

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5993686号  
(P5993686)

(45) 発行日 平成28年9月14日(2016.9.14)

(24) 登録日 平成28年8月26日(2016.8.26)

(51) Int.Cl.

B08B 3/02 (2006.01)  
B05B 1/02 (2006.01)

F 1

B08B 3/02  
B05B 1/02

G

請求項の数 4 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2012-214641 (P2012-214641)  
 (22) 出願日 平成24年9月27日 (2012.9.27)  
 (65) 公開番号 特開2014-69100 (P2014-69100A)  
 (43) 公開日 平成26年4月21日 (2014.4.21)  
 審査請求日 平成26年8月27日 (2014.8.27)

(73) 特許権者 512251127  
 古圧電機産業株式会社  
 愛知県名古屋市中区葵1丁目27番31号  
 (73) 特許権者 598105732  
 株式会社シスマック  
 東京都墨田区亀沢4丁目5番9号  
 (74) 代理人 100071098  
 弁理士 松田 省躬  
 (74) 代理人 100176360  
 弁理士 松田 次郎  
 (72) 発明者 刑部 真弘  
 東京都江東区越中島2丁目1番6号 東京  
 海洋大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】急冷洗浄ノズルおよび洗浄方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

蒸気の入り口側が大きい径であり、この径が絞られて小さい径ののど部となり、さらに出口側が大きい径であるように流路方向に沿った断面がテーパー状に形成された噴射口側流路と、入り口側に蒸気流の供給用接続部と、そして出口側に被洗浄対象物への噴射口を有する疑似ラバル・ノズルであって、

のど部の径とノズルの噴射口の径との比が1.029倍～1.265倍であり、

水蒸気流、または圧搾空気と水蒸気の混合気流である蒸気流が噴射口側流路内で加速減圧され、前記噴射口で断熱膨張することで蒸気流が急冷し過飽和水蒸気となって噴射することを特徴とする急冷洗浄ノズル。

10

## 【請求項 2】

前記蒸気流の入り口圧力が出口圧力に対し3倍以上であり、のど部の径が、蒸気流量により3.4mmから3.8mmの範囲であることを特徴とする請求項1に記載の急冷洗浄ノズル。

## 【請求項 3】

のど部が小さい径であり、噴射口側が大きい径であるように流路方向に沿った噴射口側流路の断面がテーパー状に形成された加速流路を有する疑似ラバル・ノズルの入り口側より水蒸気流、または圧搾空気と水蒸気の混合気流である蒸気流が供給され、その蒸気流が加速流路で減圧され、噴射出口側で断熱膨張して急冷されて過飽和水蒸気となって噴射して、汚れている被洗浄物に当たり、過飽和水蒸気が衝突した間に微小な水滴となり、その時の凝縮力で水滴と汚れが混合されてエマルジョン状態になり、被洗浄物の汚れを吹き飛

20

ばす洗浄方法。

【請求項 4】

前記蒸気流が前記ノズル入り口で150°Cであり、前記ノズル出口で急冷され60°Cの過飽和水蒸気となって噴射することを特徴とする請求項3に記載の洗浄方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、急冷ノズル及びその断熱膨張による過飽和水蒸気を利用する洗浄装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ラバル・ノズル (Laval nozzle) またはドラバル・ノズル (De Laval nozzle) と称される特殊ノズルを利用して、圧縮空気を噴射させ、その時の断熱膨張により空気を急冷(数10度下がる)させられることが知られている。これは熱接触のない状態で気体を圧縮すると、外部から仕事が行われることで、径の内部エネルギーが上昇し熱くなる現象(断熱圧縮)に対し、逆に断熱過程で気体の体積が増大した場合、径の温度が低下する現象(断熱膨張)を利用するものである。

【0003】

しかし、既存の技術、あるいはその応用技術によって、空気流が通過するラバル・ノズルの内部構造を小径(のど部)から大径(噴射口)に理論通りに曲面加工して製作することは非常に困難である。

【0004】

前記ノズルを利用した冷温ジェット空気流ノズルの前部に、超音波による霧状化または霧吹きノズルを配備して、水を霧状に噴射させ水の粒子を氷またはシャーベット状にして被洗浄物に当てて洗浄を行う応用技術は知られている。

また断熱膨張を利用する洗浄装置に減圧室を使用したものも既に存在する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2007-073615号特許公開公報

30

【特許文献2】特開2011-189332号特許公開公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

前記した従来の洗浄装置に使用される冷温ジェット空気流ノズルは、ノズルの内径の構造ならびに洗浄装置の構造が複雑であるため、製造が難しく、またそのため製造費用が高価となるなどの欠点がある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

【0008】

空気流の温度を断熱膨張により低下させる効果を挙げるためだけであれば、ノズルの内径をのど部からテーパー状に噴射口部へ向け広げてあるノズルを利用し、圧縮空気を送り込めば、理論値では空気流の場合70位温度を下げることができる。さらに、不足膨張により洗浄効果の高い振動を伴った流れが生じる。

そして蒸気流を用いることで、急速にノズル内で温度を下げることができ、洗浄効果の高い過飽和水蒸気が得られる。

【0009】

本発明は、単に内径をのど部からテーパー状に噴射口部へ向け広げてある疑似ラバル・ノズルを利用し、このノズルに水蒸気流、または圧縮空気と水蒸気の混合流を送り込み、大気中において、噴射口で噴射流が減圧され、その時の断熱膨張により気流の温度が下が

40

50

り、実験では  $150^{\circ}\text{C}$  の水蒸気流が、ノズル出口で急冷され  $60^{\circ}\text{C}$  の過飽和水蒸気となって噴射し、オイルにて汚れている被洗浄物に高速で当たることで、汚れを飛ばした。

これは被洗浄物に過飽和水蒸気が衝突した瞬間に微小な水滴となり、その時の凝縮力で水滴とオイルが混合されてエマルジョン状態になり、汚れを吹き飛ばすのである。

【発明の効果】

【0010】

本発明のテーパー状気体加速流路構造を持つ急冷ノズルは、構造が簡易な割に低温化の性能が高く、また非平衡状態である過飽和蒸気が得られる。

さらに、ノズル内気体流路で徐々に下がる噴流圧力がノズル噴射口付近では急速に下がるため、不足膨張が起こり大気圧に比べ圧力が上下する（圧力振動）。この不足膨張による気流の振動が洗浄作用の効果を上げることに寄与している。 10

【0011】

さらに、蒸気流を利用して洗浄するので、従来の高圧水流で洗浄するものに比べ水の使用量が極端に少なくて済む。すなわち水と水蒸気の体積比は  $100$  において  $1700$  倍であるので、いろいろな条件を考慮しても少なくとも、水の使用量を  $1000$  分の  $1$  以下に減少できる。

洗浄時の使用水量の少ないことは、例えば放射性物質の除去に使用すると、洗浄水が極端に少なくなるので、排水される汚染水量を大幅に減量でき非常に有利な洗浄方法となる。 20

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の洗浄装置の一実施形態の全体図である。

【図2】本発明で使用される急冷ノズルの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

次に、本発明を図1に示す実施形態に従って説明する。

【0014】

中央に洗浄ノズルであるジェットノズル1が配置されており、このジェットノズル内に図の右方から、水蒸気流、または圧搾空気と水蒸気の混合流Aを送入する。

ノズルの手前には空気流等の切換え弁であるバルブ2が配置されている。ノズルの入り口には空気流等の送入管用の接続部3が構成されている。 30

【0015】

ノズル1の形状は、ラバル・ノズル (Laval nozzle) またはドラバル・ノズル (De Laval nozzle) と類似に設計されており、ノズルの入り口cから流路4の入り口(のど部) aで径が絞られ、それから出口噴射口bに向かいテーパー状に広がるように設計されており、送入された蒸気流がノズル出口噴射口bで断熱膨張現象にて急速に冷却されて過飽和水蒸気流となって噴射されるようになっている。

【0016】

$150^{\circ}\text{C}$ での水蒸気流の場合、ノズル噴射口bで急冷され  $60^{\circ}\text{C}$  の過飽和水蒸気となって噴射し、オイルにて汚れている被洗浄物5に当てると、過飽和水蒸気が衝突した瞬間に微小な水滴となり、その時の凝縮力で水滴とオイルが混合されてエマルジョン状態になり、汚れを吹き飛ばすのである。 40

【0017】

図2に示すジェットノズル1について詳しく説明する。

流路4の長さは  $80\text{mm}$  としてあり、入り口側cの大口径気流入口から急激に内径を絞つてあるのど部aの直径を  $3.8\text{mm}$ 、そして噴射口bの直径を  $4.2\text{mm}$  としてある。のど部aと噴射口b間の流路4は、ミクロン単位の放電加工による研磨で出口方向に広がるテーパー状に作成した疑似ラバル・ノズル状である。

なお流路長は  $80\text{mm}$  と  $150\text{mm}$  の2種を作成実験した。

【0018】

10

20

30

40

50

前記数値は以下のように計算して設計される。

入口圧力( $P_1$ )0.4MPaと出口圧力( $P_0$ )0.1MPa間で断熱変化(膨張)する場合、その温度( $T$ )には、次の関係がある。

【数1】

$$\frac{T_1}{T_0} = \left[ \frac{P_1}{P_0} \right]^{(k-1)/k} = \left[ \frac{0.1}{0.4} \right]^{0.286} = 0.673$$

よって入口絶対温度 $T_0 = 300K$ とすると、出口絶対温度 $T_1 = 202K$  (-71 )となる。

$k$ は、等エントロピー膨張係数である。

【0019】

ノズル臨界圧力比は、

10

【数2】

$$\eta_1 = \left[ \frac{2}{k-1} \right]^{k/(k-1)} = 0.528$$

無次元臨界流束 $G_a$ は、

【数3】

$$G_a^* = \frac{G_a}{\sqrt{P_1 \cdot V_1}} = \left[ k \eta_1^{1/(k-1)} \right]^{1/2} = [1.4 \times 0.528]^{1/2} = 0.684$$

20

流束 $G_a$ は、

【数4】

$$G_a = 0.684 \sqrt{P_1 \cdot V_1} = 938 \text{ kg/m}^3 \text{ s}$$

流量500NL/minとすれば、10.8/1000 kg/sであるので、

【0020】

ノズルのど部最小面積は、

【数5】

$$A = \frac{10.8}{938 \cdot 1000} = 11.5 \text{ mm}^2$$

30

となる。

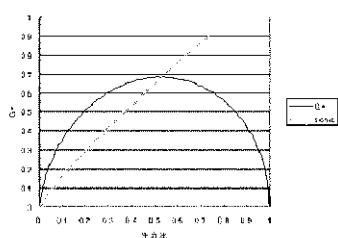
穴径であれば3.8mmである。

【0021】

出口圧力が0.1MPa(圧力比0.25)であるので、

下表より出口面積は、

【表1】



40

## 【数6】

$$A_1 = 11.5 \times \frac{0.684}{0.568} = 13.8 \text{ mm}^2$$

まで広げればよいことになる。したがって、穴径であれば4.2mmである。

## 【0022】

出口圧力は0.1MPaと一定にし、入口圧力は、出口圧力の3倍（圧力比0.33）以上ないと、温度差および入口口径と出口口径の差も少ないので、現実に使用できる0.3MPa~0.6MPaの範囲の0.3MPa、0.5MPa、0.6MPa、そして流量400NL/min、500NL/min、600NL/minで計算した。出口温度は全て入口温度が300K(27°C)の場合です。

のど部径は、入口、出口の圧力差に関わらず、流量によってのみ決定される。流量400NL/minにて 3.4mm、500NL/minにて 3.8mm、600NL/minにて 4.2mm、となる。出口径は、圧力比により決定され、のど部径に対し、1.029倍~1.265倍になる。

同時に前記した入力圧力0.4MPa、流量500NL/minの例も以下に列挙した。

## 【0023】

1 入口圧力0.3MPa 出口圧力0.1MPa 出口温度219K( 54°C)

1 1 流量400NL/min(8.62/1000kg/s)

$$\begin{array}{ll} \text{のど部最小面積} = 8.62 / 938 \cdot 1000 = 9.2 \text{ mm}^2 & 3.4 \text{ mm} \\ \text{出口面積} = 9.2 \cdot 0.684 / 0.64 = 9.8 \text{ mm}^2 & 3.5 \text{ mm} \end{array}$$

1 2 流量500NL/min(10.8/1000kg/s)

$$\begin{array}{ll} \text{のど部最小面積} = 10.8 / 938 \cdot 1000 = 11.5 \text{ mm}^2 & 3.8 \text{ mm} \\ \text{出口面積} = 11.5 \cdot 0.684 / 0.64 = 12.3 \text{ mm}^2 & 4.0 \text{ mm} \end{array}$$

1 3 流量600NL/min 12.93/1000kg/s)

$$\begin{array}{ll} \text{のど部最小面積} = 12.93 / 938 \cdot 1000 = 13.8 \text{ mm}^2 & 4.2 \text{ mm} \\ \text{出口面積} = 13.8 \cdot 0.684 / 0.64 = 14.7 \text{ mm}^2 & 4.3 \text{ mm} \end{array}$$

## 【0024】

2 入口圧力0.4MPa 出口圧力0.1MPa 出口温度202K( 71 )

2 1 流量400NL/min(8.62/1000kg/s)

$$\begin{array}{ll} \text{のど部最小面積} = 8.62 / 938 \cdot 1000 = 9.2 \text{ mm}^2 & 3.4 \text{ mm} \\ \text{出口面積} = 9.19 \cdot 0.684 / 0.568 = 11.1 \text{ mm}^2 & 3.8 \text{ mm} \end{array}$$

2 2 流量500NL/min(10.8/1000kg/s)

$$\begin{array}{ll} \text{のど部最小面積} = 10.8 / 938 \cdot 1000 = 11.5 \text{ mm}^2 & 3.8 \text{ mm} \\ \text{出口面積} = 11.5 \cdot 0.684 / 0.568 = 13.8 \text{ mm}^2 & 4.2 \text{ mm} \end{array}$$

2 3 流量600NL/min 12.93/1000kg/s)

$$\begin{array}{ll} \text{のど部最小面積} = 12.93 / 938 \cdot 1000 = 13.8 \text{ mm}^2 & 4.2 \text{ mm} \\ \text{出口面積} = 13.8 \cdot 0.684 / 0.568 = 16.6 \text{ mm}^2 & 4.6 \text{ mm} \end{array}$$

## 【0025】

3 入口圧力0.5MPa 出口圧力0.1MPa 出口温度189K( 84°C)

3 1 流量400NL/min(8.62/1000kg/s)

$$\begin{array}{ll} \text{のど部最小面積} = 8.62 / 938 \cdot 1000 = 9.2 \text{ mm}^2 & 3.4 \text{ mm} \\ \text{出口面積} = 9.2 \cdot 0.684 / 0.5 = 12.6 \text{ mm}^2 & 4.0 \text{ mm} \end{array}$$

3 2 流量500NL/min(10.8/1000kg/s)

$$\begin{array}{ll} \text{のど部最小面積} = 10.8 / 938 \cdot 1000 = 11.5 \text{ mm}^2 & 3.8 \text{ mm} \\ \text{出口面積} = 11.5 \cdot 0.684 / 0.5 = 15.7 \text{ mm}^2 & 4.5 \text{ mm} \end{array}$$

3 3 流量600NL/min 19.93/1000kg/s)

$$\text{のど部最小面積} = 19.93 / 938 \cdot 1000 = 13.8 \text{ mm}^2 \quad 4.2 \text{ mm}$$

10

20

30

40

50

$$\text{出口面積} = 13.8 \cdot 0.684 / 0.5 = 18.9 \text{mm}^2 \quad 4.9 \text{mm}$$

## 【0026】

4 入口圧力 0.6MPa 出口圧力 0.1MPa 出口温度 180K ( 93 °C)

4 1 流量 400NL/min(8.62/1000kg/s)

$$\begin{array}{ll} \text{のど部最小面積} = 8.62 / 938 \cdot 1000 = 9.2 \text{mm}^2 & 3.4 \text{mm} \\ \text{出口面積} = 9.2 \cdot 0.684 / 0.44 = 14.3 \text{mm}^2 & 4.3 \text{mm} \end{array}$$

4 2 流量 500NL/min(10.8/1000kg/s)

$$\begin{array}{ll} \text{のど部最小面積} = 10.8 / 938 \cdot 1000 = 11.5 \text{mm}^2 & 3.8 \text{mm} \\ \text{出口面積} = 11.5 \cdot 0.684 / 0.44 = 17.9 \text{mm}^2 & 4.8 \text{mm} \end{array}$$

10

4 3 流量 600NL/min(12.93/1000kg/s)

$$\begin{array}{ll} \text{のど部最小面積} = 12.93 / 938 \cdot 1000 = 13.8 \text{mm}^2 & 4.2 \text{mm} \\ \text{出口面積} = 13.8 \cdot 0.684 / 0.44 = 21.5 \text{mm}^2 & 5.2 \text{mm} \end{array}$$

## 【0027】

上記計算により設計製作したジェットノズルを使用して、切削油に浸潤したボルト (M10 50mm長) を洗浄し残留油分を測定 (紫外線法による油分測定) したところ0.025mgであった。洗浄を圧縮空気流 (水蒸気の場合と同じく4気圧) のみで行った場合の残留油分は0.164mgであり、本発明による過飽和水蒸気による洗浄のほうが効果があることが実証された。洗浄試験は加速流路長150mmのものを使用。なお加速流路長80mmのものでも、同様の洗浄効果があった。

20

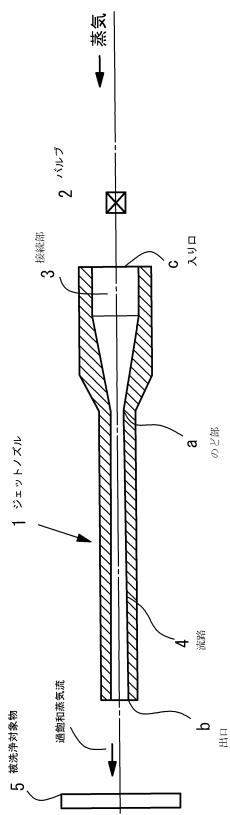
## 【符号の説明】

## 【0028】

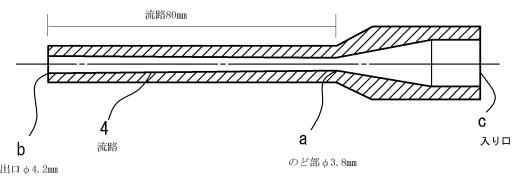
- 1 ジェットノズル
- 2 パルブ
- 3 接続部
- 4 流路
- 5 被洗浄対象物
- A 蒸気流
- a 入り口
- b 出口

30

【図1】



【図2】



---

フロントページの続き

(72)発明者 柳川 敬太  
愛知県安城市三河安城南町1丁目18番4号

(72)発明者 北川 文久  
愛知県名古屋市中区葵1丁目27番31号 古庄電機産業株式会社内

(72)発明者 藤澤 充  
愛知県名古屋市中区葵1丁目27番31号 古庄電機産業株式会社内

(72)発明者 岸村 雄平  
東京都墨田区亀沢4丁目5番9号 株式会社シスミック内

審査官 横溝 顯範

(56)参考文献 特開2004-356285 (JP, A)  
特開2011-189332 (JP, A)  
特開2007-073615 (JP, A)  
特開平10-156229 (JP, A)  
特開平02-276132 (JP, A)  
特開2007-229611 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B08B 3/02  
B05B 1/02