

明 細 書

発明の名称：

ゴム状重合体用押出乾燥機、ゴム状重合体の乾燥方法、およびゴム状重合体の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、ゴム状重合体用押出乾燥機、ゴム状重合体の乾燥方法、およびゴム状重合体の製造方法に関する。

背景技術

[0002] ゴム状重合体の製造過程において、重合工程および凝固工程を経た後の水分を多く含むゴム状重合体を乾燥させる方法として、押出乾燥機を用いることが知られている（例えば、特許文献1）。

[0003] この押出乾燥機は、ゴム状重合体が投入されるホッパーを一端に、ダイを他端に有するシリンダーと、シリンダー内に回転可能に配置されたスクリューとを備えている。投入されたゴム状重合体は、押出乾燥機内で、圧縮、せん断作用等により高温、高圧が付与されつつダイまで搬送され、ダイのノズルから大気中に押し出される。このとき、ゴム状重合体に含まれていた水分が急激に気化して大気中に放出されるので、ゴム状重合体の含水率を一気に低下させることができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：WO2006/054525号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ここで、ダイのノズルから押し出される直前のゴム状重合体の温度および圧力は、押し出されるゴム状重合体の品質を決定するための重要な要素である。しかし、一般的に、上記温度および圧力を適切に制御することは難しい

。十分な圧力を得るためにスクリーウの回転数を上げる等した場合、シリンダー中で不要な熱が発生し、その熱によってゴム状重合体が劣化し、場合によってはゲル化してしまうことがある。一方、不要な熱によるゴム状重合体の劣化を考慮した操作条件下では、乾燥が不十分となる場合がある。

[0006] 上記点に鑑みて、本発明の一形態においては、操作時に発生し得る不要な発熱を抑えることでゴム状重合体のゲル化を防止し、かつ乾燥が十分に行われたゴム状重合体を得ることが可能なゴム状重合体用押出乾燥機を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するために、本発明の一形態は、ゴム状重合体が投入されるホッパーを一端に有し、ダイを他端に有するシリンダーと、前記シリンダー内に回転可能に配置され、シャフトと当該シャフトの外周面に形成された螺旋状のフライトとを有するスクリーウとを備えたゴム状重合体用押出乾燥機であって、前記スクリーウが搬送部と圧縮部とからなるゾーンを複数備え、前記ダイに最も近いゾーンにおいて、前記搬送部におけるシャフトの外径が、前記圧縮部におけるシャフトの外径より小さいことを特徴とする。

発明の効果

[0008] 本発明の一形態によれば、操作時に発生し得る不要な発熱を抑えることでゴム状重合体のゲル化を防止し、かつ乾燥が十分に行われた高品質のゴム状重合体を得ることが可能なゴム状重合体用押出乾燥機が提供される。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の実施形態に係る押出乾燥機を示す部分破断図である。

[図2]本発明の実施形態に係る押出乾燥機におけるスクリーウの概略図である。

[図3]本発明の実施形態に係るゴム状重合体の製造方法の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

- [0010] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。なお、図面は、説明を分かりやすくするためのものであって、必ずしも実際の寸法比に従って描画されたものではない。
- [0011] 図 1 に、本発明の一形態による押出乾燥機の概略的な構造を示す。図 1 には、例として、エクспанション型押出乾燥機 10 の部分破断図を示している。
- [0012] 押出乾燥機 10 は、図 1 に示すように、水分を含有するゴム状重合体（材料又は被乾燥物）が投入されるホッパー 1 を一端に有し、ダイ 3 を他端に有する円筒形のシリンダー 2 と、シリンダー 2 内に配置されたスクリュー（ワーム）6 とを備えている。ホッパー 1 から供給されたゴム状重合体は、図 2 に示すスクリュー 6 の回転によってシリンダー 2 内をダイ 3 に向かって搬送される。この際、ゴム状重合体は、シリンダー 2 内のライナーとスクリュー 6 のフライト 62 との間で、またブレーカーボルト 7 とスクリュー 6 のフライト 62 との間でせん断、圧縮されることによって加熱され、加圧される。シリンダー 2 および／またはスクリュー 6 のシャフト 61 に設けられた加熱手段によって加熱を行ってもよい。
- [0013] シリンダー 2 内で高温、高圧が付与された含水ゴム重合体は、ダイ 3 まで搬送されて、ダイ 3 のノズルから大気中に噴出される。このとき、ゴム状重合体に含まれていた高温、高圧の水分等が一気に蒸発し、大気中に放出されることによって、乾燥（エクспанション乾燥）が行われる。
- [0014] スクリュー 6 は、駆動装置 4 によって駆動され、シリンダー 2 の内面と所定の間隙を保って回転可能に構成、配置されている。シリンダー 2 の内径は、ダイ 3 の近傍を除いて、ほぼ同一径となっている。
- [0015] 図 2 に示すように、スクリュー 6 は、中空のシャフト 61 とシャフト 61 の外周面に突出するように形成された螺旋状のフライト（羽根）62 とを有している。フライト 62 に切欠が設けられていることでフライト 62 の螺旋形状は非連続になっており、シリンダー 2 の側面からシリンダー 2 の半径方向内側へと突出するように植え込まれたブレーカーボルト 7 と接触しないよ

うになっている。ブレーカーボルト7が設けられていない場合には、フライト62の螺旋形状は連続的に形成することもできる。

[0016] 図2に示す押出乾燥機10のスクリュー6は、第1ゾーン21および第2ゾーン22の2つのゾーンを有している。そして、第1ゾーン21は、搬送部21Aと、搬送部21Aにホッパー1側で隣接する圧縮部21Bとからなっており、ダイ3に最も近い第2ゾーン22は、搬送部22Aと、搬送部22Aにホッパー1側で隣接する圧縮部22Bとからなっている。また、第1ゾーン21のホッパー1側に隣接した区分は、ホッパー部25となっている。

[0017] 本実施形態では、スクリュー6が、搬送部と圧縮部とからなるゾーン21、22を複数有していることにより、温度および圧力の上昇が段階的に行われ、高温および高圧となる箇所を分散させることができるので、ダイに隣接する圧縮部および搬送部の負荷変動を小さくすることができる。

[0018] 水を多く含むゴム状重合体は固体としての性質を示すが、材料の均一性が低いために局所的に発熱しやすい。また、水を多く含むゴム状重合体は、熱伝導率が低いため温度分布や圧力分布が生じ、搬送が安定せず、サージング（押出乾燥機が逆流等により失速し、機能しなくなる現象）等を起こしやすい。このため、第1ゾーンで温度・圧力をかけて均一性を増し、第2ゾーンでさらに均一性を増すことで、搬送量、温度分布、圧力分布の均一性を段階的に高めることができ、均一な状態でエキスパンションさせることができる。その結果、ゴム状重合体が押出乾燥機のダイ3より出たときに、より均一な乾燥状態が得られる。複数のゾーンを設けることによるこの繰返しは、2以上あればよく、乾燥する材料の性質に応じて3以上の構成としてもよい。

[0019] 本実施形態では、ダイ3に最も近い第2ゾーン22において、搬送部22Aにおけるシャフト61の外径（スクリュー6の内径） d_{2A} が、圧縮部22Bにおけるシャフト61の外径 d_{2B} より小さくなっている。図示の押出乾燥機10では、スクリュー6の外径（フライト62の外径） D は一定となっているので、第2ゾーン22におけるシャフト61の外径が上記関係を有する

ことによって、第2搬送部22Aにおけるフライト62の高さ h_{2A} を、第2圧縮部22Bにおけるフライト62の高さ h_{2B} より大きくすることができる。なお、スクリュー6におけるフライト高さ h は、スクリュー6の外半径（フライト62の外半径） $D/2$ からシャフト61の外半径 $d/2$ を引いたものに相当する。

[0020] ここで、シリンダー2内でのゴム状重合体の移送において生成する熱量は、せん断速度の2乗に比例する。そして、せん断速度は、ゴム状重合体がせん断応力を受ける方向の速度、すなわち回転数に比例し、フライト高さ h に反比例する。よって、フライト高さ h を大きくすれば、せん断速度が小さくなり、生成する熱量も低くなる。したがって、上述のように第2搬送部22Aのシャフト外径 d_{2A} を第2圧縮部22Bのシャフト外径 d_{2B} より小さくすることによって、生成する熱量（不可避免的に発生する熱量）を小さくすることができる。その結果、ゴム状重合体の過剰な温度上昇を防いで、変質（ゲル化）を抑制することができる。

[0021] さらに、第2ゾーン22において搬送部22Aのシャフト外径 d_{2A} を圧縮部22Bのシャフト外径 d_{2B} より小さくすることによって、第2ゾーン22の搬送部22Aの内部の容積（搬送部22Aに収容できる材料の体積）が大きくなり、搬送体積 V_{2A} も大きくなる。その結果、第2ゾーン22における搬送部22Aの搬送体積 V_{2A} の、圧縮部22Bの搬送体積 V_{2B} に対する比の値（搬送体積比または圧縮比（ V_{2A}/V_{2B} ））を大きくすることができる。つまり、圧縮部22Bでのゴム状重合体の圧縮度合いを大きくすることができる。これにより、圧縮部通過後のゴム状重合体の圧力を高くすることができるので、押出し時の水分蒸発率を上げることができ、乾燥を促進させることが可能となる。例えば、40質量%程度の含水率（水分率）のゴム状重合体を押出乾燥させて、10質量%以下の含水率にすることができる。

[0022] このように、本実施形態によれば、過剰な温度上昇を抑えることによってゴム状重合体の劣化を防止しつつ、乾燥に必要な圧力を確保することができるので、高品質のゴム状重合体を安定して製造することができる。

- [0023] また、本実施形態では、ダイ 3 に最も近いゾーンにおいて上記関係 ($d_{2A} < d_{2B}$) を有しているため、製造において特に重要な押出し直前位置でのゴム状重合体の温度および圧力（或いは出口温度および出口圧力）を良好に制御することができる。
- [0024] また、本実施形態によって不要な熱を抑制できることから、従来の構成に比べて、例えばスクリー 6 の回転数 N を上げることが可能になる。これによって、単位時間当たりの乾燥ゴム状重合体の回収量を増加させることができ、生産性も高めることができる。
- [0025] 第 2 ゾーン 2 2 におけるスクリー 6 のフライト 6 2 のピッチは、図 2 に示すように、ほぼ一定となっている。つまり、第 2 ゾーン 2 2 では、第 2 搬送部 2 2 A と第 2 圧縮部 2 2 B とでフライト 6 2 のピッチを相違させることによってではなく、シャフト 6 1 の外径 d を相違させることによって、搬送体積比 (V_{2A}/V_{2B}) を大きくしている。
- [0026] なお、第 2 搬送部 2 2 A におけるフライト 6 2 のピッチを第 2 圧縮部 2 2 B におけるフライト 6 2 のピッチよりも大きくした場合、第 2 ゾーン 2 2 での搬送体積比 (V_{2A}/V_{2B}) は大きくなるが、せん断速度が大きくなるため、発熱量は大きくなる。そのため、押出し直前でのゴム状重合体の温度が過度に上昇し、適切に制御できない可能性がある。
- [0027] 但し、第 2 搬送部 2 2 A のシャフト外径 d_{2A} を第 2 圧縮部 2 2 B のシャフト外径 d_{2B} より小さくして、不要な熱の発生が抑制されているのであれば、第 2 搬送部 2 2 A と第 2 圧縮部 2 2 B とで、フライト 6 2 のピッチを相違させてもよい。
- [0028] 第 2 ゾーン 2 2 における第 2 搬送部 2 2 A のシャフト外径 d_{2A} は、搬送部 2 2 A のホッパー 1 側の端部からダイ 3 側の端部に亘って一定であることが好ましいが、設計上、図 2 に示すように、搬送部 2 2 A の両端においてシャフト 6 1 にテーパが設けられていてもよい。その場合、ホッパー 1 側の端部とダイ 3 側の端部との間の、ほぼ一定となっている中央部分のシャフト外径を、シャフト外径 d_{2A} としてよい。

- [0029] また、搬送体積についても、第2ゾーン22における第2搬送部22Aでは、スクリー61のホッパー1側の端部とダイ3側の端部との間の、シャフト外径がほぼ一定となる中央部分における搬送体積を、搬送体積 V_{2A} としてよい。
- [0030] 本実施形態では、第2ゾーン22における圧縮部22Bのシャフト外径 d_{2B} と搬送部22Aのシャフト外径 d_{2A} との比は、 $1:0.8 \sim 1:0.98$ であることが好ましく、 $1:0.85 \sim 1:0.96$ であるとより好ましい。 $1:0.98$ 以下とすることで、乾燥機内での不要な発熱を抑制して過剰な温度上昇を回避しつつ、第2ゾーン22における搬送体積比(V_{2A}/V_{2B})を大きくして乾燥のための圧力を確保する効果を高めることができる。よって、ゴム状重合体の劣化(ゲル化)を防ぎつつ、一層高い乾燥効率を得ることができる。また、 $1:0.8$ 以上とすることで、ゴム状重合体の押出操作に十分なシャフト61の強度を確保することができる。
- [0031] ダイ3に最も近い第2ゾーンにおいては、第2搬送部22Aのフライト61の幅(厚み) w_{2A} が、第2圧縮部22Bのフライト61の幅 w_{2B} より小さくなっていると好ましい。これにより、第2搬送部22Aの内体積(搬送部22Aに収容できる材料の体積)を大きくすることができるため、第2ゾーン22における搬送体積比(V_{2A}/V_{2B})を大きくすることができる。よって、第2搬送部22Aのフライト幅 w_{2A} を第2圧縮部22Bのフライト61の幅 w_{2B} より小さくした場合、搬送体積比(V_{2A}/V_{2B})を大きくするという観点からは、その分だけ、搬送部22Aのシャフト外径 d_{2A} を小さくする必要はなくなる。つまり、スクリー6のシャフト61の強度を維持しつつ、搬送体積比(V_{2A}/V_{2B})を大きくすることができる。
- [0032] 第2圧縮部22Bのフライトの幅 w_{2B} と第2搬送部22Aのフライトの幅 w_{2A} との比は、押出乾燥機10およびスクリー6のサイズにもよるが、 $1:0.4 \sim 1:0.8$ であると好ましく、 $1:0.45 \sim 1:0.6$ であるとより好ましい。 $1:0.8$ 以下とすることで、搬送体積比を大きくし、押し出される直前のゴム状重合体の圧力を上昇させることができる。また、1

: 0.4以上とすることで、スクリー6のシャフト61およびフライト62自体の強度を確保することができる。

[0033] なお、 w_{2A} を w_{2B} より小さくしても、ゴム状重合体から第2搬送部22Aのフライト62が受ける圧力は、第2圧縮部22Bにおいてフライト62が受ける圧力よりも小さいので、フライト62の強度への影響は少ない。

[0034] また、本実施形態では、ダイに最も近い第2ゾーン22において、第2圧縮部22Bにおいてスクリーが1回転する際に搬送されるゴム状重合体の体積 V_{2B} と、第2搬送部22Aにおいてスクリーが1回転する際に搬送されるゴム状重合体の体積 V_{2A} との比は、1:1を超えることが好ましい。例えば、1:1.1~1:5とすることが好ましく、1:1.5~1:2.5とすることがより好ましく、1:1.6~1:2.2とするとより好ましく、1:1.8~1:2.0とするとさらに好ましい。1:1.1以上とすることで、押し出される直前のゴム状重合体の圧力を高くすることができる。その結果、押し出されたゴム状重合体の水分が大気中で蒸発することを促進でき、含水率の小さい高品質のゴム状重合体を得ることができる。また、1:5以下とすることで、押出乾燥機の機械的な強度を維持することができる。

[0035] 図2においては、第1ゾーン21は第2ゾーン22とは異なる構成を有している。すなわち、第1ゾーン21における第1搬送部21Aのシャフト外径は、第1圧縮部21Bのシャフト外径と同じである。また、第1搬送部21Aのフライト62のピッチは、第1圧縮部21Bのフライト62のピッチより大きく、第1搬送部21Aと第1圧縮部21Bとではフライト62の幅は等しくなっている。図示の例による第1ゾーン21では、搬送部と圧縮部とでフライト62のピッチを相違させることによって、搬送体積比を1より大きくしている。

[0036] しかし、第1ゾーン21は、上記以外の構成を有していてもよく、第2ゾーン22と同様の構成を有していてもよい。例えば、第1搬送部21Aにおけるシャフト外径を、第1圧縮部21Bにおけるシャフト外径より小さくす

ることができる。これにより、第2ゾーン22で得られるのと同様の効果、すなわち不要な発熱を抑えつつ、ゴム状重合体の乾燥も十分に促進させることができるという効果を第1ゾーン21でも得ることができ、さらに高品質のゴム状重合体を得ることができる。

[0037] その場合、第1ゾーン21においても、第2ゾーン22と同様に、圧縮部21Bのシャフト外径と搬送部21Aのシャフト外径との比を、 $1:0.8 \sim 1:0.98$ とすること好ましく、 $1:0.85 \sim 1:0.96$ とするとより好ましい。

[0038] また、第1ゾーン21において、圧縮部21Aにおいてスクリューが1回転する際に搬送されるゴム状重合体の体積と、搬送部21Bにおいてスクリューが1回転する際に搬送されるゴム状重合体の体積との比を $1:1$ 超とすることができる。また、この比は、 $1:1.5 \sim 1:2.5$ とすることが好ましく、 $1:1.6 \sim 1:2.2$ とするとより好ましく、 $1:1.8 \sim 1:2.0$ とするとさらに好ましい。

[0039] さらに、第1搬送部21Aのフライト幅が第1圧縮部21Bのフライト幅より小さくなっていてもよい。その比は、 $1:0.4 \sim 1:0.8$ であると好ましく、 $1:0.45 \sim 1:0.6$ であるとより好ましい。

[0040] 図2の形態では搬送部と圧縮部とからなるゾーンは2つであるが、押出乾燥機10には、このようなゾーンが3つ以上あってもよい。この場合、ダイ3に最も近い第2ゾーン22よりも入口側に設けられている第1ゾーン21が複数あってもよい。その場合には、上記のように、複数の第1ゾーン21それぞれにおいて、搬送部21Aにおけるシャフト61の外径を、圧縮部21Bにおけるシャフト61の外径より小さくすることで、不要な発熱を抑えることができる。また、複数の第1ゾーン21それぞれにおいて搬送体積比を大きくすることができるので、ゴム状重合体が押し出される直前の圧力も十分に高く維持することができる。

[0041] なお、上述の形態では、シリンダー2の内径および外径、並びにスクリュー6の外径が軸線方向に一定であるものを用いているが、これらの径は必ず

しも一定でなくともよい。上記径の1つ以上が軸線方向で変化している場合であっても、第2搬送部22Aのシャフト外径 d_{2A} を第2圧縮部22Bのシャフト外径 d_{2B} より小さくする、或いは、第2搬送部22Aのフライト高さ h_{2A} を第2圧縮部22Bのフライト高さ h_{2B} より大きくすることによって、押出乾燥機10内での過剰な発熱を抑えつつ、乾燥を良好に行うことができるという本願発明の効果を得ることができる。

[0042] 本実施形態によって押出乾燥されるゴム状重合体の種類は、特に限定されないが、例えば、ブタジエンゴム（BR）、スチレンーブタジエンゴム（SBR）、イソpreneゴム（IR）、スチレンーイソpreneブロックポリマー（SIS）、スチレンーブタジエンブロックポリマー（SBS）、ニトリルブタジエンゴム（NBR）、クロロpreneゴム（CR）などのジエン系ゴム、ブチルゴム（IIR）、エチレンープロピレンージエンターポリマーゴム（EPDM）、アクリルゴム、クロロスルホン化ポリエチレンゴム、フッ素ゴムなどのオレフィン系ゴム、シリコーンゴム、ウレタンゴムなどを例示することができる。これらの中でも、本実施形態は、BR、SBRの押出乾燥において好適に用いられる。

[0043] 本実施形態では、上述の押出乾燥機10を用いてゴム状重合体を乾燥させるゴム状重合体の乾燥方法を提供する。また、本実施形態では、上述の押出乾燥機10を用いたゴム状重合体の製造方法も提供する。

[0044] 図3は、本発明の実施形態に係るゴム状重合体の製造方法の一例を示すフローチャートである。図3に示すように、本例のゴム状重合体の製造方法は、重合工程S1、凝固工程S2、脱水工程S3、押出乾燥工程S4、振動乾燥工程S5、成形工程S6を含む。

[0045] 重合工程S1では、ブタジエン等のゴム原料を乳化重合、溶液重合等の重合反応により重合してゴム状重合体のラテックス、重合体溶液等を得る。凝固工程S2では、ゴム状重合体の溶液やラテックスをスチームストリッピング法により脱溶媒して、あるいは塩凝固させてゴム状重合体のスラリーを調製する。脱水工程S3では、ゴム状重合体のスラリーを押出機型スクイザー

等の脱水機を用いて脱水し、所定の含水率を有するクラムを得る。

[0046] 押出乾燥工程 S 4 では、脱水したゴム状重合体のクラムを、上述の押出乾燥機 10 を用いて押出乾燥する。振動乾燥工程 S 5 では、押出乾燥工程 S 4 を経たゴム状重合体を、移動する振動ベルトに載せ、振動させながら加熱して乾燥する。ゴム状重合体の加熱は、ゴム状重合体に直接熱風を接触させたり、間接的に熱媒体を接触させたりすることにより行うことができる。

[0047] 成形工程 S 6 では、振動乾燥工程 S 5 を経たゴム状重合体の質量を測定し、成形機を用いて所定の寸法のボールに成形する。ボールは、例えば、短辺 36 cm、長辺 73 cm、高さ 18 cm の寸法を有する直方体形状とすることができる。

[0048] 本実施形態による乾燥方法またはゴム状重合体の製造方法においては、乾燥工程における不要な熱の発生を防ぐことにより、ゴム状重合体の均一な乾燥が可能になるため、ヒートロスを低減することができる。なお、ヒートロス (%) は、得られたゴム状重合体をサンプリングし、送風型乾燥機等により乾燥を行い、乾燥前後のゴム状重合体の質量を測定し、 $\{ [(乾燥前のゴム状重合体の質量) - (乾燥後のゴム状重合体の質量)] / (乾燥前のゴム状重合体の質量) \} \times 100$ より求められる。

[0049] また、異常な温度上昇によるゴム状重合体の劣化を防止しつつ、高い出口圧力を確保してゴム状重合体中の水分の蒸発率を大きくすることができるので、高品質のゴム状重合体を得ることができる。さらに、ゴム状重合体を劣化させることなく、より高い回転数 N での操作が可能になるため、生産効率も高めることができる。

実施例

[0050] [ブタジエンゴム (BR) の乾燥・製造]

(実施例 1)

押出乾燥機 10 として、エクспанション型押出乾燥機 (ライナー内径 355 mm、回転数 60 ~ 300 rpm、内部圧力 0.01 ~ 6 MPaG) を用いた。押出乾燥機 10 のスクリー 6 は、図 2 に示す構成を有するものを

使用し、そのスクリー外径は352mmであった。

- [0051] スクリュー6のシャフト外径（フライト外径）は、第1搬送部21Aのみにおいて257mmとし、それ以外の区分（ホッパー部25、第1搬送部21A、第1圧縮部21B、第2圧縮部22B）においては273mmとした。また、スクリー6のフライト幅は、第2搬送部22Aのみにおいて15mmとし、それ以外（ホッパー部25、第1搬送部21A、第1圧縮部21B、第2圧縮部22B）において31mmとした。
- [0052] スクリュー1回転当たりのゴム状重合体の搬送体積は、ホッパー部25において5293cm³、第1搬送部21Aで2300cm³、第1圧縮部21Bで987cm³、第2搬送部22Aで1584cm³、第2圧縮部22Bで987cm³とした。
- [0053] ゴム状重合体としては、溶液重合により製造されたブタジエンゴム（BR）を、スチームストリッピング法によって脱溶媒して凝固させ、脱水機により脱水したもの（クラム）を準備した。脱水機による脱水後のブタジエンゴム（BR）の含水率は、12%であった。
- [0054] 上記の押出乾燥機10を、ダイ温度が約150℃となるように制御しながら、上記のゴム状重合体の押出乾燥を行った。
- [0055] 押出乾燥工程後のブタジエンゴム（BR）の含水率は、4.8%であった。また、運転中のシャフト回転数N（rpm）、回収量Q（kg/h）を平均値で記録した。
- [0056] 押出乾燥工程後、さらに振動乾燥工程および成形工程を行って、ボール（短辺36cm×長辺73cm×高さ18cm程度）を得た。このゴム状重合体のボールについて、目視で乾燥評価を行った。乾燥評価は、具体的には、製造時間1時間あたりに得られたボールについて、その表面に現れている直径10mm以上の白色の箇所（白色部分）の数を目視にて数えることにより行った。ゴム状重合体は、十分な乾燥が行われていれば、ボールの色は均一な黄色となるはずであるが、水分が残っているとその部分は光の散乱によって白色部分として観察される。よって、ボールの白色部分の個数が少ないほ

ど乾燥が十分に行われており、その数が多いほど乾燥が不十分であったことを示す。

[0057] また、成形工程後にサンプリングしたゴム状重合体（ベール）について、送風型乾燥機（105℃、1時間）により含水率を測定し、ヒートロス（％）を算出した。ヒートロスは、 $\{ [(\text{成形工程後に得られたサンプルの質量}) - (\text{送風型乾燥機による乾燥後のサンプルの質量})] / (\text{成形工程後に得られたサンプルの質量}) \} \times 100$ より求めた。

[0058] 押出乾燥の条件および結果を表1、2に示す。

[0059]

[表1]

No.	ゴム種	シャフト外径						搬送体積					
		第2ゾーン			第1ゾーン			第2ゾーン			第1ゾーン		
		第2圧縮部 d_{2B} (mm)	第2搬送部 d_{2A} (mm)	外径比 d_{2A}/d_{2B}	第1圧縮部 d_{1B} (mm)	第1搬送部 d_{1A} (mm)	外径比 d_{1A}/d_{1B}	第2圧縮部 V_{2B} (cm ³)	第2搬送部 V_{2A} (cm ³)	搬送体積比 V_{2A}/V_{2B}	第1圧縮部 V_{1B} (cm ³)	第1搬送部 V_{1A} (cm ³)	搬送体積比 V_{1A}/V_{1B}
実施例1	BR	273	257	0.94	273	273	1	987	1584	1.60	987	2300	2.33
実施例2		273	244	0.89	273	273	1	987	1809	1.83	987	2300	2.33
比較例1		273	273	1	273	273	1	987	980	0.99	987	2300	2.33
比較例2		273	273	1	273	273	1	987	980	0.99	987	980	0.99
実施例3	SBR	273	257	0.94	273	273	1	987	1584	1.60	987	2300	2.33
実施例4		273	244	0.89	273	273	1	987	1809	1.83	987	2300	2.33
比較例3		273	273	1	273	273	1	987	980	0.99	987	2300	2.33
比較例4		273	273	1	273	273	1	987	980	0.99	987	980	0.99

[0060] [表2]

No.	ゴム種	白色部分の個数 *1	ダイ温度の維持 *2	ヒートロス *3	回収量Q (kg/h)	回転数N (rpm)
実施例1	BR	6	○	0.50%	4200	130
実施例2		2	○	0.30%	4500	140
比較例1		63	○	1.0%	4000	120
比較例2		ゲル化	×	-	2500	160
実施例3	SBR	3	○	0.40%	5700	220
実施例4		1	○	0.20%	6000	270
比較例3		53	○	0.90%	5500	200
比較例4		ゲル化	×	-	3000	270

*1…製造時間1時間当たりに得られたたべールの表面に現れた直径10 mm以上の白色部分の数

*2…○: ダイ温度を制御できた
×: ダイ温度を制御できなかった

*3…成形工程後のべールの一部を切り出し、送風乾燥機(105℃、1時間)で乾燥することによって求めた

(実施例2)

第2搬送部22Aにおけるスクリー6のシャフト外径 d_{2A} を244mmに変更し、第2搬送部22Aにおけるスクリー1回転当たりのゴム状重合体の搬送体積 V_{2A} を1809 cm^3 としたこと以外は、実施例1と同様にしてゴム状重合体の製造を行い、同様の評価を行った。

[0061] (比較例1)

第2搬送部22Aにおけるスクリー6のシャフト外径 d_{2A} を273mmに変更し、第2搬送部22Aのフライト幅 w_{2A} を31mmに変更し、第2搬送部22Aにおけるスクリー1回転当たりのゴム状重合体の搬送体積 V_{2A} を980 cm^3 としたこと以外は、実施例1と同じ条件でゴム状重合体の製造を行い、同様の評価を行った。

[0062] なお、比較例1においては、スクリー全体を通して（ホッパー部25、第1搬送部21A、第1圧縮部21B、第2搬送部22A、第2圧縮部22Bにおいて）、シャフト外径及びフライト幅が一定となっている。

[0063] (比較例2)

第2搬送部22Aにおけるスクリー6のシャフト外径 d_{2A} を273mmに変更し、第2搬送部22Aのフライト幅 w_{2A} を31mmに変更し、第2搬送部22Aにおけるスクリー1回転当たりのゴム状重合体の搬送体積 V_{2A} を980 cm^3 とし、さらに第1搬送部21Aのフライトのピッチを変更して第1搬送部21Aの搬送体積 V_{1A} を980 cm^3 としたこと以外は、実施例1と同じ条件でゴム状重合体の製造を行い、同様の評価を行った。

[0064] なお、比較例2においても、スクリー全体を通して（ホッパー部25、第1搬送部21A、第1圧縮部21B、第2搬送部22A、第2圧縮部22Bにおいて）シャフト外径及びフライト幅は一定となっている。また、比較例2においては、第1ゾーン21および第2ゾーン22で、搬送体積比は等しい。

[0065] 表1、2より、第2ゾーン22における第2搬送部22Aのシャフト外径 d_{2A} を第2圧縮部22Bのシャフト外径 d_{2B} より小さくした実施例1、2では、比較例1に比べて、得られたゴム状重合体で観察される白色箇所数が

小さく、またヒートロスも低く、均一にかつ十分に乾燥された高品質のゴム状重合体を得られることが分かった。

[0066] さらに、実施例 1、2 の回転数 N は比較例 1 より高くなっている。また、回収量 Q も高くなっており、生産性が向上していることが分かる。これは、実施例 1、2 では、異常な熱の発生を抑制できたため、高い回転数 N であっても高品質のゴム状重合体を得ることができたことを示す。

[0067] 一方、第 2 ゾーン 22 における第 2 搬送部 22A と第 2 圧縮部 22B とでシャフト外径が同じである比較例 1、2 では、実施例 1、2 と比較して品質の良いゴム状重合体は得られなかった。すなわち、比較例 1 では、ダイ温度の制御は良好にできたものの、得られたゴム状重合体のベールの白色箇所が多く、またヒートロスも高く、実施例 1、2 と比較して水分が多いことが分かる。比較例 2 においては、 150°C のダイ温度を制御することができず、ゴム状重合体の劣化が起こり、ゲル化が観察された。なお、比較例 2 はゲル化し、その後の製造工程を続けることができなかったため、ヒートロスの算出はしていない。

[0068] [スチレンーブタジエンゴム (SBR) の乾燥・製造]
(実施例 3)

ゴム状重合体の種類として、溶液重合により製造されたスチレンーブタジエンゴム (SBR) を用い、ダイ温度が約 160°C となるよう押出乾燥機 10 を制御したこと以外は、実施例 1 と同様にして製造を行い、実施例 1 と同様の評価を行った。

[0069] なお、脱水機による脱水後のスチレンーブタジエンゴム (SBR) の含水率は、約 16% であった。また、押出乾燥工程後のスチレンーブタジエンゴム (SBR) の含水率は、5.2% であった。

[0070] (実施例 4)

第 2 搬送部 22A におけるスクリー 6 のシャフト外径 d_{2A} を 244 mm に変更し、第 2 搬送部 22A におけるスクリー 1 回転当たりのゴム状重合体の搬送体積 V_{2A} を 1809 cm^3 としたこと以外は、実施例 3 と同様にして

ゴム状重合体の製造を行い、同様の評価を行った。

[0071] (比較例3)

第2搬送部22Aにおけるスクリー6のシャフト外径 d_{2A} を273mmに変更し、第2搬送部22Aのフライト幅 w_{2A} を31mmに変更し、第2搬送部22Aにおけるスクリー1回転当たりのゴム状重合体の搬送体積 V_{2A} を980 cm^3 としたこと以外は、実施例3と同じ条件でゴム状重合体の製造を行い、同様の評価を行った。

[0072] なお、比較例3においては、スクリー全体を通して（ホッパー部25、第1搬送部21A、第1圧縮部21B、第2搬送部22A、第2圧縮部22Bにおいて）、シャフト外径及びフライト幅は一定となっている。

[0073] (比較例4)

第2搬送部22Aにおけるスクリー6のシャフト外径 d_{2A} を273mmに変更し、第2搬送部22Aのフライト幅 w_{2A} を31mmに変更し、第2搬送部22Aにおけるスクリー1回転当たりのゴム状重合体の搬送体積 V_{2A} を980 cm^3 とし、さらに第1搬送部21Aのフライトのピッチを変更して第1搬送部21Aの搬送体積 V_{1A} を980 cm^3 としたこと以外は、実施例3と同じ条件でゴム状重合体の製造を行い、同様の評価を行った。

[0074] なお、比較例4においても、スクリー全体を通して（ホッパー部25、第1搬送部21A、第1圧縮部21B、第2搬送部22A、第2圧縮部22Bにおいて）、シャフト外径及びフライト幅は一定となっている。また、比較例4においては、第1ゾーン21および第2ゾーン22で、搬送体積比は等しい。

[0075] 表1、2より、第2ゾーン22における第2搬送部22Aのシャフト外径 d_{2A} を第2圧縮部22Bのシャフト外径 d_{2B} より小さくした実施例3、4では、比較例3に比べて、得られたゴム状重合体で観察される白色箇所数が小さく、またヒートロスも小さく、均一かつ十分に乾燥された高品質のゴム状重合体を得られることが分かった。

[0076] さらに、実施例3、4の回転数 N は比較例3より高くなっている。また、

回収量Qも高くなっており、生産性が向上していることが分かる。これは、実施例3、4では異常な熱の発生を抑制できたため、高い回転数Nであっても高品質のゴム状重合体を得ることができたことを示す。

[0077] 一方、第2ゾーン22における第2搬送部22Aと第2圧縮部22Bとでシャフト外径が同じである比較例3、4では、実施例3、4と比較して品質の良いゴム状重合体は得られなかった。すなわち、比較例3では、ダイ温度の制御はできたものの、得られたゴム状重合体のベールの白色箇所が多く、またヒートロスも高く、実施例3、4に比べて水分が多いことが分かる。比較例4においては、160℃のダイ温度を制御することができず、ゴム状重合体の劣化が起こり、ゲル化が観察された。なお、比較例4はゲル化し、その後の製造工程を続けることができなかったため、ヒートロスの算出はしていない。

[0078] 本出願は、2016年11月4日に日本国特許庁に出願された特願2016-216702号に基づく優先権を主張するものであり、その全内容は参照をもってここに援用される。

符号の説明

- [0079] 1 ホッパー
2 シリンダー
3 ダイ
4 駆動装置
6 スクリュー
7 ブレーカーボルト
9 カッター
10 押出乾燥機
61 シャフト
62 フライト
21 第1ゾーン
21A 第1搬送部

2 1 B 第 1 圧縮部

2 2 第 2 ゾーン

2 2 A 第 2 搬送部

2 2 B 第 2 圧縮部

2 5 供給部

D フライト外径（スクリュー外径）

d シャフト外径（スクリュー内径）

h フライト高さ

w フライト幅

請求の範囲

- [請求項1] ゴム状重合体が投入されるホッパーを一端に有し、ダイを他端に有するシリンダーと、
- 前記シリンダー内に回転可能に配置され、シャフトと当該シャフトの外周面に形成された螺旋状のフライトとを有するスクリューとを備えたゴム状重合体用押出乾燥機であって、
- 前記スクリューが、搬送部と圧縮部とからなるゾーンを複数備え、
- 前記ダイに最も近いゾーンにおいて、前記搬送部におけるシャフトの外径が、前記圧縮部におけるシャフトの外径より小さい、ゴム状重合体用押出乾燥機。
- [請求項2] 前記ダイに最も近いゾーンにおいて、前記圧縮部におけるシャフトの外径と前記搬送部におけるシャフトの外径との比が、 $1 : 0.8 \sim 1 : 0.98$ である、請求項1に記載のゴム状重合体用押出乾燥機。
- [請求項3] 前記ダイに最も近いゾーンにおいて、前記圧縮部においてスクリューが1回転する際に搬送されるゴム状重合体の体積と、前記搬送部においてスクリューが1回転する際に搬送されるゴム状重合体の体積との値が、 $1 : 1.5$ 以上である、請求項1または2に記載のゴム状重合体用押出乾燥機。
- [請求項4] 前記ダイに最も近いゾーンにおいて、前記搬送部におけるフライトの幅が、前記圧縮部におけるフライトの幅より小さい、請求項1から3のいずれか一項に記載のゴム状重合体用押出乾燥機。
- [請求項5] ゴム状重合体が投入されるホッパーを一端に有し、ダイを他端に有するシリンダーと、
- 前記シリンダー内に回転可能に配置され、シャフトと当該シャフトの外周面に形成された螺旋状のフライトとを有するスクリューとを備えた押出乾燥機を用いてゴム状重合体を乾燥させるゴム状重合体の乾燥方法であって、
- 前記スクリューが、搬送部と圧縮部とからなるゾーンを複数備えて

おり、

前記ダイに最も近いゾーンにおいて、前記搬送部におけるシャフトの外径が、前記圧縮部におけるシャフトの外径より小さい押出乾燥機を用いてゴム状重合体を乾燥させる、ゴム状重合体の乾燥方法。

[請求項6]

ゴム状重合体のラテックスまたは重合体溶液を凝固させてゴム状重合体のスラリーを調製する凝固工程と、

前記スラリーを脱水する脱水工程と、

前記脱水したゴム状重合体を押出乾燥する乾燥工程とを有し、

前記乾燥工程は、押出乾燥機によって押出乾燥を行うことを含み、

前記押出乾燥機は、ゴム状重合体が投入されるホッパーを一端に有し、ダイを他端に有するシリンダーと、前記シリンダー内に回転可能に配置され、シャフトと当該シャフトの外周面に形成された螺旋状のフライトとを有するスクリーとを備え、

前記スクリーが、搬送部と圧縮部とからなるゾーンを複数備えており、

前記ダイに最も近いゾーンにおいて、前記搬送部におけるシャフトの外径が、前記圧縮部におけるシャフトの外径より小さい、ゴム状重合体の製造方法。