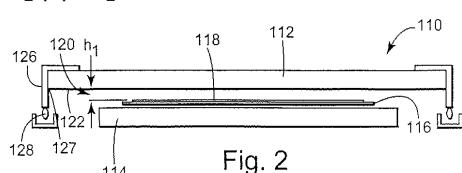
- 【図1】 従来の間隙乾燥システムの斜視図である。
- 【図2】 図1の間隙乾燥システムの端面図である。
- 【図3】 図1の線3-3に沿った部分断面図である。
- 【図4】 図1の間隙乾燥システムの複数のプロセス変数を示す概略側面図である。
- 【図5】 様々な表側間隙距離および裏側クリアランス距離に関する時間対ウェブ温度を表すグラフである。
- 【図6】 移動ウェブと加熱プラテンとの間に絶縁層を有する本発明の間隙乾燥システムの一実施形態の概略側断面図である。
- 【図7】 移動ウェブと加熱プラテンとの間に絶縁層を有する本発明の間隙乾燥システムの他の実施形態の概略側断面図である。
- 【図8】 移動ウェブと加熱プラテンとの間に可動絶縁層を有する本発明の間隙乾燥システムの他の実施形態の概略側断面図である。

10

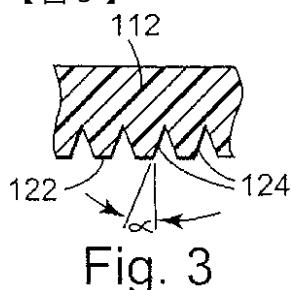
【図1】



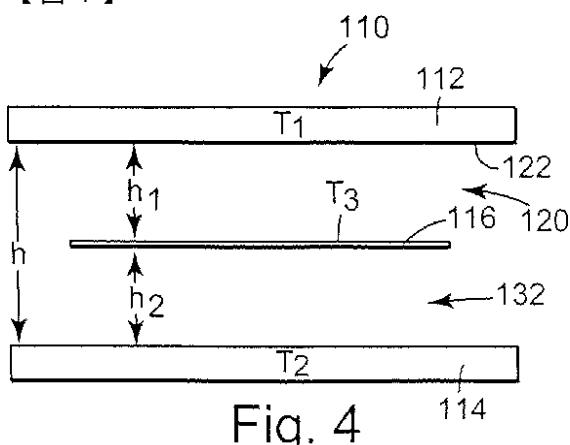
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

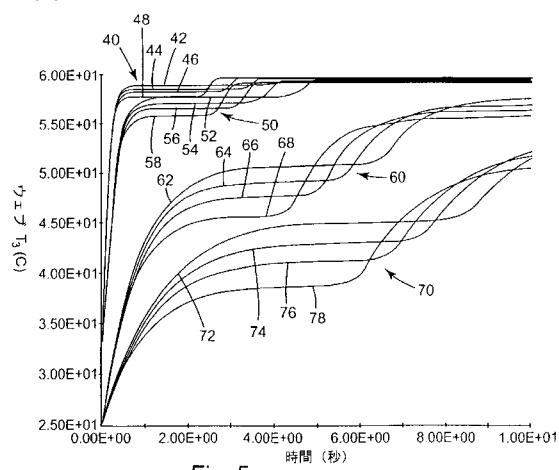


Fig. 5

【図6】

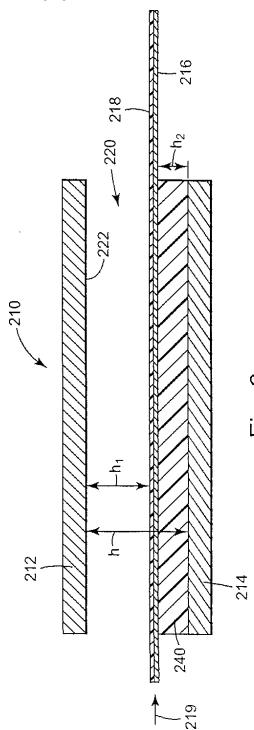


Fig. 6

【図7】

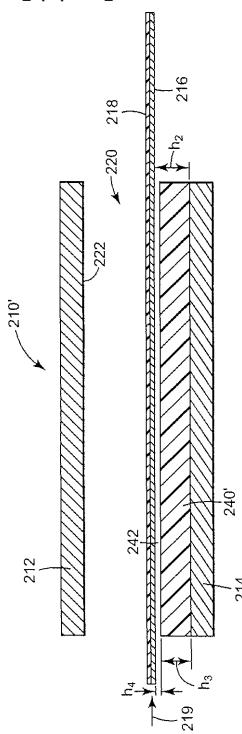


Fig. 7

【図8】

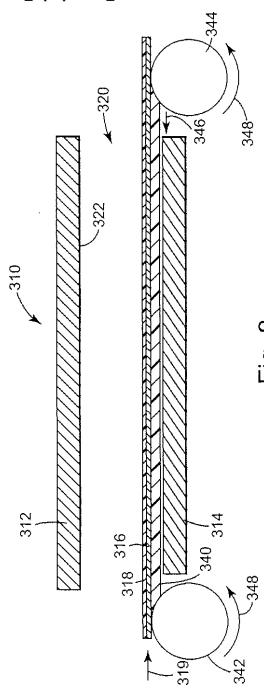


Fig. 8

フロントページの続き

(72)発明者 ヤペル, ロバート エー.

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ピー. オー. ボックス 3
3427

(72)発明者 ヒュールスマン, ゲイリー エル.

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ピー. オー. ボックス 3
3427

(72)発明者 ミルボーン, トーマス ダブリュ.

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ピー. オー. ボックス 3
3427

(72)発明者 コルブ, ウィリアム ピー.

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ピー. オー. ボックス 3
3427

審査官 平城 俊雅

(56)参考文献 特開昭63-158166 (JP, A)

英国特許出願公開第01401041 (GB, A)

特開平01-006691 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F26B 13/10

F26B 3/20

F26B 13/14