

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5922982号
(P5922982)

(45) 発行日 平成28年5月24日 (2016. 5. 24)

(24) 登録日 平成28年4月22日 (2016. 4. 22)

(51) Int. Cl.			F I		
B 2 4 C	5/04	(2006. 01)	B 2 4 C	5/04	A
B 2 4 C	1/00	(2006. 01)	B 2 4 C	1/00	A
B 2 4 C	5/02	(2006. 01)	B 2 4 C	5/02	A
B 2 4 C	3/00	(2006. 01)	B 2 4 C	3/00	Z

請求項の数 3 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2012-101270 (P2012-101270)	(73) 特許権者	000231235
(22) 出願日	平成24年4月26日 (2012. 4. 26)		大陽日酸株式会社
(65) 公開番号	特開2013-226628 (P2013-226628A)		東京都品川区小山一丁目3番26号
(43) 公開日	平成25年11月7日 (2013. 11. 7)	(73) 特許権者	591107034
審査請求日	平成26年12月22日 (2014. 12. 22)		日本液炭株式会社
			東京都港区芝四丁目1番23号
		(74) 代理人	100064908
			弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100094400
			弁理士 鈴木 三義
		(74) 代理人	100152146
			弁理士 伏見 俊介
		(72) 発明者	中林 宏行
			東京都品川区小山一丁目3番26号 大陽日酸株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ドライアイス噴射用ノズル及びドライアイス噴射装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ドライアイスが圧縮ガスと共に圧送される流路を形成し、この流路の先端側に設けられた噴出口からドライアイス噴射するドライアイス噴射用ノズルであって、

前記噴出口が断面略矩形形状を有して、前記流路内の断面積最小部から前記噴出口に向かって、前記噴出口の長手方向において漸次径が拡大すると共に、前記噴出口の短手方向において漸次径が縮小する管路を備え、なお且つ、この管路の流路断面積が、前記断面積最小部から前記噴出口に向かって漸次拡大しており、

前記管路は、前記流路の基端側に設けられた導入口から前記断面積最小部に向かって漸次径が縮小する形状を有し、

前記管路において、前記断面積最小部での流路断面積を A_1 、適正膨張時の噴出口での流路断面積を A_2 、前記噴出口での流路断面積を A_3 とし、

前記導入口での流路内圧力を p_0 、前記噴出口での流路内圧力を p 、適正膨張時の噴出口でのマッハ数を M 、前記圧縮ガスの比熱比を k としたときに、

前記適正膨張時の噴出口での流路断面積 A_2 は、前記適正膨張時の噴出口でのマッハ数 M を下記式(1)により求め、この求めた値を下記式(2)に代入することにより求まる値であり、

前記噴出口での流路断面積 A_3 は、下記式(3)の関係を満足する値に設定されていることを特徴とするドライアイス噴射用ノズル。

【数 1】

$$\frac{p_0}{p} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (1)$$

【数 2】

$$\frac{A_2}{A_1} = \sqrt{\frac{1}{M^2} \left\{ \frac{2}{k+1} \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2\right) \right\}^{\frac{k+1}{k-1}}} \quad (2) \quad 10$$

【数 3】

$$1 < \frac{A_3}{A_2} \quad (3)$$

【請求項 2】

ドライアイスと圧縮ガスと共に噴射するドライアイス噴射用ノズルと、
前記ドライアイスと前記圧縮ガスが混合される混合室と、
前記混合室にドライアイスを提供するドライアイス供給手段と、
前記混合室に圧縮ガスを供給する圧縮ガス供給手段とを備え、
前記ドライアイス噴射用ノズルが、請求項 1 に記載のドライアイス噴射用ノズルであることを特徴とするドライアイス噴射装置。 20

【請求項 3】

前記ドライアイス噴射用ノズルは、ノズルガンを構成していることを特徴とする請求項 2 に記載のドライアイス噴射装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、ドライアイス噴射用ノズル及びドライアイス噴射装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、洗浄対象物に付着した汚れ等の付着物を除去する方法の 1 つとして、ドライアイスブラスト（ドライアイス洗浄）と呼ばれる方法が知られている（例えば、特許文献 1 を参照）。このドライアイスブラストでは、ペレット状やパウダー状等の粒子状のドライアイスと圧縮空気等の圧縮ガスと共に、ノズルの先端（噴出口）から高速で噴射し、洗浄対象物の表面に吹き付ける。

【0003】

40

これにより、洗浄対象物の表面を傷付けることなく、この洗浄対象物に付着した汚れ等の付着物を剥離して除去することができる。また、このドライアイスブラストでは、ドライアイス自体が気化してしまうため、ブラスト後の後処理も容易である。

【0004】

このようなドライアイス噴射装置は、上述したドライアイスブラストによる洗浄だけでなく、例えば、電気・電子部品や光学部品、それらの加工部品等の噴射対象物に対して、例えば、洗浄やバリ取り、表面加工等の各種処理を施す際に幅広く利用されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】実用新案登録第 2 5 5 7 3 8 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

ところで、上述した従来のドライアイス噴射装置では、1回のノズル走査でなるべく広い範囲に亘って処理を行うために、噴出口を幅方向に広げた断面略矩形状の噴射用ノズルが用いられている。

【 0 0 0 7 】

しかしながら、このような幅広形状を有する噴射用ノズルでは、噴出口の幅方向の全域に亘って均一な圧力でドライアイス噴射させることが困難であった。すなわち、従来のドライアイス噴射用ノズルでは、ドライアイス噴射する際に、ノズル内を流れるドライアイスに対して圧縮ガスにより十分な加速エネルギーを与えることができなかった。

【 0 0 0 8 】

このため、従来のドライアイス噴射装置では、噴出口の幅方向の全域に亘ってドライアイス噴射を高速で噴射させることができず、噴射対象物に対して十分な処理が行えないといった問題が発生していた。

【 0 0 0 9 】

本発明は、このような従来の事情に鑑みて提案されたものであり、噴出口の幅方向の全域に亘ってドライアイス噴射を高速で噴射させることを可能としたドライアイス噴射用ノズル及びドライアイス噴射装置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】

【 0 0 1 0 】

上記目的を達成するために、本発明は以下の手段を提供する。

(1) ドライアイスが圧縮ガスと共に圧送される流路を形成し、この流路の先端側に設けられた噴出口からドライアイス噴射するドライアイス噴射用ノズルであって、

前記噴出口が断面略矩形状を有して、前記流路内の断面積最小部から前記噴出口に向かって、前記噴出口の長手方向において漸次径が拡大すると共に、前記噴出口の短手方向において漸次径が縮小する管路を備え、なお且つ、この管路の流路断面積が、前記断面積最小部から前記噴出口に向かって漸次拡大しており、

前記管路は、前記流路の基端側に設けられた導入口から前記断面積最小部に向かって漸次径が縮小する形状を有し、

前記管路において、前記断面積最小部での流路断面積を A_1 、適正膨張時の噴出口での流路断面積を A_2 、前記噴出口での流路断面積を A_3 とし、

前記導入口での流路内圧力を p_0 、前記噴出口での流路内圧力を p 、適正膨張時の噴出口でのマッハ数を M 、前記圧縮ガスの比熱比を k としたときに、

前記適正膨張時の噴出口での流路断面積 A_2 は、前記適正膨張時の噴出口でのマッハ数 M を下記式 (1) により求め、この求めた値を下記式 (2) に代入することにより求まる値であり、

前記噴出口での流路断面積 A_3 は、下記式 (3) の関係を満足する値に設定されていることを特徴とするドライアイス噴射用ノズル。

【数 1】

$$\frac{p_0}{p} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2 \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (1)$$

10

20

30

40

【数 2】

$$\frac{A_2}{A_1} = \sqrt{\frac{1}{M^2} \left\{ \frac{2}{k+1} \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2 \right) \right\}^{\frac{k+1}{k-1}}} \quad (2)$$

【数 3】

$$1 < \frac{A_3}{A_2} \quad (3)$$

10

(2) ドライアイスと圧縮ガスが混合される混合室と、
前記混合室にドライアイスを提供するドライアイス供給手段と、
前記混合室に圧縮ガスを供給する圧縮ガス供給手段と、
前記混合室から供給されたドライアイスと圧縮ガスと共に噴射するドライアイス噴射用ノズルとを備え、

前記ドライアイス噴射用ノズルが、前記(1)に記載のドライアイス噴射用ノズルであることを特徴とするドライアイス噴射装置。

(3) 前記ドライアイス噴射用ノズルは、ノズルガンを構成していることを特徴とする前記(2)に記載のドライアイス噴射装置。

20

【発明の効果】

【0011】

以上のように、本発明によれば、噴出口の幅方向の全域に亘ってドライアイス的高速で噴射させることを可能としたドライアイス噴射用ノズル及びドライアイス噴射装置を提供することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明を適用したドライアイス噴射装置の一例を示す模式図である。

【図2】本発明を適用したドライアイス噴射用ノズルの一構成例を示し、(a)は、その正面図、(b)は、そのX-X'断面図、(c)は、そのY-Y'断面図、(d)は、そのZ₁-Z₁'断面図、(e)は、そのZ₂-Z₂'断面図、(f)は、そのZ₃-Z₃'断面図である。

30

【図3】本発明を適用したドライアイス噴射用ノズルの変形例を示し、(a)は、その正面図、(b)は、そのX-X'断面図である。

【図4】実施例1, 2のドライアイス噴射用ノズルの各部寸法を示し、(a)は、そのX-X'断面図、(b)は、そのY-Y'断面図である。

【図5】比較例1のドライアイス噴射用ノズルの各部寸法を示し、(a)は、その正面図、(b)は、そのX-X'断面図、(c)は、そのZ₁-Z₁'断面図、(d)は、そのZ₂-Z₂'断面図である。

40

【図6】比較例2のドライアイス噴射用ノズルの各部寸法を示し、(a)は、その正面図、(b)は、そのX-X'断面図、(c)は、そのY-Y'断面図、(d)は、そのZ₁-Z₁'断面図、(e)は、そのZ₂-Z₂'断面図、(f)は、そのZ₃-Z₃'断面図、(g)は、そのZ₄-Z₄'断面図である。

【図7】比較例3のドライアイス噴射用ノズルの各部寸法を示し、(a)は、その正面図、(b)は、そのX-X'断面図、(c)は、そのY-Y'断面図、(d)は、そのZ₁-Z₁'断面図、(e)は、そのZ₂-Z₂'断面図、(f)は、そのZ₃-Z₃'断面図、(g)は、そのZ₄-Z₄'断面図である。

【図8】実施例1, 2及び比較例1~3について、圧縮ガスの速度を計算した結果を示すグラフである。

50

【図9】ドライアイスの噴射能力を評価する試験方法を説明するための図であり、(a)は、噴出口の長手方向に沿った断面図、(b)は、噴出口の短手方向に沿った断面図である。

【図10】実施例1, 2及び比較例1~3について、感圧紙が受ける力を測定した結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明を適用したドライアイス噴射用ノズル及びドライアイス噴射装置について、図面を参照して詳細に説明する。

なお、以下の説明で用いる図面は、特徴をわかりやすくするために、便宜上特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率などが実際と同じであるとは限らない。また、以下の説明において例示される材料、寸法等は一例であって、本発明はそれらに必ずしも限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲で適宜変更して実施することが可能である。

【0014】

(ドライアイス噴射装置)

図1は、本発明を適用したドライアイス噴射装置1の一例を示す模式図である。

このドライアイス噴射装置1は、図1に示すように、ペレット状のドライアイス(ドライアイスペレット)を供給するドライアイス供給機構(ドライアイス供給手段)2と、圧縮空気(圧縮ガス)を供給する圧縮ガス供給機構(圧縮ガス供給手段)3と、ドライアイスと圧縮空気を混合する混合室4と、圧縮空気と混合されたドライアイスを噴射するノズルガン(ドライアイス噴射用ノズル)5とを概略備えている。

【0015】

ドライアイス供給機構2は、装置本体1aに組み付けられたものであり、図示を省略するドライアイスペレタイザー(ドライアイスペレット製造機)から供給されたドライアイスペレット(例えば粒径3mm)を保冷状態で貯留するホッパー6と、ホッパー6からドライアイスペレットを搬出するフィーダー7と、フィーダー7により供給されたドライアイスペレットを粉碎してパウダー状(例えば粒径0.5mm以下)のドライアイス(ドライアイス粉末)とする粉碎機8とを有して、このドライアイス粉末を混合室4へと供給する。

【0016】

圧縮ガス供給機構3は、装置本体1aの外部に配置されたコンプレッサ9を備え、このコンプレッサ9は、外部の空気を圧縮した後、この圧縮空気中に含まれるごく微量のオイルを図示を省略するオイルミストフィルターにより除外し、更に、図示を省略するドライヤーにより圧縮空気中の水分を除去した後、この清浄な圧縮空気を圧力調整弁10を介して混合室4へと供給する。

【0017】

混合室4は、装置本体1aの内部に配置されており、ドライアイス供給機構2から供給されたドライアイス粉末と、圧縮ガス供給機構3から供給された圧縮ガスとを混合して、ノズルガン5へと供給する。

【0018】

ノズルガン5は、ホース11を介して装置本体1a内の混合室4と接続されており、トリガー12を引くことで、混合室4から供給されたドライアイス粉末を圧縮空気と共に、ノズルの先端(噴出口)5aから高速で噴射する。これにより、例えば、電気・電子部品や光学部品、それらの加工部品等の噴射対象物に対して、例えば、洗浄やバリ取り、表面加工等の各種処理を施すことが可能となっている。

【0019】

なお、本発明を適用したドライアイス噴射装置は、上記図1に示すドライアイス噴射装置1の構成に必ずしも限定されるものではなく、例えば、上記粉碎機8を省略して、ドライアイスペレットを圧縮空気と共に噴射する構成であってもよい。

【 0 0 2 0 】

また、本発明を適用したドライアイス噴射用装置は、例えば、液化炭酸ガスボンベから供給される液化炭酸ガスを使用してドライアイス粉末を生成した後、ノズルガン等のドライアイス噴射用ノズルを用いて、このドライアイス粉末を噴射するものであってもよい。この場合、圧縮ガスとして、液化窒素ガスボンベから供給される窒素ガス等を用いることができる。

【 0 0 2 1 】

なお、本発明を適用したドライアイス噴射用装置は、洗浄対象物に付着した汚れ等の付着物を除去するドライアイスブラスト（ドライアイス洗浄）に好適に用いられるものの、そのような用途に必ずしも限定されるものではなく、上述した様々な用途に利用可能である。

10

【 0 0 2 2 】

（ドライアイス噴射用ノズル）

上記ノズルガン 5 は、本発明を適用したドライアイス噴射用ノズルによって構成されており、例えば図 2 に示すような構成を有している。

【 0 0 2 3 】

なお、図 2 は、本発明を適用したドライアイス噴射用ノズルの一構成例を示し、(a) は、その噴出口 2 1 側から見た正面図、(b) は、その噴出口 2 1 の長手方向 X に沿った X - X ' 断面図、(c) は、その噴出口 2 1 の短手方向 Y に沿った Y - Y ' 断面図、(d) は、その噴出口 2 1 での Z₁ - Z₁' 断面図、(e) は、その断面積最小部 2 2 での Z₂ - Z₂' 断面図、(f) は、その導入口 2 3 での Z₃ - Z₃' 断面図である。

20

【 0 0 2 4 】

具体的に、この図 2 (a) ~ (f) に示すドライアイス噴射用ノズルは、ドライアイスが圧縮ガスと共に圧送される流路を形成し、この流路の先端側に設けられた噴出口 2 1 からドライアイス噴射するものであり、噴出口 2 1 が断面略矩形状（本例では長方形）を有して、流路内の断面積最小部（スロートと呼ばれる。） 2 2 から噴出口 2 1 に向かって、噴出口 2 1 の長手方向 X において漸次径が拡大すると共に、噴出口 2 1 の短手方向 Y において漸次径が縮小する管路 2 0 を備えている。なお且つ、この管路 2 0 の流路断面積は、断面積最小部 2 2 から噴出口 2 1 に向かって漸次拡大している。

【 0 0 2 5 】

本発明では、管路 2 0 の噴出口 2 1 の長手方向 X に沿った断面形状が、断面積最小部 2 2 から噴出口 2 1 に向かって漸次径が拡大することで、このドライアイス噴射用ノズルを幅広形状とし、1 回のノズル走査でなるべく広い範囲に亘ってドライアイス噴射することが可能となっている。

30

【 0 0 2 6 】

一方、本発明では、管路 2 0 の噴出口 2 1 の短手方向 Y に沿った断面形状が、断面積最小部 2 2 から噴出口 2 1 に向かって漸次径が縮小することで、この噴出口 2 1 の長手方向（幅方向） X の全域に亘って均一な圧力でドライアイス噴射させることが可能となっている。

【 0 0 2 7 】

また、管路 2 0 は、その基端側に設けられた導入口 2 3 から断面積最小部 2 2 に向かって漸次径が縮小する形状を有することによって、噴出口 2 1 の長手方向 X に沿った断面において、その流路が途中で細くなる、いわゆる中細ノズル（ラバールノズル）構造を有している。

40

【 0 0 2 8 】

これにより、管路 2 0 内を流れるドライアイスに対して圧縮ガスにより十分な加速エネルギーを与えることができ、噴出口 2 1 の長手方向（幅方向） X の全域に亘ってドライアイス噴射させることが可能となっている。

【 0 0 2 9 】

なお、管路 2 0 は、断面積最小部 2 2 を挟んで出側管路 2 0 A と入側管路 2 0 B に分割

50

された構造を有している。そして、出側管路 20A は、断面円形状の断面積最小部 22 から断面矩形状の噴出口 21 に向かって、噴出口 21 の長手方向 X に沿った断面において漸次径が拡大し、且つ、噴出口 21 の短手方向 Y に沿った断面において漸次径が縮小する出側流路 20a を形成する一方、入側管路 20B は、断面円形状の導入口 23 から断面円形状の断面積最小部 22 に向かって、噴出口 21 の長手方向 X 及び短手方向 Y に沿った断面において、それぞれ漸次径が縮小する入側流路 20b を形成している。

【0030】

また、出側管路 20A には、噴出口 21 から噴射されたドライアイスの流れを整流するための整流路 24 が設けられている。この整流路 24 は、噴出口 21 と同一断面形状（断面矩形状）を有して、噴出口 21 から軸線方向 Z に延長して設けられている。

10

【0031】

一方、入側管路 20B には、上記混合室 4 から供給されるドライアイスを圧縮ガスと共に導入口 23 へと導入するための導入路 25 が設けられている。この導入路 25 は、導入口 23 と同一断面形状（断面円形状）を有して、導入口 23 から軸線方向 Z に延長して設けられている。

【0032】

本発明では、上記管路 20 において、断面積最小部 22 での流路断面積を A_1 、適正膨張時の噴出口 21 での流路断面積を A_2 、噴出口 21 での流路断面積を A_3 とし、導入口 23 での流路内圧力を p_0 、噴出口 21 での流路内圧力を p 、適正膨張時の噴出口 21 でのマッハ数を M 、圧縮ガスの比熱比を k としたときに、適正膨張時の噴出口でのマッハ数 M を下記式（1）により求めた後、この求めた値を下記式（2）に代入することによって、適正膨張時の噴出口 21 での流路断面積 A_2 を求める。このとき、噴出口 21 での流路断面積 A_3 は、下記式（3）の関係を満足する値に設定する必要がある。

20

【数 4】

$$\frac{p_0}{p} = \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2 \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (1)$$

30

【数 5】

$$\frac{A_2}{A_1} = \sqrt{\frac{1}{M^2} \left\{ \frac{2}{k+1} \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2 \right) \right\}^{\frac{k+1}{k-1}}} \quad (2)$$

【数 6】

$$1 < \frac{A_3}{A_2} \quad (3)$$

40

【0033】

すなわち、上記式（1）、（2）は、不要な衝撃波の発生を防ぎつつ、ドライアイスの最適な膨張噴流を得るための条件式であり、導入口 23 での流路内圧力 p_0 と、噴出口 21 での流路内圧力 p の間で圧力差が十分にあれば、この導入口 23 から噴出口 21 まで圧縮ガスが加速されて、マッハ数 M が 1 以上となる。

【0034】

50

このとき、上記式(1)、(2)に適合する場合は、管路20の内部や噴出口21付近で衝撃波が発生するのを防ぎつつ、ドライアイスの最適な膨張噴流を得ることが可能である。

【0035】

そして、上記式(3)は、本発明を適用した噴射用ノズルとしての機能を発揮させるための条件式であり、上記式(3)の関係を満足する、すなわち、上記式(1)、(2)により求めた適正膨張時の噴出口21での流路断面積 A_2 よりも、噴出口21での流路断面積 A_3 を大きくする($A_2 < A_3$)ことで、ドライアイスの最適な膨張噴流を得ることが可能である。

【0036】

一方、上記式(3)を満足しない場合、すなわち、 $A_2 > A_3$ になると、圧縮ガスの膨張が不足してしまい、長手方向(幅方向)Xの全域に亘って圧縮ガスを加速させることができなくなる。その結果、噴出口21から噴射されるドライアイスの速度を高めることが困難となる。

【0037】

すなわち、このドライアイス噴射用ノズルでは、管路20内を流れる圧縮ガスの速度(流速)が高くなるほど、この圧縮ガスの流れに追従してドライアイスの速度(流速)も高めることができる。そして、噴出口21から噴射されるドライアイスの速度が高いほど、ドライアイスが噴射対象物に衝突した際のエネルギーも大きくなるため、洗浄等の処理を効率良く行うことが可能となる。

【0038】

一方、管路20の流路断面積が断面積最小部22から噴出口21に向かって漸次拡大せずに、その途中で流路断面積が拡大する場合は、圧縮ガスの膨張が不足してしまい、長手方向(幅方向)Xの全域に亘って圧縮ガスを加速させることができなくなる。その結果、噴出口21から噴射されるドライアイスの速度を高めることが困難となる。

【0039】

なお、噴出口21での流路断面積 A_3 が断面積最小部22での流路断面積 A_1 よりも小さくなる($A_3 < A_1$)場合は、圧縮ガスが噴出口21でチョークするため、この圧縮ガスを長手方向(幅方向)Xの全域に亘って加速させることができなくなる。

【0040】

以上のように、本発明によれば、噴出口21の幅方向Xの全域に亘ってドライアイスを高速で噴射させることを可能としたドライアイス噴射用ノズル、並びにそのようなドライアイス噴射用ノズルを備えたドライアイス噴射装置を提供することが可能である。

【0041】

なお、本発明は、上記実施形態のものに必ずしも限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

例えば、本発明では、図3(a)、(b)に示すように、上記ドライアイス噴射用ノズル(管路20)を上記噴出口21の長手方向(幅方向)Xに複数並べて配置して又は連結して使用することも可能である。この場合、1回のノズル走査で処理できる範囲を拡大することが可能である。また、上記噴出口21の長手方向(幅方向)Xにおいて、隣接する管路20の噴出口21の間で整流路24が繋がる(重なる)ことによって、1つの整流路24を形成していてもよい。

【実施例】

【0042】

以下、実施例により本発明の効果をより明らかなものとする。なお、本発明は、以下の実施例に限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲で適宜変更して実施することができる。

【0043】

本実施例では、まず、本発明のドライアイス噴射用ノズル(実施例1、2)と、比較例のドライアイス噴射用ノズル(比較例1、2、3)について、コンピュータシミュレーシ

10

20

30

40

50

ョンによるドライアイスの加速性能の評価を行った。

【 0 0 4 4 】

(実施例 1)

実施例 1 のドライアイス噴射用ノズルは、上記図 2 に示す管路 2 0 を備えたものであり、この実施例 1 のドライアイス噴射用ノズル (管路 2 0) の各部寸法は、図 4 に示すとおりである。

【 0 0 4 5 】

すなわち、この実施例 1 のドライアイス噴射用ノズル (管路 2 0) では、導入口 2 3 の口径 D_1 を 1 4 mm 、断面積最小部 2 2 の口径 D_2 を 5 mm 、噴出口 2 1 の幅 W 及び高さ H を 4 0 mm × 1 . 2 mm 、入側流路 2 0 b の長さ L_1 を 2 0 mm 、出側流路 2 0 a の長さ L_2 を 9 9 . 6 mm 、整流路 2 4 の長さ L_3 を 1 0 mm とした。また、出側管路 2 0 A 及び入側管路 2 0 B の材質を S U S 3 0 4 とした。

10

【 0 0 4 6 】

また、圧縮ガスを空気 (比熱比 $k = 1 . 4$) とし、上記混合室 4 内の圧力を 0 . 4 M P a 及び温度を 0 とし、常圧雰囲気中にドライアイスを噴射する場合、導入口 2 3 での流路内圧力 p_0 は、0 . 5 0 1 3 M P a 、噴出口 2 1 での流路内圧力 p は、0 . 1 0 1 3 M P a となる。

【 0 0 4 7 】

そして、これらの値を上記式 (1) に代入すると、上記適正膨張時の噴出口 2 1 でのマッハ数 M は、1 . 7 0 2 となる。さらに、この値を上記式 (2) に代入すると、上記適正膨張時の噴出口での流路断面積 A_2 と上記断面積最小部での流路断面積 A_1 の比 (A_2 / A_1) は、1 . 3 4 となる。したがって、 A_3 / A_2 の値は、1 . 8 3 であり、実施例 1 では、上記式 (3) の関係を満足している。

20

【 0 0 4 8 】

(実施例 2)

実施例 2 のドライアイス噴射用ノズルは、上記図 2 に示す管路 2 0 を備えたものであり、この実施例 2 のドライアイス噴射用ノズル (管路 2 0) の各部寸法は、上記図 4 に示す各部寸法のうち、噴出口 2 1 の幅 W 及び高さ H を 4 0 mm × 0 . 6 6 mm とした以外は、上記実施例 1 と同様である。この場合、上記 A_3 / A_2 の値は、1 . 0 である。

【 0 0 4 9 】

(比較例 1)

比較例 1 のドライアイス噴射用ノズルは、図 5 (a) ~ (d) に示すような管路 2 0 を備えたものである。

30

なお、図 5 は、比較例 1 のドライアイス噴射用ノズルの構成を示し、(a) は、その噴出口 2 1 側から見た正面図、(b) は、その噴出口 2 1 の X - X ' 断面図、(c) は、その断面積最小部 2 2 での $Z_1 - Z_1'$ 断面図、(d) は、その導入口 2 3 での $Z_2 - Z_2'$ 断面図である。

また、この図 5 (a) ~ (d) に示す管路 2 0 において、上記図 2 (a) ~ (f) に示す管路 2 0 と同等の部位については同じ名称及び符号を付すと共に、その説明を省略するものとする。

40

【 0 0 5 0 】

この管路 2 0 は、断面円形状の断面積最小部 2 2 から断面円形状の噴出口 2 1 に向かって同径となる出側流路 2 0 a を有している。それ以外は、上記図 2 に示す管路 2 0 と基本的に同様の構造を有している。

【 0 0 5 1 】

そして、この比較例 1 のドライアイス噴射用ノズル (管路 2 0) の各部寸法は、図 5 (b) に示すとおりである。すなわち、この比較例 1 のドライアイス噴射用ノズル (管路 2 0) では、導入口 2 3 の口径 D_1 を 1 4 mm 、噴出口 2 1 及び断面積最小部 2 2 の口径 D_2 を 5 mm 、入側流路 2 0 b の長さ L_1 を 2 0 mm 、出側流路 2 0 a の長さ L_2 を 9 9 . 6 mm とした。また、出側管路 2 0 A 及び入側管路 2 0 B の材質を S U S 3 0 4 とし

50

た。

【 0 0 5 2 】

(比較例 2)

比較例 2 のドライアイス噴射用ノズルは、図 6 (a) ~ (g) に示すような管路 6 0 を備えたものである。

なお、図 6 は、比較例 2 のドライアイス噴射用ノズルの構成を示し、(a) は、その噴出口 2 1 側から見た正面図、(b) は、その噴出口 2 1 の長手方向 X に沿った X - X ' 断面図、(c) は、その噴出口 2 1 の短手方向 Y に沿った Y - Y ' 断面図、(d) は、その噴出口 2 1 での Z₁ - Z₁' 断面図、(e) は、その拡径部 2 6 での Z₂ - Z₂' 断面図、(f) は、その断面積最小部 2 2 での Z₃ - Z₃' 断面図、(g) は、その導入口 2 3 での Z₄ - Z₄' 断面図である。

また、この図 6 (a) ~ (g) に示す管路 6 0 において、上記図 2 (a) ~ (f) に示す管路 2 0 と同等の部位については同じ名称及び符号を付すと共に、その説明を省略するものとする。

【 0 0 5 3 】

この管路 6 0 は、断面円形状の断面積最小部 2 2 から断面矩形状の噴出口 2 1 に向かって、噴出口 2 1 の長手方向 X に沿った断面において漸次径が拡大し、且つ、噴出口 2 1 の短手方向 Y に沿った断面において漸次径が拡大した後に、漸次径が縮小する出側流路 2 0 a を有している。すなわち、この出側流路 2 0 a は、噴出口 2 1 の短手方向 Y に沿った断面において、その軸線方向 Z の中途部に拡径部 2 6 を有して、この拡径部 2 6 から噴出口 2 1 に向かって漸次径が縮小し、且つ、断面積最小部 2 2 から拡径部 2 6 に向かって漸次径が拡大した形状を有している。それ以外は、上記図 2 に示す管路 2 0 と基本的に同様の構造を有している。

【 0 0 5 4 】

そして、この比較例 2 のドライアイス噴射用ノズル (管路 6 0) の各部寸法は、図 6 (b) , (c) に示すとおりである。すなわち、この比較例 2 のドライアイス噴射用ノズル (管路 6 0) では、導入口 2 3 の口径 D₁ を 1 4 mm 、断面積最小部 2 2 の口径 D₂ を 5 mm 、噴出口 2 1 の幅 W₁ 及び高さ H₁ を 4 0 mm × 1 . 2 mm、拡径部 2 6 の幅 W₂ 及び高さ H₂ を 1 3 mm × 6 . 0 mm、入側流路 2 0 b の長さ L₁ を 2 0 mm、出側流路 2 0 a の長さ L₂ を 9 9 . 6 mm、整流路 2 4 の長さ L₃ を 1 0 mm、断面積最小部 2 2 から拡径部 2 6 までの長さ L₄ を 3 0 mm とした。また、出側管路 2 0 A 及び入側管路 2 0 B の材質を SUS 3 0 4 とした。

【 0 0 5 5 】

(比較例 3)

比較例 3 のドライアイス噴射用ノズルは、図 7 (a) ~ (g) に示すような管路 8 0 を備えたものである。

なお、図 7 は、比較例 3 のドライアイス噴射用ノズルの各部寸法を示し、(a) は、その噴出口 2 1 側から見た正面図、(b) は、その噴出口 2 1 の長手方向 X に沿った X - X ' 断面図、(c) は、その噴出口 2 1 の短手方向 Y に沿った Y - Y ' 断面図、(d) は、その噴出口 2 1 での Z₁ - Z₁' 断面図、(e) は、その拡径部 2 6 での Z₂ - Z₂' 断面図、(f) は、その断面積最小部 2 2 での Z₃ - Z₃' 断面図、(g) は、その導入口 2 3 での Z₄ - Z₄' 断面図である。

【 0 0 5 6 】

この管路 8 0 は、断面円形状の断面積最小部 2 2 から断面矩形状の噴出口 2 1 に向かって、噴出口 2 1 の長手方向 X に沿った断面において漸次径が拡大した後に、漸次径が縮小し、且つ、噴出口 2 1 の短手方向 Y に沿った断面において漸次径が縮小する出側流路 2 0 a を有している。すなわち、この出側流路 2 0 a は、噴出口 2 1 の長手方向 X に沿った断面において、その軸線方向 Z の中途部に拡径部 2 6 を有して、この拡径部 2 6 から噴出口 2 1 に向かって漸次径が縮小し、且つ、断面積最小部 2 2 から拡径部 2 6 に向かって漸次径が拡大した形状を有している。それ以外は、上記図 2 に示す管路 2 0 と基本的に同様の

10

20

30

40

50

構造を有している。

【0057】

そして、この比較例3のドライアイス噴射用ノズル(管路80)の各部寸法は、図7(b)、(c)に示すとおりである。すなわち、この比較例3のドライアイス噴射用ノズル(管路80)では、導入口23の口径 D_1 を14mm、断面積最小部22の口径 D_2 を5mm、噴出口21の幅 W_1 及び高さ H_1 を40mm×1.2mm、拡径部26の幅 W_2 及び高さ H_2 を45mm×3.8mm、入側流路20bの長さ L_1 を20mm、出側流路20aの長さ L_2 を99.6mm、整流路24の長さ L_3 を10mm、断面積最小部22から拡径部26までの長さ L_4 を30mmとした。また、出側管路20A及び入側管路20Bの材質をSUS304とした。

10

【0058】

そして、これら実施例1, 2及び比較例1~3のドライアイス噴射用ノズルについて、コンピュータシミュレーションにより圧縮ガスの流れを計算し、噴射用ノズル内での圧縮ガスの速度を算出した。なお、コンピュータシミュレーションでは、上記混合室4内の圧力を0.4MPaG及び温度を0、噴出口から遠く離れた位置での圧力を0MPaG及び温度を0に設定して計算を行った。そのシミュレーション結果を図8に示す。

【0059】

図8に示すように、実施例1のドライアイス噴射用ノズルは、比較例1~3のドライアイス噴射用ノズルよりも圧縮ガスの速度が速くなっており、優れた加速性能を有していることがわかる。特に、実施例1のドライアイス噴射用ノズルは、比較例2, 3のドライアイス噴射用ノズルよりも圧縮ガスの速度が3倍以上速くなっている。

20

【0060】

ドライアイス噴射用ノズルでは、その流路内を流れる圧縮ガスの速度(流速)が高くなるほど、この圧縮ガスの流れに追従してドライアイス(流速)も高めることができる。そして、上記噴出口21から噴射されるドライアイスの速度が高いほど、ドライアイスが噴射対象物に衝突した際のエネルギーも大きくなるため、洗浄等の処理を効率良く行うことが可能となる。

【0061】

一方、実施例2のドライアイス噴射用ノズルは、比較例2, 3のドライアイス噴射用ノズルよりも圧縮ガスの速度が速いものの、実施例1のドライアイス噴射用ノズルよりも遅いことがわかる。したがって、圧縮ガスの速度を高めるためには、上記 A_3/A_2 の値を1.0よりも大きい値に設定することが望ましい。

30

【0062】

次に、本発明のドライアイス噴射用ノズル(実施例1, 2)と、比較例のドライアイス噴射用ノズル(比較例1~3)について、図9に示すように、それぞれの噴出口21から噴射されたドライアイスDIを感圧紙Pに衝突させながら、この感圧紙Pを噴出口21の短手方向Yに一定の速度で移動させ、このとき感圧紙Pが受ける力を計測した。

【0063】

具体的には、これら実施例1, 2及び比較例1~3のドライアイス噴射用ノズルについて、圧縮ガスを空気とし、上記混合室4内の圧力を0.4MPaG及び温度を0とし、ドライアイスDIの供給量を20kg/h、噴出口21から感圧紙Pまでの距離を30mm、感圧紙Pの送り速度を150mm/sとして試験を実施した。

40

【0064】

その試験結果を図10に示す。なお、図10では、感圧紙Pが受ける力の最大値を1として、その比率を噴出口21の長手方向Xにおける圧力分布として表示した。

【0065】

図10に示すように、実施例1のドライアイス噴射用ノズルは、比較例1~3のドライアイス噴射用ノズルよりも幅方向の全域に亘って感圧紙Pが受ける力が大きく、処理能力が高いことがわかる。

【0066】

50

一方、実施例 2 のドライアイス噴射用ノズルは、比較例 2 , 3 のドライアイス噴射用ノズルよりも感圧紙 P が受ける力が大きいものの、実施例 1 のドライアイス噴射用ノズルよりも感圧紙 P が受ける力が小さいことがわかる。したがって、処理能力を高めるためには、上記 A_3 / A_2 の値を 1 . 0 よりも大きい値に設定することが望ましい。

【 0 0 6 7 】

一方、比較例 1 のドライアイス噴射用ノズルは、図 8 及び図 1 0 に示すように、実施例 2 のドライアイス噴射用ノズルよりも圧縮ガスの速度が速くなるものの、実施例 2 のドライアイス噴射用ノズルよりも感圧紙 P が受ける力が大きくなる幅方向の領域が極めて狭いことがわかる。したがって、比較例 1 のドライアイス噴射用ノズルでは、1 回のノズル走査で処理できる範囲が限られてしまう。

10

【 0 0 6 8 】

また、実施例 1 と比較例 2 のドライアイス噴射用ノズルは、噴出口 2 1 での流路断面積 A_3 が同じであるが、実施例 1 のドライアイス噴射用ノズルから噴射される空気流量は、比較例 2 のドライアイス噴射用ノズルよりも少なく、この比較例 2 のドライアイス噴射用ノズルに対して約 7 7 % であった。

【 0 0 6 9 】

したがって、実施例 1 のドライアイス噴射用ノズルを用いた場合、圧縮ガスの使用量を少なくできるため、従来よりも上記コンプレッサ 9 による圧縮ガスの供給能力等を下げることができ、その結果、電気料金等のランニングコストを低減することが可能となる。

【 符号の説明 】

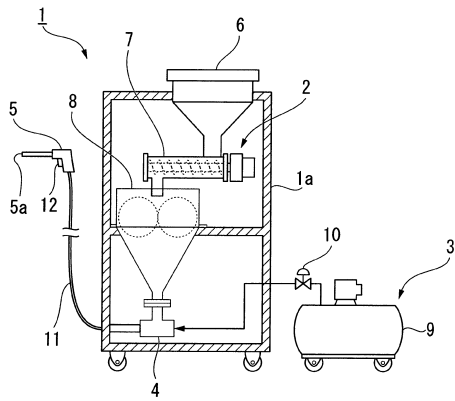
20

【 0 0 7 0 】

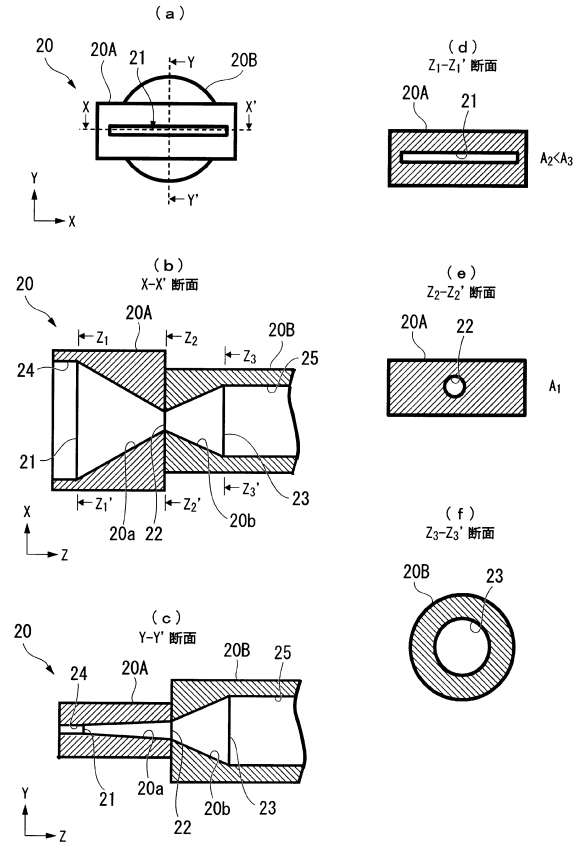
1 ... ドライアイス噴射装置 2 ... ドライアイス供給機構 (ドライアイス供給手段) 3 ... 圧縮ガス供給機構 (圧縮ガス供給手段) 4 ... 混合室 5 ... ノズルガン (ドライアイス噴射用ノズル) 5 a ... 噴出口

2 0 ... 管路 2 0 A ... 出側管路 2 0 B ... 入側管路 2 0 a ... 出側流路 2 0 b ... 入側流路 2 1 ... 噴出口 2 2 ... 断面積最小部 2 3 ... 導入口 2 4 ... 整流路 2 5 ... 導入路

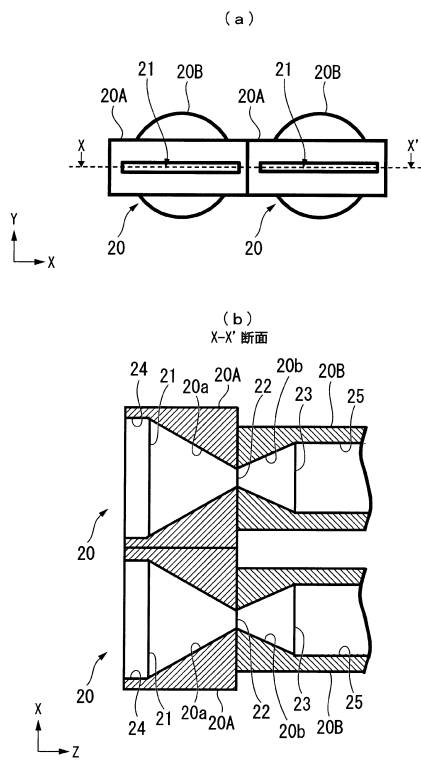
【 図 1 】



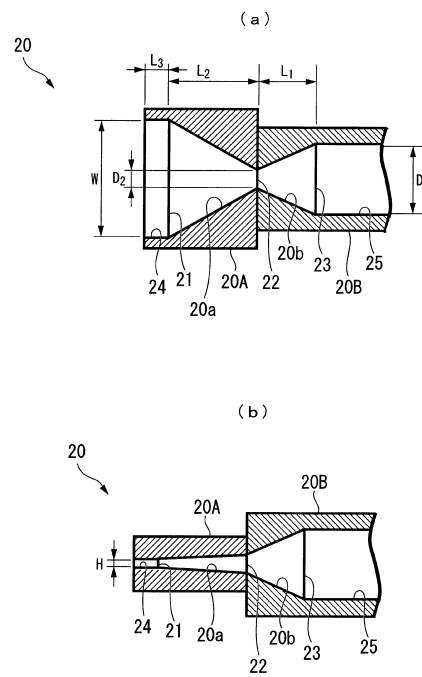
【 図 2 】



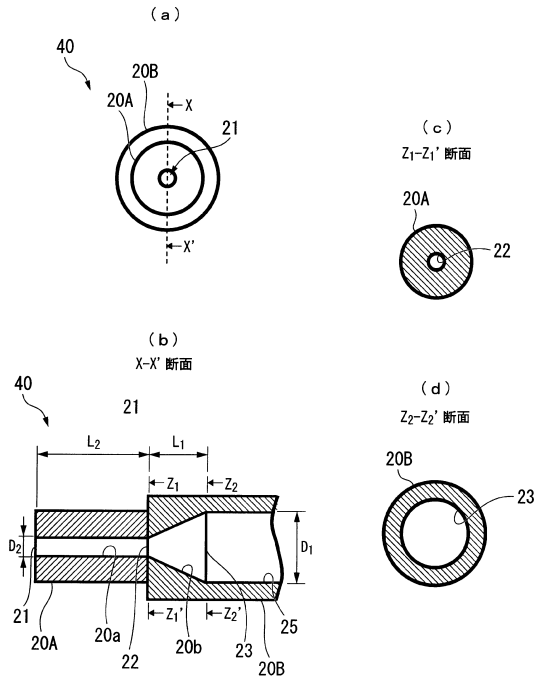
【 図 3 】



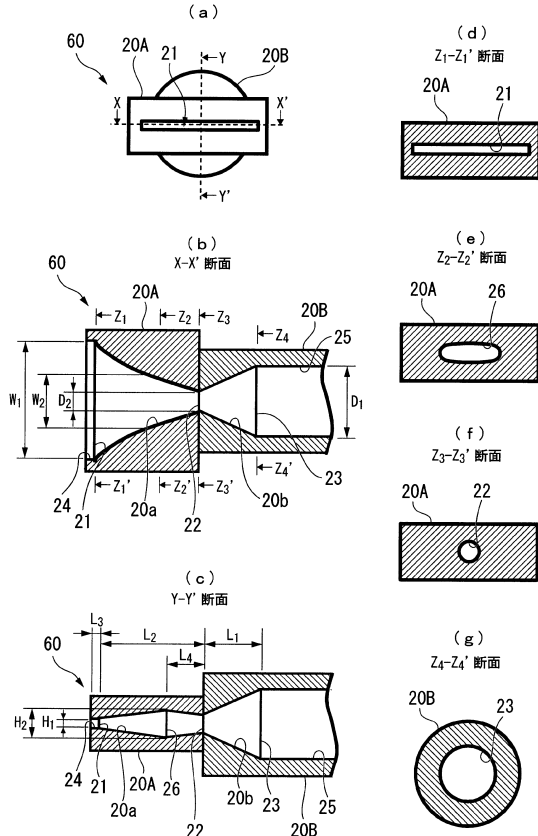
【 図 4 】



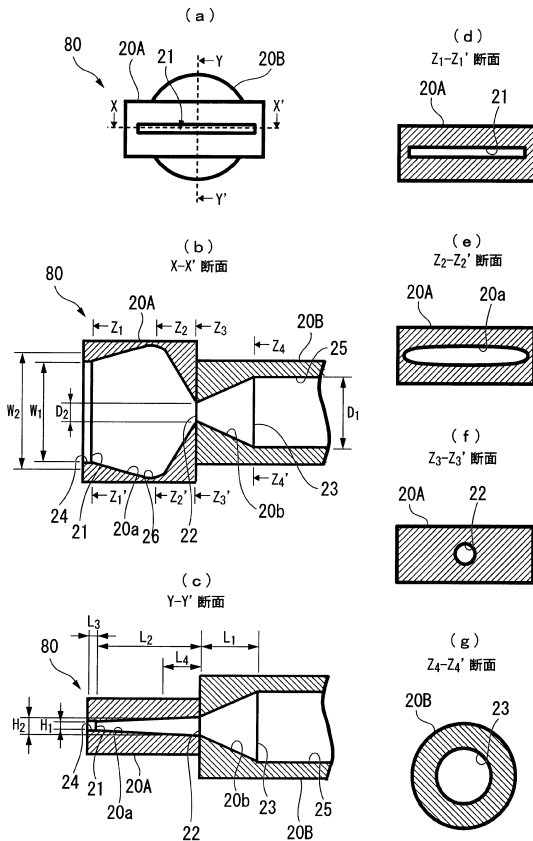
【図5】



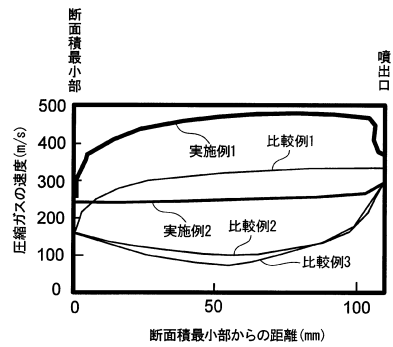
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (72)発明者 山口 雅志
東京都品川区小山一丁目3番26号 大陽日酸株式会社内
- (72)発明者 近藤 航
東京都港区西新橋一丁目16番7号 日本液炭株式会社内
- (72)発明者 細野 久朗
東京都港区西新橋一丁目16番7号 日本液炭株式会社内

審査官 須中 栄治

- (56)参考文献 特開2001-277116(JP,A)
特開平03-166058(JP,A)
特開平06-126627(JP,A)
特開2011-218324(JP,A)
特開2004-351522(JP,A)
特開昭57-137415(JP,A)
特開平06-190721(JP,A)
特開2005-319535(JP,A)
特開2011-183538(JP,A)
特開2007-302435(JP,A)
特開2009-178805(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B24C1/00; 5/02; 5/04