

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4778063号
(P4778063)

(45) 発行日 平成23年9月21日 (2011. 9. 21)

(24) 登録日 平成23年7月8日 (2011. 7. 8)

(51) Int. Cl.	F 1
B 2 9 C 47/76 (2006. 01)	B 2 9 C 47/76
B 2 9 C 47/40 (2006. 01)	B 2 9 C 47/40
B 2 9 B 7/46 (2006. 01)	B 2 9 B 7/46
B 2 9 B 7/84 (2006. 01)	B 2 9 B 7/84

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2008-535299 (P2008-535299)	(73) 特許権者	000004215
(86) (22) 出願日	平成19年8月27日 (2007. 8. 27)		株式会社日本製鋼所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2007/066521		東京都品川区大崎一丁目11番1号
(87) 国際公開番号	W02008/035541	(74) 代理人	100101856
(87) 国際公開日	平成20年3月27日 (2008. 3. 27)		弁理士 赤澤 日出夫
審査請求日	平成21年9月25日 (2009. 9. 25)	(74) 代理人	100101111
(31) 優先権主張番号	特願2006-253148 (P2006-253148)		弁理士 ▲橋▼場 満枝
(32) 優先日	平成18年9月19日 (2006. 9. 19)	(72) 発明者	高本 誠二
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		広島県広島市安芸区船越南一丁目6番1号
			株式会社日本製鋼所内
		(72) 発明者	井上 茂樹
			広島県広島市安芸区船越南一丁目6番1号
			株式会社日本製鋼所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 脱揮性能予測装置、脱揮性能予測方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

二軸スクリュ押出機での溶液の脱揮処理における脱揮性能予測装置であって、
揮発性物質を含有する非揮発性物質の溶液を搬送するスクリュ（200）上における脱揮処理の対象となる脱揮領域（600）に存在する該溶液の流動状態に関する情報を、該スクリュ溝における前記搬送方向上流側の溝面上に存在する溶液（700）と、スクリュ（200）とパレル（100）の隙間に存在する溶液（800）と、該スクリュ溝における前記搬送方向下流側の溝面上に存在する溶液（900）との流動状態に基づいて算出する流動状態算出手段（101）と、

前記スクリュ（200）上に存在する溶液の流動状態に基づいて算出される前記流動状態に関する情報に基づいて、前記脱揮処理における脱揮性能を予測する脱揮性能予測手段（102）と

を備えてなる脱揮性能予測装置。

【請求項2】

請求項1に記載の脱揮性能予測装置において、

前記脱揮性能予測手段（102）は、

Lを脱揮領域（600）における揮発性物質を含有する非揮発性物質溶液の流路長さ、 L_2 を脱揮領域のスクリュ軸方向における長さ、 C_0 を脱揮領域入口における揮発性物質濃度、 C^* を脱揮が行なわれる圧力温度条件下の揮発性物質と非揮発性物質の気液平衡濃度、 C_L を脱揮後の揮発性物質濃度、 K_1 を脱揮領域で滞留する時間内に表面更新流で形成される暴

10

20

露表面の長さ、と表面更新を考慮しない形状における暴露表面長さとの比率、 K_2 をバレル（１００）とスクリュ（２００）の隙間の平均流速により暴露表面が更新される時間と脱揮領域で滞留する時間との比率、 K_3 をスクリュ噛合部における周速により暴露表面が更新される時間と脱揮領域で滞留する時間との比率、 ρ を揮発性物質を含有する非揮発性物質の溶液密度、 S_1 をスクリュ溝に充満している揮発性物質を含有する非揮発性物質溶液の充満率を考慮し且つ表面更新を考慮しない形状における暴露表面長さ、 S_2 をバレル内表面長さ、 S_3 をスクリュ溝における前記溶液が充満していない部分の総括長さ、 Dd を揮発性物質を含有した非揮発性物質の溶液中における揮発性物質の拡散係数、 N をスクリュ回転速度、 n をスクリュフライト条数、 β をバレル（１００）とスクリュ（２００）の隙間に形成される溶液の薄膜の形成効率、 γ をスクリュ溝における前記溶液が充満していない部分に形成される溶液の薄膜の形成効率、 Q を全体処理量とするとき、

$$\ln(C_0 - C_*) / (C_L - C_*) = (K_1 (2n - 1) \rho S_1 L (DdN)^{1/2} + \beta K_2 \rho S_2 L_2 (DdN)^{1/2} + \gamma K_3 \rho S_3 L (DdN)^{1/2}) / Q$$

に基づいて、前記脱揮処理における脱揮性能を予測する脱揮性能予測装置。

【請求項３】

請求項２に記載の脱揮性能予測装置において、

前記流動状態算出手段（１０１）は、

F をスクリュフライトに沿って流れる前記溶液の推進流速、 E を表面更新流の流速、 θ をスクリュフライトの螺旋角度とするとき、

該スクリュ溝における前記搬送方向上流側の溝面上に存在する溶液（７００）の流動状態を、

$$K_1 = (EL/F) / S_1$$

$$E = \pi DN \sin \theta / 2$$

$$F = \pi DN \cos \theta / 2$$

に基づいて算出する脱揮性能予測装置。

【請求項４】

請求項２に記載の脱揮性能予測装置において、

前記流動状態算出手段（１０１）は、

F をスクリュフライトに沿って流れる前記溶液の推進流速、 G をスクリュチップ部の平均周速度、 W を２軸の軸間距離とするとき、

スクリュ（２００）とバレル（１００）の隙間に存在する溶液（８００）の流動状態を、

$$K_2 = (L/F) / (S_2 / 2G)$$

$$S_2 = 2\pi D (360 - 2\cos^{-1}(W/D)) / 360$$

$$G = n\pi DN / 2$$

に基づいて算出する脱揮性能予測装置。

【請求項５】

請求項２に記載の脱揮性能予測装置において、

前記流動状態算出手段（１０１）は、

F をフライトに沿って流れる推進流速、 I をスクリュ噛合い部の周速とするとき、

前記スクリュ溝における前記搬送方向下流側の溝面上に存在する溶液（９００）の流動状態を、

$$K_3 = (L/F) / (S_3 / I)$$

$$I = n\pi DN$$

に基づいて算出する脱揮性能予測装置。

【請求項６】

二軸スクリュ押出機での溶液の脱揮処理における脱揮性能予測方法であって、

揮発性物質を含有する非揮発性物質の溶液を搬送するスクリュ（２００）上における脱揮処理の対象となる脱揮領域（６００）に存在する該溶液の流動状態に関する情報を、該スクリュ溝における前記搬送方向上流側の溝面上に存在する溶液（７００）と、スクリュ

(200)とバレル(100)の隙間に存在する溶液(800)と、該スクリュ溝における前記搬送方向下流側の溝面上に存在する溶液(900)との流動状態に基づいて算出し、

前記スクリュ(200)上に存在する溶液の流動状態に基づいて算出される前記流動状態に関する情報に基づいて、前記脱揮処理における脱揮性能を予測する脱揮性能予測方法。

【請求項7】

請求項6に記載の脱揮性能予測方法において、

Lを脱揮領域(600)における揮発性物質を含有する非揮発性物質溶液の流路長さ、 L_2 を脱揮領域のスクリュ軸方向における長さ、 C_0 を脱揮領域入口における揮発性物質濃度、 C_* を脱揮が行なわれる圧力温度条件下の揮発性物質と非揮発性物質の気液平衡濃度、 C_L を脱揮後の揮発性物質濃度、 K_1 を脱揮領域で滞留する時間内に表面更新流で形成される暴露表面の長さとして表面更新を考慮しない形状における暴露表面長さとの比率、 K_2 をバレル(100)とスクリュ(200)の隙間の平均流速により暴露表面が更新される時間と脱揮領域で滞留する時間との比率、 K_3 をスクリュ噛合部における周速により暴露表面が更新される時間と脱揮領域で滞留する時間との比率、 ρ を揮発性物質を含有する非揮発性物質の溶液密度、 S_1 をスクリュ溝に充満している揮発性物質を含有する非揮発性物質溶液の充満率を考慮し且つ表面更新を考慮しない形状における暴露表面長さ、 S_2 をバレル内表面長さ、 S_3 をスクリュ溝における前記溶液が充満していない部分の総括長さ、 Dd を揮発性物質を含有した非揮発性物質の溶液中における揮発性物質の拡散係数、 N をスクリュ回転速度、 n をスクリュフライト条数、 β をバレル(100)とスクリュ(200)の隙間に形成される溶液の薄膜の形成効率、 γ をスクリュ溝における前記溶液が充満していない部分に形成される溶液の薄膜の形成効率、 Q を全体処理量とするとき、

$$\ln(C_0 - C_*) / (C_L - C_*) = (K_1(2n-1) \rho S_1 L (DdN)^{1/2} + \beta K_2 \rho S_2 L_2 (DdN)^{1/2} + \gamma K_3 \rho S_3 L (DdN)^{1/2}) / Q$$

に基づいて、前記脱揮処理における脱揮性能を予測する脱揮性能予測方法。

【請求項8】

請求項7に記載の脱揮性能予測方法において、

F をスクリュフライトに沿って流れる前記溶液の推進流速、 E を表面更新流の流速、 θ をスクリュフライトの螺旋角度とするとき、

該スクリュ溝における前記搬送方向上流側の溝面上に存在する溶液(700)の流動状態を、

$$K_1 = (EL/F) / S_1$$

$$E = \pi DN \sin \theta / 2$$

$$F = \pi DN \cos \theta / 2$$

に基づいて算出する脱揮性能予測方法。

【請求項9】

請求項7に記載の脱揮性能予測方法において、

F をスクリュフライトに沿って流れる前記溶液の推進流速、 G をスクリュチップ部の平均周速度、 W を2軸の軸間距離とするとき、

スクリュ(200)とバレル(100)の隙間に存在する溶液(800)の流動状態を、

$$K_2 = (L/F) / (S_2/2G)$$

$$S_2 = 2\pi D(360 - 2\cos^{-1}(W/D)) / 360$$

$$G = n\pi DN / 2$$

に基づいて算出する脱揮性能予測方法。

【請求項10】

請求項7に記載の脱揮性能予測方法において、

F をスクリュフライトに沿って流れる推進流速、 I をスクリュ噛合い部の周速とするとき、

前記スクリュ溝における前記搬送方向下流側の溝面上に存在する溶液(900)の流動

状態を、

$$K_3 = (L/F) / (S_3/I)$$

$$I = n \pi D N$$

に基づいて算出する脱揮性能予測方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、二軸スクリュ押出機での脱揮処理における脱揮性能の予測方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、スクリュ式押出機の脱揮操作における脱揮性能予測方法として、以下の式(1)に示すLatinenのモデル式が一般的に活用されている。

$$\ln(C_0 - C_*) / (C_L - C_*) = K \rho S L (DdN)^{1/2} / Q \quad \dots (1)$$

ここで C_0 は脱揮領域入口の(脱揮直前の)揮発性物質濃度(ppm)、 C_L は脱揮後の揮発性物質濃度(ppm)、 C_* は脱揮が行なわれる圧力温度条件下の揮発性物質と非揮発性物質(ポリマーやゴムなどの溶液)の気液平衡濃度(ppm)、 K は物質移動係数、 ρ は揮発性物質を含有した非揮発性物質の溶液密度(kg/m^3)、 S は押出機スクリュフライトに直角な断面における揮発性物質を含有した非揮発性物質の溶液の境膜表面長さ(m)、 L は脱揮領域の揮発性物質を含有した非揮発性物質の溶液の流路長さ(m)、 Dd は揮発性物質を含有した非揮発性物質の溶液中における揮発性物質の拡散係数(m^2/s)、 N はスクリュ回転速度(s^{-1})、 Q は全体処理量(kg/s)である。

【0003】

図16は、従来の二軸スクリュ押出機の概略構成を示す図である。このLatinenのモデル式は、図16に示すような二軸スクリュ押出機の脱揮領域で、スクリュの回転により更新された揮発性物質を含有した非揮発性物質の境膜(暴露表面層)の総括面積と揮発性物質の非揮発性物質からの拡散速度との積、すなわち脱揮処理された揮発性物質を含有した非揮発性物質の重量と全体の揮発性物質を含有した非揮発性物質の重量の比率により、脱揮後の残存揮発性物質の濃度を予測するものである。

【0004】

図16において、100は加熱冷却可能なバレル、200はスクリュ、300はベント(分離した揮発性物質を除去する開口部)、401および402は混練スクリュ、501および502は揮発性物質を含有した非揮発性物質がバレル内に完全に充満した部分、600は揮発性物質を含有した非揮発性物質が非充満状態で流動している部分(脱揮領域)を示す。

【0005】

このLatinenのモデル式における C_0 、 C_* 、 C_L 、 ρ 、 Dd は、非揮発性物質、揮発性物質、または揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の特性因子であり、 N 、 Q は押出機の操作因子である。これら因子は、脱揮操作の環境や条件により変化する因子である。

【0006】

また、このLatinenのモデル式における「 $SL(DdN)^{1/2}$ 」は、「 $SL(Dd/(1/N))^{1/2}$ 」と置換することができ、単位時間あたりにバレルとスクリュに形成された揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の暴露表面層と考えることができる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、二軸スクリュ押出機では、揮発性物質を含有した非揮発性物質の溶液が、スクリュ内で絶え間なく流動しており、脱揮領域でスクリュの回転によりバレルとスクリュに

10

20

30

40

50

形成される溶液の形状および暴露表面層は、絶え間なく変化している。

【0008】

このLatinenのモデル式では、溶液の流動挙動が考慮されておらず、表面更新挙動による脱揮性能を正確に予測することができない。

【0009】

本発明は上述した問題点を解決するためになされたものであり、二軸スクリュ押出機での脱揮性能の予測において、適応性が高く、より正確な脱揮性能予測を実現することのできる技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上述した課題を解決するため、本発明の一態様に係る脱揮性能予測装置は、二軸スクリュ押出機での溶液の脱揮処理における脱揮性能予測装置であって、揮発性物質を含有する非揮発性物質の溶液を搬送するスクリュ(200)上における脱揮処理の対象となる脱揮領域(600)に存在する該溶液の流動状態に関する情報を、該スクリュ溝における前記搬送方向上流側の溝面上に存在する溶液(700)と、スクリュ(200)とバレル(100)の隙間に存在する溶液(800)と、該スクリュ溝における前記搬送方向下流側の溝面上に存在する溶液(900)との流動状態に基づいて算出する流動状態算出手段(101)と、前記スクリュ(200)上に存在する溶液の流動状態に基づいて算出される前記流動状態に関する情報に基づいて、前記脱揮処理における脱揮性能を予測する脱揮性能予測手段(102)とを備えてなることを特徴とするものである。

【0011】

また、本発明に係る脱揮性能予測方法は、二軸スクリュ押出機での溶液の脱揮処理における脱揮性能予測方法であって、揮発性物質を含有する非揮発性物質の溶液を搬送するスクリュ(200)上における脱揮処理の対象となる脱揮領域(600)に存在する該溶液の流動状態に関する情報を、該スクリュ溝における前記搬送方向上流側の溝面上に存在する溶液(700)と、スクリュ(200)とバレル(100)の隙間に存在する溶液(800)と、該スクリュ溝における前記搬送方向下流側の溝面上に存在する溶液(900)との流動状態に基づいて算出し、前記スクリュ(200)上に存在する溶液の流動状態に基づいて算出される前記流動状態に関する情報に基づいて、前記脱揮処理における脱揮性能を予測することを特徴とするものである。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本実施の形態による脱揮性能予測装置Mについて説明するための機能ブロック図である。

【図2】スクリュ1ピース当たりの流路図である。

【図3】スクリュ軸直角断面においてバレルとスクリュに形成される揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の充満状態図である。

【図4】表面更新を考慮しない場合のスクリュ溝に存在する揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の充満状態をスクリュフライト直角断面から模式化した図である。

【図5】スクリュフライト直角においてバレルとスクリュ溝に形成される揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の充満状態の分割図である。

【図6】スクリュ溝における揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の流動状態の模式図である。

【図7】バレルとスクリュの隙間(チップ部)における揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の形成および流動状態の模式図である。

【図8】実験装置の概略構成を示す図である。

【図9】実験に使用したスクリュ形状を示す図である。

【図10】実験結果を示す図である。

【図11】ポリエチレンとn-ヘキサンの気液平衡濃度図である。

【図12】ポリエチレンとn-ヘキサンの気液平衡濃度の温度依存性図である。

10

20

30

40

50

【図 1 3】実施結果から n -ヘキサンの拡散速度を変化させ算出した本予測式の左項と右項の相関関係図である。

【図 1 4】実施結果からポリマー溶液の充満形成効率を変化させ算出した本予測式の左項と右項の相関関係図である。

【図 1 5】本実施の形態による脱揮性能予測装置 M における処理（脱揮性能予測方法）の流れについて説明するためのフローチャートである。

【図 1 6】従来の二軸スクリュ押出機の概略構成を示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。本実施の形態による脱揮性能予測装置 M は、図 1 6 に示した構成と同様な構成を有する二軸スクリュ押出機に対して適用されるものであるため、以下本実施の形態では、上記従来技術にて述べた部分と同様な部分については同一符号を付し、説明は割愛する。

【0014】

図 1 は、本実施の形態による脱揮性能予測装置 M について説明するための機能ブロック図である。同図に示すように、本実施の形態による脱揮性能予測装置 M は、流動状態算出手段 101、脱揮性能予測手段 102、CPU 801 および MEMORY 802 を備えており、二軸スクリュ押出機での溶液の脱揮処理における脱揮性能予測を行なう。

【0015】

流動状態算出手段 101 は、揮発性物質を含有する非揮発性物質の溶液を搬送するスクリュ 200 上における脱揮処理の対象となる脱揮領域 600 に存在する該溶液の流動状態に関する情報を、該スクリュ溝における搬送方向上流側の溝面上に存在する溶液 700 と、スクリュ 200 とパレル 100 の隙間に存在する溶液 800 と、該スクリュ溝における搬送方向下流側の溝面上に存在する溶液 900 との流動状態に基づいて算出する機能を有している。

【0016】

脱揮性能予測手段 102 は、スクリュ 200 上に存在する溶液の流動状態に基づいて算出される流動状態に関する情報に基づいて、脱揮処理における脱揮性能を予測する機能を有している。なお、脱揮性能予測手段 102 における脱揮性能の予測方法の詳細については後述する。

【0017】

CPU 801 は、脱揮性能予測装置 M における各種処理を行なう役割を有しており、また MEMORY 802 に格納されているプログラムを実行することにより種々の機能を実現する役割も有している。MEMORY 802 は、例えば ROM や RAM 等から構成されており、脱揮性能予測装置 M において利用される種々の情報やプログラムを格納する役割を有している。

【0018】

脱揮領域において、揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液は、スクリュ溝を非充満状態で流動している。揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液のフライトに沿った流路長さは、図 2 に示すように完全に噛合った二軸スクリュのスクリュ 1 ピース当たりの流路 L_1 を次式から求め、図 1 6 に示す脱揮領域を構成しているスクリュのポリマー流路を総括したものである。

$$L_1 = (3/4 + 2B)C/n \quad \cdots (2)$$

$$B = (90 - \cos^{-1}(W/D))/360 \quad \cdots (3)$$

$$C = \pi(D - H)/\cos \theta \quad \cdots (4)$$

ここで、 n はスクリュフライト条数、 D はシリンダ内径(m)、 W は 2 軸の軸間距離(m)、 H はスクリュ溝深さ(m)、 θ はスクリュフライトの螺旋角度(deg.)である。

【0019】

スクリュ軸に直角な断面にて溶液の流動状態を考えると、2条フライングスクリュの場合、図3に示すように、溶液は3箇所に分割され流動していることになる。

【0020】

図4は、表面更新を考慮しない場合のスクリュ溝に存在する揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の充満状態をスクリュフラインに直交する断面から模式化したものである。スクリュ溝に存在する揮発性物質を含有した非揮発性物質の溶液の充満状態は、スクリュ溝に存在する流動形態の違う以下の3つの形状から形成されている。

(1)スクリュ溝における搬送方向上流側の溝面（溶液が充満している部分）上に存在する溶液の形状

(2)スクリュとバレルの隙間（チップ部）に形成される薄膜形状

10

(3)スクリュ溝における溶液が充満していない部分に形成される薄膜形状

【0021】

これら3つの形状を図5のように分割して、それぞれの表面更新効率を考慮した次式にすることにより、脱揮性能予測手段102は、暴露表面積をより明確化した脱揮性能を予測することができる。

$$\ln(C_0 - C_*) / (C_L - C_*) = (K_1 (2n - 1) \rho S_1 L (DdN)^{1/2} + \beta K_2 \rho S_2 L_2 (DdN)^{1/2} + \gamma K_3 \rho S_3 L (DdN)^{1/2}) / Q \quad \cdots (5)$$

ここで、Lを脱揮領域（600）における揮発性物質を含有する非揮発性物質（ポリマーやゴムなどの溶液）溶液の流路長さ(m)、 L_2 を脱揮領域のスクリュ軸方向における長さ、 C_0 を脱揮領域入口における揮発性物質濃度(ppm)、 C_* を脱揮が行なわれる圧力温度条件下の揮発性物質と非揮発性物質の気液平衡濃度(ppm)、 C_L を脱揮後の揮発性物質濃度(ppm)、 K_1 を脱揮領域で滞留する時間内に表面更新流で形成される暴露表面の長さ（表面更新効率1）、 K_2 をバレル（100）とスクリュ（200）の隙間の平均流速により暴露表面が更新される時間と脱揮領域で滞留する時間との比率（表面更新効率2）、 K_3 をスクリュ噛合部における周速により暴露表面が更新される時間と脱揮領域で滞留する時間との比率（表面更新効率3）、 ρ を揮発性物質を含有する非揮発性物質の溶液密度(kg/m³)、 S_1 をスクリュ溝に充満している揮発性物質を含有する非揮発性物質溶液の充満率を考慮し且つ表面更新を考慮しない形状における暴露表面長さ(m)、 S_2 をバレル内表面長さ(m)、 S_3 をスクリュ溝における溶液が充満していない部分の長さ(m)、Ddを揮発性物質を含有した非揮発性物質の溶液中における揮発性物質の拡散係数(m²/s)、Nをスクリュ回転速度(s⁻¹)、nをスクリュフライン条数、 β をバレル（100）とスクリュ（200）の隙間（チップ部）に形成される溶液の薄膜の形成効率、 γ をスクリュ溝における溶液が充満していない部分に形成される溶液の薄膜の形成効率、Qを全体処理量(kg/s)とする。

20

30

【0022】

図4に示す流動形態の違う3つの形状を、図5のように分割して考える。

【0023】

(1)スクリュ溝における搬送方向上流側の溝面上に存在する溶液の形状

40

スクリュ溝内の揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の流動状態を図6に示すように単純化した場合、スクリュの回転速度に伴いスクリュのフライングに沿って流れる速度と、スクリュフラインに垂直に流れる速度に分割される。そして、スクリュフラインに沿って流れる速度が推進流速F(m/s)とし、揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の脱揮領域における滞留時間を決める。

一方、垂直に流れる速度を表面更新流速E(m/s)と考え、脱揮領域を滞留する時間内に表面更新流で形成される暴露表面の長さを導出する。この長さとスクリュ溝に充満している溶液の充満率を考慮し、表面更新を考慮しない形状における暴露表面長さ S_1 (m)との比率を表面更新効率 K_1 とし次式とする。

50

$$K_1 = (EL/F)/S_1 \quad \cdots (6)$$

$$E = \pi DN \sin \theta / 2 \quad \cdots (7)$$

$$F = \pi DN \cos \theta / 2 \quad \cdots (8)$$

ここで、Lは脱揮領域の揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の流路長さ(m)、Dはシリンダ内径(m)、Nはスクリュ回転速度(s^{-1})、 θ はスクリュフライトの螺旋角度(deg.)である。

【0024】

(2) スクリュとバレルの隙間に存在する溶液の形状

スクリュ200とバレル100の隙間に存在する溶液800の薄膜は、図7に示すように、スクリュフライトのチップ部における平均周速度G(m/s)に影響を受け、チップ部の平均流速によりポリマー溶液の薄膜は更新される。チップ部の平均流速で更新する時間と脱揮領域を滞留する時間の比率を表面更新効率 K_2 とし次式とする。

$$K_2 = (L/F)/(S_2/2G) \quad \cdots (9)$$

$$S_2 = 2\pi D(360 - 2\cos^{-1}(W/D))/360 \quad \cdots (10)$$

$$G = n\pi DN/2 \quad \cdots (11)$$

ここで、Lは脱揮領域の揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の流路長さ(m)、Fはスクリュフライトに沿って流れる溶液の推進流速(m/s)、 S_2 はバレル内表面長さ(m)、Dはシリンダ内径(m)、Wは2軸の軸間距離(m)、nはスクリュフライト条数、Nはスクリュ回転速度(s^{-1})である。

【0025】

(3) スクリュ溝における搬送方向下流側の溝面上に存在する溶液の形状

スクリュの溝底に形成した薄膜もスクリュフライトの周速度の影響を受け二軸スクリュの噛合い部分で更新される。スクリュ噛合い部の周速I(m/s)で更新する時間と脱揮領域を滞留する時間の比率を表面更新効率 K_3 とし次式とする。

$$K_3 = (L/F)/(S_3/I) \quad \cdots (12)$$

$$I = n\pi DN \quad \cdots (13)$$

ここで、Lは脱揮領域の揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の流路長さ(m)、Fはスクリュフライトに沿って流れる推進流速(m/s)、 S_3 はスクリュ溝底部の揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の非充填部の総括長さ(m)、nはスクリュフライト条数、Dはシリンダ内径(m)、Nはスクリュ回転速度(s^{-1})である。

【0026】

実験装置を図8に示す。揮発性物質を含む実験用模擬材を調合するためにメルター用押出機を上段に設置し、下段に脱揮実験のための脱揮用二軸スクリュ押出機を配置した。メルター用押出機では、ポリマーペレットを定量供給フィーダー170で供給後に溶融し、揮発性物質となる溶媒をプランジャーポンプ180で定量供給後、十分に溶解分散させる。このように調合されたポリマー溶液を脱揮用押出機160に供給した。

【0027】

脱揮用二軸押出機160は、(株)日本製鋼所製、噛合い型同方向回転式二軸スクリュ押出機(TEX65 α II)で、ベント口は1箇所設置されている。図9に実験に使用したスクリュ

形状を示す。脱揮領域の長さがL/Dで約10.5のNo.1スクリュと、約14のNo.2スクリュの2つの形状にて比較検討を実施した。両スクリュ形状とも脱揮領域は2条フライトで構成されている。

【0028】

実験原料として、ポリマーは低密度ポリエチレン(LDPE:MI=2/ペレット形状

10

20

30

40

50

)、揮発性物質にn-ヘキサンを使用し、ポリマー溶液中のn-ヘキサン濃度が0.3 wt%、ポリマー溶液温度が190 °Cになるようメルター押出機150で調合し脱揮用二軸スクリュ押出機160に供給した。ポリマー溶液温度は、メルター用押出機と脱揮用二軸スクリュ押出機を繋ぐポリマー配管に設置している熱電対式の樹脂温度計2000で測定した。
【0029】

脱揮条件は、処理量Qを150, 250 kg/hに変化させる2水準、処理量150 kg/hの場合Q/Nを0.75, 1.00, 1.50に変化させる3水準、処理量250 kg/hの場合Q/Nを1.00, 1.50に変化させる2水準とし合計5水準とした。バレル温度は全体的に200 °Cに保温し、真空度は 4×10^{-3} MPaに制御した。脱揮用押出機先端に配備したダイヤフラム式圧力計220で押出機から押出されるポリマー溶液の圧力測定を実施し、また、押出機から吐出されたポリマー溶液の温度を、熱電対式のハンディータイプの温度計で測定した。吐出したポリマー溶液をサンプリングし、ガスクロマトグラフ法により揮発性物質の濃度を測定した。

10

【0030】

実験結果を図10に示す。図10の実験結果から本予測式の適応性を確認した。

$$\ln(C_0 - C_*) / (C_L - C_*) = (K_1(2n-1) \rho S_1 L (DdN)^{1/2} + \beta K_2 \rho S_2 L_2 (DdN)^{1/2} + \gamma K_3 \rho S_3 L (DdN)^{1/2}) / Q \quad \dots (5)$$

【0031】

まず、本予測式の左項について、 C_0 と C_L は実験結果から分かる。 C_* について、ポリエチレンとn-ヘキサンのヘンリー定数H(MPa)から次式より図11に示す平衡濃度図を求め、さらに、真空度 4×10^{-3} MPa時のポリマー溶液温度に対する平衡濃度を算出し、図12にまとめた。

20

$$C_* = P/H \quad \dots (14)$$

ここで、Pは脱揮領域での真空度(MPa)である。

【0032】

また、輸送中のポリマーの昇温は僅かであるため、脱揮領域におけるポリマー溶液温度は吐出樹脂温度と同等と仮定し、各条件における平衡濃度を求めた。

【0033】

30

次に、本予測式の右項について、脱揮領域を形成しているスクリュ構成から非充填部となる各スクリュのポリマー流路を求め総括し、脱揮領域のポリマー溶液流路長さLとした。一方、 L_2 については、バレル100とスクリュ200の隙間に形成されたポリマー溶液形状なので、スクリュ200のポリマー溶液流路に起因するものではないため、脱揮領域のスクリュ軸方向における長さとした。

【0034】

揮発性物質が少ないためポリマー溶液の密度 ρ は、ポリエチレンの溶融密度750kg/m³を使用した。

【0035】

ポリマー溶液の粘度差による薄膜形成状態を考えると、一般に、ポリマー溶液の粘度が低い場合、バレルとスクリュの隙間、およびスクリュ間の隙間に完全にポリマー溶液の薄膜が形成されていることが予測される。しかし、粘度が高い場合、バレルとスクリュの隙間、およびスクリュ間の隙間にどの程度ポリマー溶液の薄膜が形成されるか明確ではない。そこで、以下の2つ手法により本予測式の評価を行なった。

40

【0036】

(a) バレルとスクリュの隙間、およびスクリュ間の隙間に完全に薄膜が形成される場合(ポリマー溶液の粘度が低く、充填効率 β , γ が1となる場合)

ポリマーからの揮発性物質の拡散係数は、一般的に $10^{-8} \sim 10^{-12}$ m²/sと考えられているため、揮発性物質の拡散係数Ddを 1×10^{-8} , 5×10^{-9} , 1×10^{-9} m²/sとし、実験結果を本予測式により計算し、本予測式の左項と右項の関係を図13に示した。

50

【0037】

図13から、揮発性物質の拡散係数 Dd の違いにより、左項と右項の値には差が出ているが、比例関係にあることが分かる。

【0038】

また、揮発性物質の拡散係数 Dd が $1 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ の場合、左項と右項の値がほぼ一致する結果となった。

【0039】

粘度が低い n -ヘキサン-ポリエチレン系では、拡散係数 Dd を $1 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ とすることが妥当であることが判明した。

【0040】

(b) パレルとスクリュの隙間、およびスクリュ間の隙間に部分的に薄膜が形成される場合(ポリマー溶液粘度が高く、充満効率 β 、 γ が変化する場合)

上記(a)で求めた粘度が低い n -ヘキサン-ポリエチレン系の拡散係数 Dd を $1 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ を使用すると、充満効率を低下させることで本予測式の左項と右項の値がかけ離れることは明確である。そこで、拡散係数 Dd を一般的な拡散係数の上限値 $1 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ とし、ポリマー溶液充満効率 β を0.1, 0.5, 1として、本予測式の左項と右項の関係を図14に示した。

【0041】

図14から、ポリマー溶液充満効率 β が0.5以上では、左項と右項の値の差は大きく、ポリマー溶液充満効率 β が0.1~0.5であれば比較的左項と右項の値が一致する結果となった。

【0042】

このことは、粘度が高い場合、薄膜形成状態が実際には5割以下であることを示唆している。

【0043】

これら結果より、本予測式は、ポリマーからの揮発性物質の拡散係数やポリマー溶液の粘度による充満効率を考慮すれば適応性が高いものと考えられる。

【0044】

続いて、脱揮性能予測手段102における脱揮性能の予測方法の詳細について説明する。

【0045】

本実施の形態による脱揮性能予測装置Mにおける脱揮性能予測手段102での脱揮性能の予測とは、脱揮能力の予測(すなわち、脱揮後の非揮発性物質溶液に残存する揮発性物質の濃度 C_L の予測)に相当するものである。

【0046】

具体的に、脱揮性能予測手段102では、以下の(a)~(e)の因子、

(a) 揮発性物質、非揮発性物質、揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の特性因子： C_0 , C_* , Dd , ρ

(b) スクリュおよびパレルの形状因子： L , L_2 , n

(c) 二軸スクリュ押出機における運転条件： N , Q

(d) 上記(b)および(c)における合同因子： K_1 , K_2 , K_3

(e) 上記(a)~(c)における合同因子(すなわち、運転条件におけるスクリュとパレルの間に形成される原料溶液の形成状態および流動状態)： S_1 , S_2 , S_3 , β , γ

を式(5)に対して、「原料の入口条件」、「原料特性」、「スクリュ形状(寸法)」、「パレル構成(寸法)」および「運転条件」として代入することにより、脱揮後の揮発性物質濃度 C_L (出口条件)(二軸スクリュ押出機での脱揮処理における脱揮性能に相当)を予測する。

【0047】

図15は、本実施の形態による脱揮性能予測装置Mにおける処理（脱揮性能予測方法）の流れについて説明するためのフローチャートである。

【0048】

流動状態算出部101は、揮発性物質を含有する非揮発性物質の溶液を搬送するスクリュ200上における脱揮処理の対象となる脱揮領域600に存在する該溶液の流動状態に関する情報を、該スクリュ溝における搬送方向上流側の溝面上に存在する溶液700と、スクリュ200とバレル100の隙間に存在する溶液800と、該スクリュ溝における搬送方向下流側の溝面上に存在する溶液900との流動状態に基づいて算出する（流動状態算出ステップ）（S101）。

【0049】

脱揮性能予測手段102は、スクリュ200上に存在する溶液の流動状態に基づいて算出される流動状態に関する情報に基づいて、脱揮処理における脱揮性能を予測する（脱揮性能予測ステップ）（S102）。

【0050】

なお、具体的には、 L を脱揮領域（600）における揮発性物質を含有する非揮発性物質溶液の流路長さ、 L_2 を脱揮領域のスクリュ軸方向における長さ、 C_0 を脱揮領域入口における揮発性物質濃度、 C_* を脱揮が行なわれる圧力温度条件下の揮発性物質と非揮発性物質の気液平衡濃度、 C_L を脱揮後の揮発性物質濃度、 K_1 を脱揮領域で滞留する時間内に表面更新流で形成される暴露表面の長さ（と表面更新を考慮しない形状における暴露表面長さとの比率）、 K_2 をバレル（100）とスクリュ（200）の隙間の平均流速により暴露表面が更新される時間と脱揮領域で滞留する時間との比率、 K_3 をスクリュ嚙合部における周速により暴露表面が更新される時間と脱揮領域で滞留する時間との比率、 ρ を揮発性物質を含有する非揮発性物質の溶液密度、 S_1 をスクリュ溝に充滿している揮発性物質を含有する非揮発性物質溶液の充滿率を考慮し且つ表面更新を考慮しない形状における暴露表面長さ、 S_2 をバレル内表面長さ、 S_3 をスクリュ溝における溶液が充滿していない部分の総括長さ、 Dd を揮発性物質を含有した非揮発性物質の溶液中における揮発性物質の拡散係数、 N をスクリュ回転速度、 n をスクリュフライト条数、 β をバレル（100）とスクリュ（200）の隙間に形成される溶液の薄膜の形成効率、 γ をスクリュ溝における溶液が充滿していない部分に形成される溶液の薄膜の形成効率、 Q を全体処理量とするとき、

$$\ln(C_0 - C_*) / (C_L - C_*) = (K_1(2n-1) \rho S_1 L (DdN)^{1/2} + \beta K_2 \rho S_2 L_2 (DdN)^{1/2} + \gamma K_3 \rho S_3 L (DdN)^{1/2}) / Q \quad \cdots (5)$$

に基づいて、脱揮処理における脱揮性能を予測する。

【0051】

なお、ここでのスクリュ溝における搬送方向上流側の溝面上に存在する溶液700の流動状態、スクリュ200とバレル100の隙間に存在する溶液800の流動状態、スクリュ溝における搬送方向下流側の溝面上に存在する溶液900の流動状態については、上述の式（6）～式（13）と同様の式を用いて算出する。

【0052】

上述の脱揮性能予測装置Mでの処理における各ステップは、MEMORY802に格納されている脱揮性能予測プログラムをCPU801に実行させることにより実現されるものである。

【0053】

このように、本実施の形態によれば、Latinenのモデル式を活用したスクリュ式押出機の脱揮性能予測における課題を解決するために、揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液が輸送スクリュにより非充滿状態で輸送されているとき、バレルとスクリュに形成される揮発性物質を含有した非揮発性物質溶液の流動挙動を考慮し、単位時間あたりのバレルとスクリュ溝に存在する溶液の充滿形成状態を、スクリュフライト直角断面で流動形態の違う3つの形状に分類した新しいモデルを構築し、それぞれの流動形態を検討し新し

10

20

30

40

50

く表面更新効率を導入した、より適応性の高い脱揮性能予測方法を提供することができる。

【0054】

本発明を特定の態様により詳細に説明したが、本発明の精神および範囲を逸脱しないかぎり、様々な変更および改質がなされ得ることは、当業者には自明であろう。

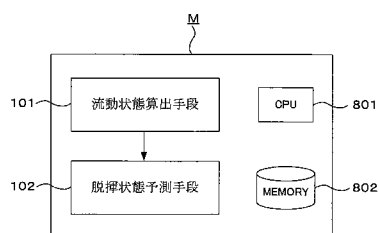
【産業上の利用可能性】

【0055】

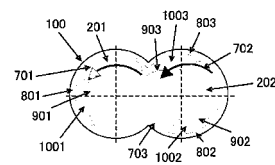
以上に詳述したように本発明によれば、二軸スクリュ押出機での脱揮性能の予測において、適応性が高く、より正確な脱揮性能予測を実現することのできる技術を提供することが可能となる。

10

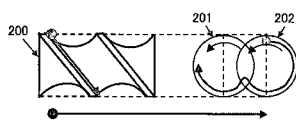
【図1】



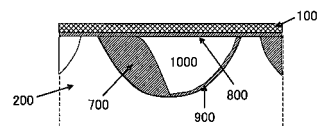
【図3】



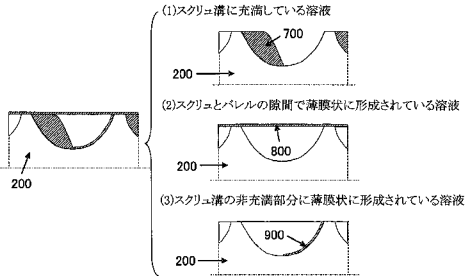
【図2】



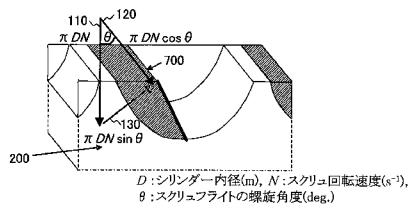
【図4】



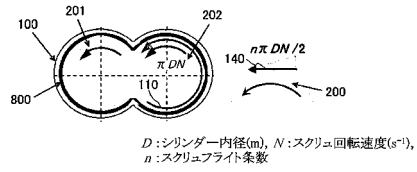
【図 5】



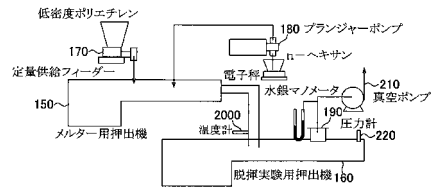
【図 6】



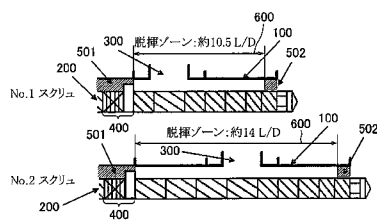
【図 7】



【图 8】



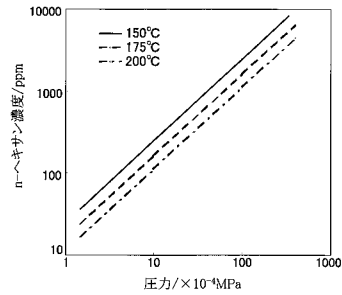
【图 9】



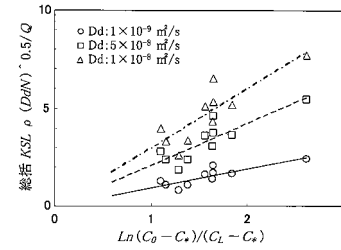
【図 10】

2号 No.	処理量 kg/h	2号に吐出速度 Q/(N/s)	2号の温度 °C	真密度 ×10 ³ g/cm ³	先端側圧力 N/Pa	吐出部温度 °C	入口2号の温度 (°C)	出口2号の温度 (°C)	
1	150	150	200	4	1.6	231	3000	1154	
	150	150	200	4	1.4	240	3000	806	
	150	200	0.75	200	4	248	3000	691	
	250	167	150	200	4	0.8	244	3000	1017
	250	250	100	200	4	0.8	250	3000	934
2	150	150	200	4	0.8	238	3000	895	
	150	100	200	4	0.8	245	3000	464	
	250	167	0.75	200	4	245	3000	1189	
	250	250	150	200	4	238	3000	1189	
	250	167	150	200	4	238	3000	1189	

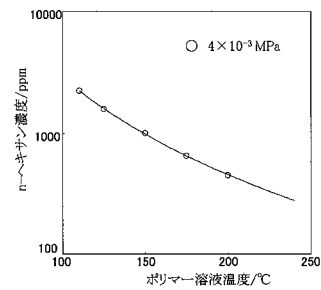
【図 1 1】



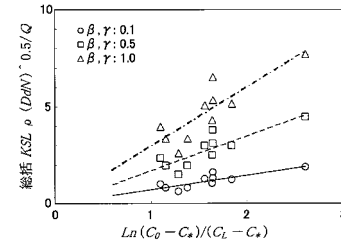
【図 1 3】



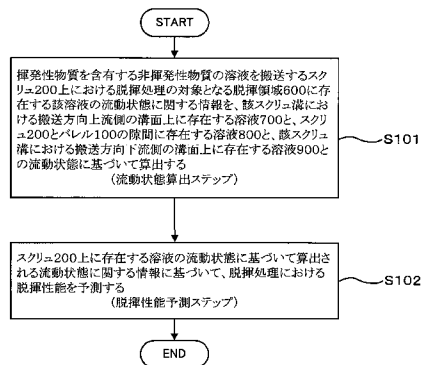
【図 1 2】



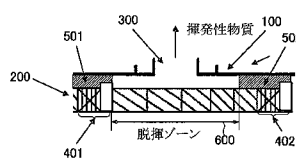
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 富山 秀樹
広島県広島市安芸区船越南一丁目6番1号 株式会社日本製鋼所内
- (72)発明者 新谷 浩昭
広島県広島市安芸区船越南一丁目6番1号 株式会社日本製鋼所内
- (72)発明者 稲川 憲司
広島県広島市安芸区船越南一丁目6番1号 株式会社日本製鋼所内

審査官 川端 康之

- (56)参考文献 特開平7-88927 (JP, A)
特許第3712762 (JP, B2)
特開2004-148722 (JP, A)
特開平11-245280 (JP, A)
特開平10-244579 (JP, A)
特開平9-29819 (JP, A)
特開平5-50491 (JP, A)
特開平4-304921 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B29C47/00-47/96
B29B7/00-7/94