

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7608863号
(P7608863)

(45)発行日 令和7年1月7日(2025.1.7)

(24)登録日 令和6年12月23日(2024.12.23)

(51)国際特許分類		F I	
B 0 5 B	1/02 (2006.01)	B 0 5 B	1/02 1 0 2
B 0 5 C	5/00 (2006.01)	B 0 5 C	5/00 1 0 1
B 0 5 C	11/10 (2006.01)	B 0 5 C	11/10
B 2 6 F	3/00 (2006.01)	B 2 6 F	3/00 H
B 0 8 B	3/02 (2006.01)	B 0 8 B	3/02 E
請求項の数 6 (全14頁)			
(21)出願番号	特願2021-27342(P2021-27342)	(73)特許権者	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(22)出願日	令和3年2月24日(2021.2.24)	(74)代理人	100095452 弁理士 石井 博樹
(65)公開番号	特開2022-128884(P2022-128884 A)	(72)発明者	関野 博一 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ コーエプソン株式会社内
(43)公開日	令和4年9月5日(2022.9.5)	(72)発明者	大西 康憲 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ コーエプソン株式会社内
審査請求日	令和5年11月17日(2023.11.17)	(72)発明者	瀬戸 毅 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ コーエプソン株式会社内
		審査官	當間 庸裕
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 液体噴射ノズル及び液体噴射装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

噴射ノズル孔と、
前記噴射ノズル孔より径が大きくて前記噴射ノズル孔に接続する液体流路と、を有し、
前記噴射ノズル孔から噴射された連続流が液滴化して生じる液滴を対象物に当てる液体
噴射ノズルであって、
前記噴射ノズル孔は円筒形状であり、
前記噴射ノズル孔の前記液体流路に接続する入り口のエッジの曲率半径は、前記噴射ノ
ズル孔のノズル孔径の5%～10%の範囲にある、
ことを特徴とする液体噴射ノズル。

【請求項2】

請求項1に記載の液体噴射ノズルにおいて、
前記ノズル孔径は0.01mm～0.15mmの範囲にある、
ことを特徴とする液体噴射ノズル。

【請求項3】

請求項1に記載の液体噴射ノズルにおいて、
前記噴射ノズル孔から噴射された連続流の直径は、前記ノズル孔径よりも小さい、
ことを特徴とする液体噴射ノズル。

【請求項4】

請求項3に記載の液体噴射ノズルにおいて、

前記液滴の平均液滴径は、前記ノズル孔径よりも大きい、
ことを特徴とする液体噴射ノズル。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の液体噴射ノズルにおいて、
前記噴射ノズル孔から噴射された前記連続流の速度は、前記液体流路内を流通する液体
の速度よりも速い、
ことを特徴とする液体噴射ノズル。

【請求項 6】

噴射された連続流が液滴化して生じる液滴を対象物に当てる液体噴射ノズルを備える液体噴射装置であって、

前記液体噴射ノズルに液体を加圧して供給する加圧液体供給部を備え、

前記液体噴射ノズルは請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載のものである、
ことを特徴とする液体噴射装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、対象物に向かって液体を高圧で噴射して所定の処理をする液体噴射ノズル及び液体噴射装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、圧電素子を用いて高圧水の連続流を液滴化し、それを対象物に衝突させることで対象物の切断や洗浄等の処理を行う超音波ウォータージェット装置が知られている(特許文献 1)。

また、連続流に泡を形成することで噴霧状の液体を吐出できる発泡ノズル構造が知られている(特許文献 2)。この発泡ノズル構造は、各リブの丸く形成された後方エッジが半径 R を有する全体として円形に形成されている。ここで、半径 R のスロットの幅を S とすると、その比 $R : S = 1 : 2 \sim 1 : 4$ であることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特表 2007 - 523751 号公報

【文献】特表平 4 - 500038 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記いずれの文献にも、噴射ノズル孔の噴射口から噴射された液体の連続流が分裂してできる液滴を直進性良く飛翔させる場合において、前記液体を縮流として噴射させることで前記液滴の衝撃圧を高めることについて考慮する記載はない。

また、特許文献 2 の発泡ノズル構造では、噴霧が様々な方向へ偏向されるため、確実に霧状での噴射は可能となるが、液滴を直線的に噴射することはできず、液滴の衝撃圧を高めることは困難である。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するため、本発明に係る液体噴射ノズルは、噴射ノズル孔と、前記噴射ノズル孔より径が大きくて前記噴射ノズル孔に接続する液体流路と、を有し、前記噴射ノズル孔から噴射された連続流が液滴化して生じる液滴を対象物に当てる液体噴射ノズルであって、前記噴射ノズル孔は円筒形状であり、前記噴射ノズル孔の前記液体流路に接続する入り口のエッジの曲率半径は、前記噴射ノズル孔のノズル孔径の 25% 以下であることを特徴とする。

【0006】

10

20

30

40

50

また、本発明に係る液体噴射装置は、噴射された連続流が液滴化して生じる液滴を対象物に当てる液体噴射ノズルを備える液体噴射装置であって、前記液体噴射ノズルに液体を加圧して供給する加圧液体供給部を備え、前記液体噴射ノズルは、噴射ノズル孔と、前記噴射ノズル孔より径が大きくて前記噴射ノズル孔に接続する液体流路と、を有し、前記噴射ノズル孔は円筒形状であり、前記噴射ノズル孔の前記液体流路に接続する入り口のエッジの曲率半径は、前記噴射ノズル孔のノズル孔径の25%以下であることを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明に係る実施形態1の液体噴射ノズルを備える液体噴射装置の全体概略構成図。

10

【図2】同実施形態1の液体噴射ノズルの要部拡大断面図。

【図3】同実施形態1のノズル孔径が0.12mmの場合の噴射速度の解析値/理論値(縦軸)と噴射ノズル孔のエッジの曲率半径R(横軸)との関係を示すグラフ。

【図4】同実施形態1のノズル孔径が0.08mmの場合の噴射速度の解析値/理論値(縦軸)と噴射ノズル孔のエッジの曲率半径R(横軸)との関係を示すグラフ。

【図5】同実施形態1のノズル孔径が0.05mmの場合の噴射速度の解析値/理論値(縦軸)と噴射ノズル孔のエッジの曲率半径R(横軸)との関係を示すグラフ。

【図6】同実施形態2のノズル孔径が0.12mmの場合の噴射速度の解析値(縦軸)と噴射ノズル孔のエッジの曲率半径R(横軸)との関係を示すグラフ。

【図7】同実施形態2のノズル孔径が0.08mmの場合の噴射速度の解析値(縦軸)と噴射ノズル孔のエッジの曲率半径R(横軸)との関係を示すグラフ。

20

【図8】同実施形態2のノズル孔径が0.05mmの場合の噴射速度の解析値(縦軸)と噴射ノズル孔のエッジの曲率半径R(横軸)との関係を示すグラフ。

【図9】同実施形態2のノズル孔径が0.12mmの場合の噴射速度の解析値/実測値(縦軸)と噴射ノズル孔のエッジの曲率半径R(横軸)との関係を示すグラフ。

【図10】同実施形態2のノズル孔径が0.08mmの場合の噴射速度の解析値/実測値(縦軸)と噴射ノズル孔のエッジの曲率半径R(横軸)との関係を示すグラフ。

【図11】同実施形態2のノズル孔径が0.05mmの場合の噴射速度の解析値/実測値(縦軸)と噴射ノズル孔のエッジの曲率半径R(横軸)との関係を示すグラフ。

【図12】噴射ノズル孔から噴射され飛翔する液滴の飛翔軌跡を高速度カメラを用いて撮影して得た高速撮影画像。

30

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、本発明について先ず概略的に説明する。

上記課題を解決するため、本発明の第1の態様に係る液体噴射ノズルは、噴射ノズル孔と、前記噴射ノズル孔より径が大きくて前記噴射ノズル孔に接続する液体流路と、を有し、前記噴射ノズル孔から噴射された連続流が液滴化して生じる液滴を対象物に当てる液体噴射ノズルであって、前記噴射ノズル孔は円筒形状であり、前記噴射ノズル孔の前記液体流路に接続する入り口のエッジの曲率半径は、前記噴射ノズル孔のノズル孔径の25%以下であることを特徴とする。

40

【0009】

本態様によれば、前記噴射ノズル孔の前記液体流路に接続する入り口のエッジの曲率半径は、前記噴射ノズル孔のノズル孔径の25%以下である。これにより、前記噴射ノズル孔の噴射口から噴射された液体の連続流が分裂してできる液滴を直進性良く飛翔させることができると共に、前記液体を縮流として噴射させることが可能になる。前記縮流にすることで、縮流でない場合よりも噴射速度が高まるので、その高まった分だけ前記液滴の衝撃圧を高めることができる。

【0010】

また、前記縮流の形成し易さは、前記噴射ノズル孔の前記エッジの曲率半径がゼロ、即ち真に90度であるのがよいとされている。しかし、前記エッジの曲率半径がゼロの噴射

50

ノズル孔を作成することは困難であり、曲率半径が極力ゼロに近いものを目指して作成することになる。

そのような状況下で、本発明者らは、前記エッジの曲率半径がゼロでなくても縮流を形成することが可能である範囲があることを確認した。即ち、前記エッジの曲率半径がゼロでなくても、ある範囲まで前記縮流を形成できることを確認した。更にその確認の際に、ノズル孔径が大きくなるほど前記縮流を形成できる範囲が広くなることを発見した。本態様において、「エッジの曲率半径は、前記噴射ノズル孔のノズル孔径の25%以下」は、前記発見に基づくものである。

これにより本態様によれば、前記縮流を形成できる噴射ノズル孔を製造するに際して、漠然と前記エッジの曲率半径をゼロにすることを目指すといった意識をしなくてもよくなり、即ち、前記噴射ノズル孔のノズル孔径に応じて現実的に必要な曲率半径の大きさを把握することができ、それにより製造が容易になる。

【0011】

本発明の第2の態様に係る液体噴射ノズルは、第1の態様において、前記エッジの曲率半径は、前記ノズル孔径の5%～10%の範囲にあることを特徴とする。

【0012】

本態様によれば、前記エッジの曲率半径は、前記ノズル孔径の5%～10%の範囲にある。前記5%以上であれば製造の困難性は問題になりにくい。また、前記10%以下であればノズル孔径が広範囲に亘って縮流を形成できる確率が25%の場合より高い。これにより、縮流形成の確実性の高い液体噴射ノズルを製造容易にして提供することができる。

【0013】

本発明の第3の態様に係る液体噴射ノズルは、第1の態様又は第2の態様において、前記ノズル孔径は0.01mm～0.15mmの範囲にあることを特徴とする。

【0014】

本態様によれば、前記ノズル孔径が0.01mm～0.15mmの範囲の液体噴射ノズル孔について、前記縮流を形成できることが確認された。

【0015】

本発明の第4の態様に係る液体噴射装置は、噴射された連続流が液滴化して生じる液滴を対象物に当てる液体噴射ノズルを備える液体噴射装置であって、前記液体噴射ノズルに液体を加圧して供給する加圧液体供給部を備え、前記液体噴射ノズルは第1の態様から第3の態様のいずれか一つの態様に記載のものであることを特徴とする。

【0016】

本態様によれば、液体噴射装置として、第1の態様から第3の態様のいずれか一つの態様と同様の効果を得ることができる。

【0017】

[実施形態1]

以下に、本発明に係る実施形態1の液体噴射ノズルを備える液体噴射装置について、図1から図5に基づいて詳細に説明する。この液体噴射装置は、液滴を噴射ノズル孔の吐出側の端面から直進性良く飛翔させることが求められる皮膚洗浄用液体噴射装置である。

尚、液体噴射装置が上記の装置に限定されないことは勿論であり、歯科治療用装置等にも適用することが可能である。

【0018】

図1に示したように、本実施形態に係る液体噴射装置25は、液体3を噴射する液体噴射ノズル11を有する噴射部2と、噴射する液体3を貯留する液体タンク6と、加圧液体供給部であるポンプユニット27と、液体タンク6とポンプユニット27とをつなぐ液体3の流路10を成す液体吸引チューブ12と、ポンプユニット27と噴射部2とをつなぐ同じく流路10を成す送液チューブ14とを備える。

ポンプユニット27は、制御部4によって、送液チューブ14を通過して噴射部2に送液される液体3の圧力等のポンプ動作が制御される。

【0019】

10

20

30

40

50

< 液体噴射ノズル >

液体噴射ノズル 11 は、1 つ又は複数個の噴射ノズル孔 1 を有し、噴射ノズル孔 1 から高圧の液体 3 が噴射されるものである。図 1 中の部分拡大図において、符号 F は液体噴射方向を示す。

噴射ノズル孔 1 から噴射された高圧の液体 3 は、噴射直後は連続流 5 であるが、液体 3 の表面張力によって直ぐに液滴化して液滴 7 の群に分裂する。液滴 7 の前記群は、液体噴射方向 F に一直線に並んで飛翔する。その飛翔する液滴 7 の群を対象物 9 に次々に当てることで所定の処理が実行される。

尚、図 1 中の部分拡大図は、図面を解り易くするために、液滴 7 及び連続流 5 の寸法が他の部材に対して大きく拡大され、実際の相対的な寸法関係は無視されている。

【 0 0 2 0 】

図 2 に示したように、液体噴射ノズル 11 は、噴射ノズル孔 1 と、噴射ノズル孔 1 より径が大きくて噴射ノズル孔 1 に接続する液体流路 29 とを有し、噴射ノズル孔 1 から噴射された連続流 5 が液滴化して生じる液滴 7 を対象物 9 に当てる。噴射ノズル孔 1 は円筒形状である。更に噴射ノズル孔 1 の液体流路 29 に接続する入り口の縁であるエッジ 31 の曲率半径 R は、噴射ノズル孔 1 のノズル孔径 d の 25 % 以下に構成されている。

即ち、エッジ 31 の曲率半径 R は、噴射ノズル孔 1 のノズル孔径 d と関係付けられて設定されており、 R/d が 25 % 以下になる範囲で設定されている。

図 2 において、符号 20 は噴射ノズル孔 1 の孔壁面を示し、符号 22 は噴射口を示す。孔壁面 20 は直径が d の円筒形状であり、噴射口 22 は直径が d の円形である。

【 0 0 2 1 】

< 縮流 >

図 2 は、液体 3 が噴射ノズル孔 1 から縮流 18 となって噴射された状態を表している。縮流 18 とは、図 2 に表したように、噴射ノズル孔 1 から噴射される連続流 5 が孔壁面 20 との間に隙間を有する状態で、即ち孔壁面 20 に接触しない状態で噴射される状態のことである。言い換えると、縮流 18 はノズル孔径 d よりも小さい直径の連続流 5 になって噴射される状態のことである。その結果、縮流状態の噴射速度 V は縮流でない状態で噴射される連続流より速くなることが解っている。

【 0 0 2 2 】

本実施形態では、液体流路 29 も円筒形状に形成されている。尚、液体流路 29 は、円筒形状に限定されず、多角筒形状でもよい。

また、本実施形態では、噴射ノズル孔 1 の吐出側の端面 13 から所定の距離までの間において、液滴 7 の中心 15 の飛翔軌跡が、噴射ノズル孔 1 の中心軸 17 から半径 r が 0 . 5 mm 以内の範囲に収まるように構成されている。

【 0 0 2 3 】

< ノズル孔径と液滴のサイズ >

本実施形態では、噴射ノズル孔 1 のノズル孔径 d は 0 . 01 mm ~ 0 . 15 mm の範囲で作られる。

液滴 7 のサイズは、非粘性の線形理論からノズル孔径 d の約 1 . 88 倍になることが知られている。噴射ノズル孔 1 のノズル孔径 d は 0 . 01 mm ~ 0 . 15 mm であるので、それを計算すると液滴のサイズは 0 . 0188 mm ~ 0 . 282 mm となる。更に、噴射ノズル孔 1 の平滑さ等によって液滴サイズは多少ばらつくことを考慮すると、液滴のサイズは、平均液滴径としては約 0 . 02 mm ~ 0 . 29 mm となる。

ここで、複数の液滴 7 は、実際には完全な球形ではなく楕円形等に変形しているものがほとんどであるので、「平均液滴径」は、最も長い径部分と最も短い径部分に基づく平均値として求めることになる。

【 0 0 2 4 】

< 噴射圧力 >

また、本実施形態に係る液体噴射装置 25 では、加圧液体供給部であるポンプユニット 27 は、噴射ノズル孔 1 から噴射される液体 3 の噴射圧力が 0 . 2 MPa ~ 10 MPa と

10

20

30

40

50

なる供給圧力で液体 3 を供給するように構成される。

制御部 4 は、噴射ノズル孔 1 から噴射される液体 3 の噴射速度 V が所定の速度になるように噴射圧力を設定する。噴射速度 V が決まると飛翔する液滴 7 の速さも決まる。液滴 7 の速さは、噴射速度 V と空気抵抗の影響が表れるまで同じであり、速度 V で飛翔する。

【0025】

<エッジの曲率半径 R はノズル孔径 d の 25% 以下の説明>

(1) 噴射速度 V の「解析値/理論値」から

図 3 は、ノズル孔径 d が 0.12 mm の場合の噴射速度 V の解析値/理論値と噴射ノズル孔 1 のエッジ 31 の曲率半径 R との関係を示すグラフである。

ここで、噴射速度 V (m/s) の「解析値」は、汎用の 3 次元熱流体解析ソフトウェア (FLOW-3D) を用いて、液体 3 の各設定流量 (ml/min) 50、70、90 について求めた値である。また、「理論値」は、各ノズル孔径 d において、液体 3 の各設定流量 (ml/min) 50、70、90 を、各噴射ノズル孔 1 のノズル断面積で除すことで決定される理論速度 (m/s) である。

表 1 の左部分は、ノズル孔径が 0.12 mm の噴射ノズル孔 1 に対して、液体 3 の設定流量 (ml/min) を 50、70、90 とした場合の対応する各理論速度 (m/s)、即ち前記「理論値」が 74、103、133 であることを示している。

【0026】

図 4 は、ノズル孔径が 0.08 mm の場合の噴射速度 V の解析値/理論値と噴射ノズル孔 1 のエッジ 31 の曲率半径 R との関係を示すグラフである。

「解析値」は、前記 3 次元熱流体解析ソフトウェアを用いて、液体 3 の設定流量 (ml/min) 20、30、40 について求めた値である。

表 1 の中央部分は、ノズル孔径が 0.08 mm の噴射ノズル孔 1 に対して、液体 3 の設定流量 (ml/min) を 20、30、40 とした場合の対応する各理論速度 (m/s)、即ち前記「理論値」が 66、99、133 であることを示している。

【0027】

図 5 は、ノズル孔径が 0.05 mm の場合の噴射速度 V の解析値/理論値と噴射ノズル孔 1 のエッジ 31 の曲率半径 R との関係を示すグラフである。

「解析値」は、前記 3 次元熱流体解析ソフトウェアを用いて、液体 3 の設定流量 (ml/min) 8、12、14 について求めた値である。

表 1 の右部分は、ノズル孔径が 0.05 mm の噴射ノズル孔 1 に対して、液体 3 の設定流量 (ml/min) を 8、12、14 とした場合の対応する各理論速度 (m/s)、即ち前記「理論値」が 68、102、119 であることを示している。

【0028】

【表 1】

ノズル孔径(mm)	0.12	ノズル孔径(mm)	0.08	ノズル孔径(mm)	0.05
流量(ml/min)	理論速度(m/s)	流量(ml/min)	理論速度(m/s)	流量(ml/min)	理論速度(m/s)
50	74	20	66	8	68
70	103	30	99	12	102
90	133	40	133	14	119

【0029】

図 3 において、噴射速度 V の「解析値」の「理論値」に対する比である「解析値/理論値」が少なくとも 1.1 を超えていれば、噴射速度 V が理論速度より 1.1 倍、即ち 10% 速くなっていることになる。この状態は縮流が形成されていると見ることができる。

図 3 において、ノズル孔径 d が 0.12 mm では、エッジ 31 の曲率半径 R が 0.06 mm で 1.1 を超えている。この場合の R/d は $0.06 / 0.12 \times 100 = 50\%$ である。ノズル孔径 d が 0.12 mm では、曲率半径 R を R/d が 25% になるまで小さくしなくても縮流が形成されることになる。ノズル孔径 d が 0.12 mm では、その分、縮流を

形成するための曲率半径 R の許容範囲が広いとすることができる。

【 0 0 3 0 】

図 4 において、ノズル孔径 d が 0.08 mm では、エッジ 31 の曲率半径 R が 0.04 mm で 1.1 を超えている。この場合の R/d は $0.04 / 0.08 \times 100 = 50\%$ である。ノズル孔径 d が 0.08 mm でも、曲率半径 R を R/d が 25% になるまで小さくしなくても縮流が形成されることになる。ノズル孔径 d が 0.08 mm でも、縮流を形成するための曲率半径 R の許容範囲が広いとすることができる。

【 0 0 3 1 】

図 5 において、ノズル孔径 d が 0.05 mm では、エッジ 31 の曲率半径 R が 0.0125 mm で 1.1 を超えている。この場合の R/d は $0.0125 / 0.05 \times 100 = 25\%$ である。ノズル径が 0.05 mm では、 R/d が 25% であるので縮流が形成されることになる。

【 0 0 3 2 】

以上から、噴射ノズル孔 1 は、そのノズル孔径 d が 0.12 mm 、 0.08 mm 、 0.05 mm のものについては、 R/d が 25% 以下になるように作れば縮流が形成されることになることが解る。更に、ノズル孔径 d が 0.12 mm 、 0.08 mm のものは、 R/d が 50% でも縮流が形成されることになることが解る。

また、噴射ノズル孔 1 のノズル孔径 d が 0.15 mm のもの、及び 0.01 mm のものについて、同様のデータを取得して同様の検討を行った。その結果、いずれも R/d が 25% 以下になるように作れば縮流が形成されることを確認した。

【 0 0 3 3 】

表 2 は、噴射速度 V の「実測値」と前記「理論値」との比である理論速度比を、ノズル孔径 d が 0.12 mm 、 0.08 mm 、 0.05 mm について、表 2 中の各流量 (ml/min) に対して求めたものである。ノズル孔径 d が 0.12 mm の R/d は 1.7% 、 0.08 mm の R/d は 1.3% 、 0.05 mm の R/d は 2.0% のものである。

噴射速度 V の実測値は、以下のようにして得た。

< 噴射速度 V の実測値 >

図 12 は、噴射ノズル孔 1 から噴射され、速度 V で飛翔する液滴 7 の飛翔軌跡を、高速カメラを用いて撮影して得た高速撮影画像であり、その 2 ~ 3 枚 (図中では 3 枚) の画像を選択し、着目した液滴 7 の移動距離 S を算出し、これを撮影時間間隔で除して液滴の速さを求め、それを噴射速度 V の実測値とした。

【 0 0 3 4 】

具体的には、図 3 ~ 図 5 から凡その R の値を決定し、それから求めた R/d の値を実測値とした。

ノズル孔径 d が 0.12 mm の場合、理論速度比が 1.40 、 1.35 、 1.28 なので、平均値は約 1.34 になる。図 3 からこの時の R の値は約 0.002 mm であるので、 $R/d = 0.002 / 0.12 = 0.0166 \dots$ 1.7% となる。

ノズル孔径 d が 0.08 mm の場合、理論速度比が 1.44 、 1.42 、 1.35 なので、平均値は約 1.41 になる。図 4 ではいずれも 1.41 に届いていないため、解析値 / 理論値が最大となる R の値を採用し、その R の値は約 0.001 mm であるので、 $R/d = 0.001 / 0.08 = 0.0125 \dots$ 1.3% となる。

ノズル孔径 d が 0.05 mm の場合、理論速度比が 1.36 、 1.35 、 1.31 なので、平均値は約 1.34 になる。図 5 からこの時の R の値は約 0.001 mm または約 0.004 mm であるので、上記との整合性を考慮して 0.001 mm を採用した。よって、 $R/d = 0.001 / 0.05 = 0.02$ 2.0% となる。

【 0 0 3 5 】

10

20

30

40

【表 2】

ノズル径(mm)	0.12	ノズル径(mm)	0.08	ノズル径(mm)	0.05
流量(ml/min)	理論速度比	流量(ml/min)	理論速度比	流量(ml/min)	理論速度比
50	1.40	20	1.44	8	1.36
70	1.35	30	1.42	12	1.35
90	1.28	40	1.35	14	1.31

10

【0036】

表 2 において、噴射速度 V の実測値と理論値の比である理論速度比の最小値は、ノズル孔径 d によって異なるが、 d が 0.12 mm では 1.28、 d が 0.08 mm では 1.35、 d が 0.05 mm では 1.31 である。

よって、測定した各噴射ノズル孔 1 では実測の噴射速度 V が理論速度より全て速くなっていることが解る。即ち縮流が形成されていることになる。

更に、噴射ノズル孔 1 のノズル孔径 d が 0.15 mm のもの、及び 0.01 mm のものについて、同様に実測値と理論値のデータを取得して同様の検討を行った。その結果、いずれも R/d が 25 % 以下になるように作れば縮流が形成されることを確認した。

20

【0037】

<実施形態 1 の効果の説明>

本実施形態によれば、噴射ノズル孔 1 の液体流路 29 に接続する入り口のエッジ 31 の曲率半径 R は、噴射ノズル孔 1 のノズル孔径 d の 25 % 以下、即ち R/d は 25 % 以下である。これにより、噴射ノズル孔 1 の噴射口 22 から噴射された液体 3 の連続流 5 が分裂してできる液滴 7 を直進性良く飛翔させることができると共に、液体 3 を縮流 18 として噴射させることが可能になる。

縮流 18 にすることで、縮流でない場合よりも噴射速度 V が高まるので、その高まった分だけ液滴 7 の衝撃圧を高めることができる。

【0038】

また、縮流 18 の形成し易さは、噴射ノズル孔 1 のエッジ 31 の曲率半径 R がゼロ、即ち真に 90 度である方がよいとされている。しかし、エッジ 31 の曲率半径 R がゼロの噴射ノズル孔 1 を作ることは困難であり、曲率半径 R が極力ゼロに近いものを目指して作ることになる。

30

本発明者らは、エッジ 31 の曲率半径 R がゼロでなくても縮流 18 を形成することが可能である範囲があることを確認した。即ち、エッジ 31 の曲率半径 R がゼロでなくても、ある範囲まで縮流 18 を形成できることを確認した。更にその確認の際に、ノズル孔径 d が大きくなるほど縮流 18 を形成できる範囲が広くなることを発見した。本実施形態において、「エッジ 31 の曲率半径 R は、噴射ノズル孔 1 のノズル孔径 d の 25 % 以下」は、前記発見に基づくものである。

これにより本実施形態によれば、縮流 18 を形成できる噴射ノズル孔 1 を製造するに際して、漠然とエッジ 31 の曲率半径 R をゼロにすることを目指すといった意識をしなくてもよくなり、即ち、噴射ノズル孔 1 のノズル孔径 d に応じて現実的に必要な曲率半径 R の大きさを把握することができ、それにより製造が容易になる。

40

【0039】

[実施形態 2]

次に、本発明の実施形態 2 に係る液体噴射ノズル 1 について、図 6 から図 11 に基づいて説明する。図 6 ~ 図 8 において、複数の破線が、各流量における基準値を示す。

本実施形態では、エッジ 31 の曲率半径 R のノズル孔径 d に対する割合 R/d が 5 % ~ 100 % の範囲にあるように構成される。

【0040】

50

< エッジの曲率半径 R はノズル孔径 d の 5 % ~ 10 % の範囲の説明 >

(1) 噴射速度 V の「解析値 / 基準値」から

図 6 は、ノズル孔径 d が 0.12 mm の場合の、噴射ノズル孔 1 のエッジ 31 の曲率半径 R に対する噴射速度 V の解析値と基準値を比較したグラフである。液体 3 の設定流量 (ml/min) を 50、70、90 とした場合である。

ここで、噴射速度 V (m/s) の「解析値」は、上記と同じである。「基準値」は、エッジ 31 の曲率半径 $R = 0$ 、すなわち、エッジ 31 が直角になるときの噴射速度の解析値を求めて、それを基準値とした。エッジ 31 が直角となる状態は、縮流 18 の形成において有利な状態と言えるので、それを基準値とした。曲率半径 R を直角としたときの噴射速度の解析値である「基準値」は、以下のように求めた。

10

< 基準値の求め方 >

図 2 に示したエッジ 31 を直角にして作成した解析モデルを用いて、前記 3 次元熱流体解析ソフトウェアにより、各設定流量 (ml/min) における噴射速度を求めた。

【 0041 】

図 7 は、ノズル孔径 d が 0.08 mm の場合の噴射速度 V の解析値 / 基準値と噴射ノズル孔 1 のエッジ 31 の曲率半径 R との関係を示すグラフである。液体 3 の設定流量 (ml/min) を 20、30、40 とした場合である。

図 8 は、ノズル孔径 d が 0.05 mm の場合の噴射速度 V の解析値 / 基準値と噴射ノズル孔 1 のエッジ 31 の曲率半径 R との関係を示すグラフである。液体 3 の設定流量 (ml/min) を 8、12、14 とした場合である。

20

【 0042 】

図 6 において、ノズル孔径 d が 0.12 mm では、エッジ 31 の曲率半径 R が 0.012 mm で基準値を上回る。この場合の R/d は、 $0.012 / 0.12 \times 100 = 10\%$ である。

図 7 において、ノズル孔径 d が 0.08 mm では、エッジ 31 の曲率半径 R が 0.008 mm で基準値を上回る。この場合の R/d は、 $0.008 / 0.08 \times 100 = 10\%$ である。

図 8 において、ノズル孔径 d が 0.05 mm では、エッジ 31 の曲率半径 R が 0.005 mm で基準値を上回る。この場合の R/d は、 $0.005 / 0.05 \times 100 = 10\%$ である。

30

【 0043 】

以上から、噴射ノズル孔 1 のノズル孔径 d が 0.12 mm、0.08 mm、0.05 mm のものについては、 R/d が 10 % 以下になるように作ること、縮流 18 が形成される確率が高まること解る。

【 0044 】

(2) 噴射速度 V の「解析値 / 実測値」から

図 9 は、ノズル孔径 d が 0.12 mm の場合の噴射速度 V の解析値 / 実測値と噴射ノズル孔 1 のエッジ 31 の曲率半径 R との関係を示すグラフである。液体 3 の設定流量 (ml/min) を 50、70、90 とした場合である。

ここで、噴射速度 V (m/s) の「解析値」及び「実測値」は、上記と同じである。

40

【 0045 】

図 10 は、ノズル孔径 d が 0.08 mm の場合の噴射速度 V の解析値 / 実測値と噴射ノズル孔 1 のエッジ 31 の曲率半径 R との関係を示すグラフである。液体 3 の設定流量 (ml/min) を 20、30、40 とした場合である。

図 11 は、ノズル孔径 d が 0.05 mm の場合の噴射速度 V の解析値 / 実測値と噴射ノズル孔 1 のエッジ 31 の曲率半径 R との関係を示すグラフである。液体 3 の設定流量 (ml/min) を 8、12、14 とした場合である。

【 0046 】

図 9 において、ノズル孔径 d が 0.12 mm では、液体 3 の全ての流量 (ml/min) において、エッジ 31 の曲率半径 R が 0.006 mm で 1 をほぼ上回る。この場合の R/d

50

は $0.006 / 0.12 \times 100 = 5\%$ である。

図 10 において、ノズル孔径 d が 0.08 mm では、液体 3 の全ての流量 (ml/min) において、エッジ 31 の曲率半径 R が 0.004 mm で 1 をほぼ上回る。この場合の R/d は $0.004 / 0.08 \times 100 = 5\%$ である。

図 11 において、ノズル孔径 d が 0.05 mm では、液体 3 の全ての流量 (ml/min) において、エッジ 31 の曲率半径 R が 0.0025 mm で 1 をほぼ上回る。この場合の R/d は $0.0025 / 0.05 \times 100 = 5\%$ である。

【0047】

以上から、噴射ノズル孔 1 のノズル孔径 d が 0.12 mm 、 0.08 mm 、 0.05 mm のものについては、 R/d が 5% になるように作ること、縮流 18 が形成される確率が高まること、

10

即ち、噴射ノズル孔 1 のエッジ 31 の曲率半径 R をノズル孔径 d の 5% にすれば、確実に縮流 18 を形成させることができる。また、噴射速度 V は、理論速度の約 1.3 倍まで増幅され、理論上より 1.3 倍強い衝撃圧を発生させることができることになり、高い破碎、洗浄効果が期待することができる。

言い換えれば、理論上より約 30% 少ない液体 3 の流量 (ml/min) で、噴射速度 V により決まる所望の衝撃圧を発生させることができることになり、噴射する液体 3 の低流量化が図れる。

【0048】

本実施形態によれば、エッジ 31 の曲率半径 R は、ノズル孔径 d の $5\% \sim 10\%$ の範囲にある。 R/d が 5% 以上であれば製造の困難性は問題になりにくい。また、 R/d が 10% 以下であればノズル孔径 d が広範囲に亘って縮流 18 を形成できる確率が 25% の場合より高い。これにより、縮流 18 の形成の確実性の高い液体噴射ノズル 11 を製造容易に提供することができる。

20

【0049】

〔他の実施形態〕

本発明の実施形態に係る液体噴射ノズル 1 及び液体噴射装置 25 は、以上述べたような構成を有することを基本とするものであるが、本願発明の要旨を逸脱しない範囲内での部分的構成の変更や省略等を行うことは勿論可能である。

【符号の説明】

30

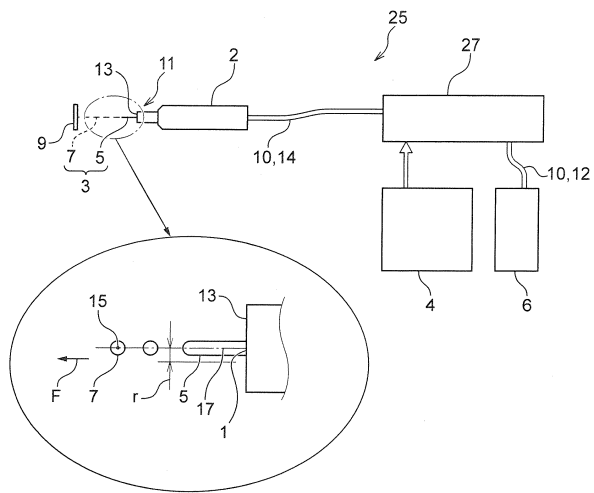
【0050】

1 噴射ノズル孔、2 噴射部、3 液体、4 制御部、5 連続流、
6 液体タンク、7 液滴、9 対象物、10 流路、11 液体噴射ノズル、
12 液体吸引チューブ、14 送液チューブ、15 中心、17 中心軸、
20 孔壁面、21 液体流入口、22 噴射口、25 液体噴射装置、
27 加圧液体供給部 (ポンプユニット)、29 液体流路、31 エッジ
F 液体噴射方向、R 曲率半径、d ノズル孔径

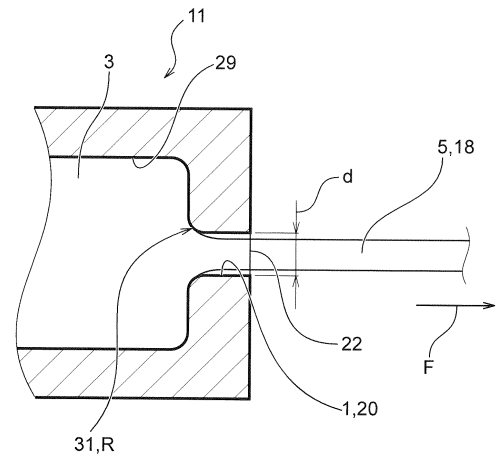
40

【図面】

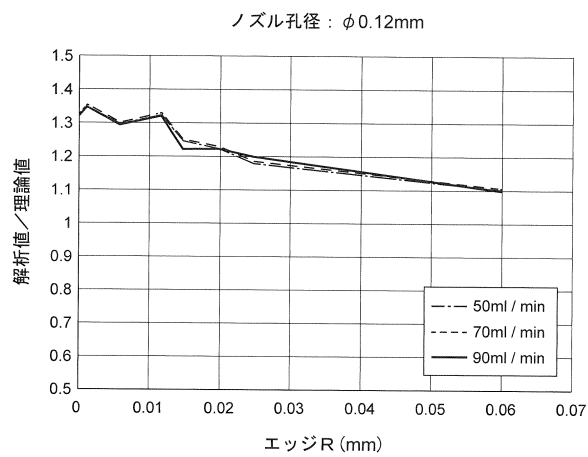
【 図 1 】



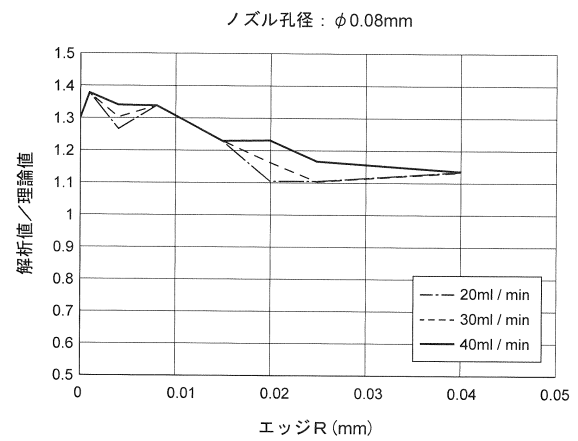
【 図 2 】



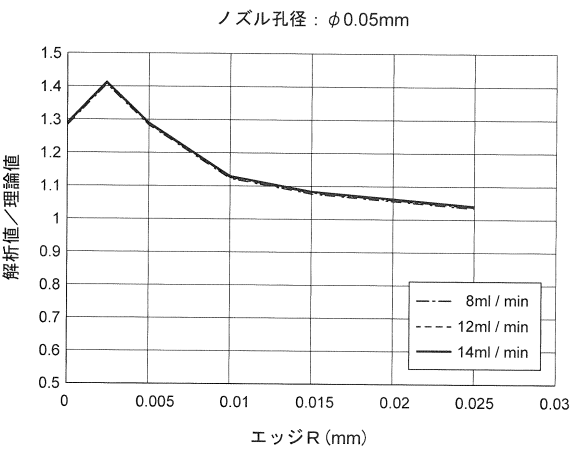
【 図 3 】



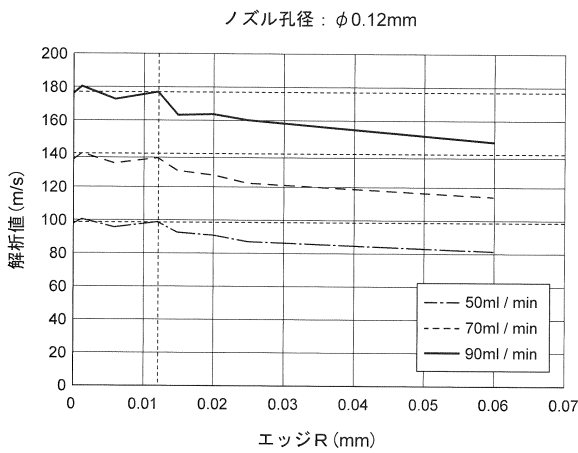
【 図 4 】



【図 5】

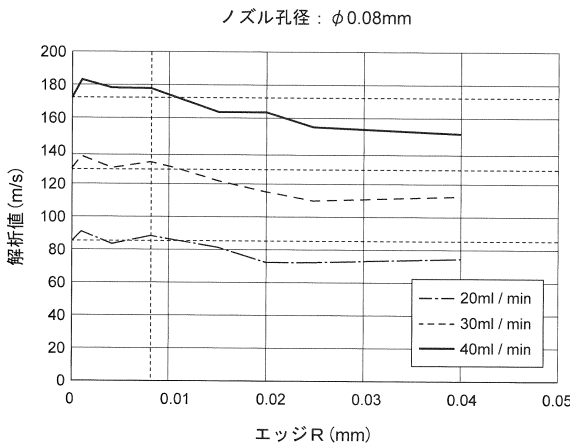


【図 6】

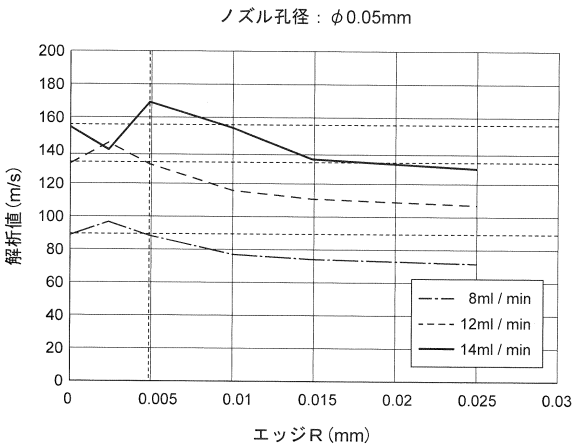


10

【図 7】



【図 8】



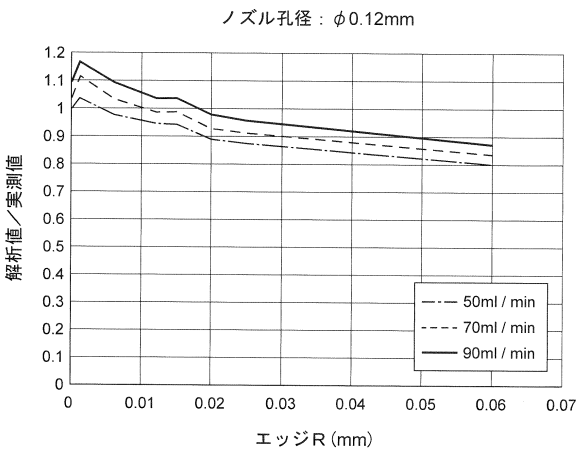
20

30

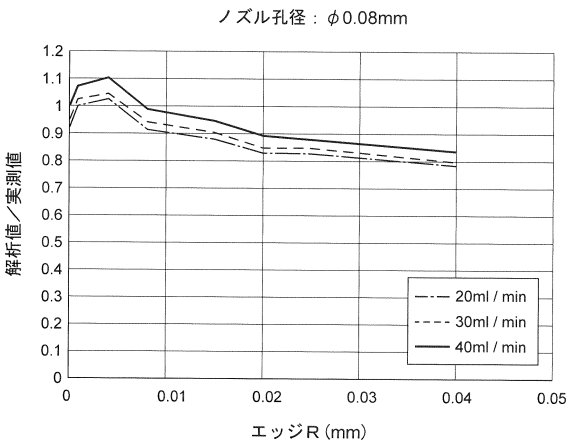
40

50

【図 9】

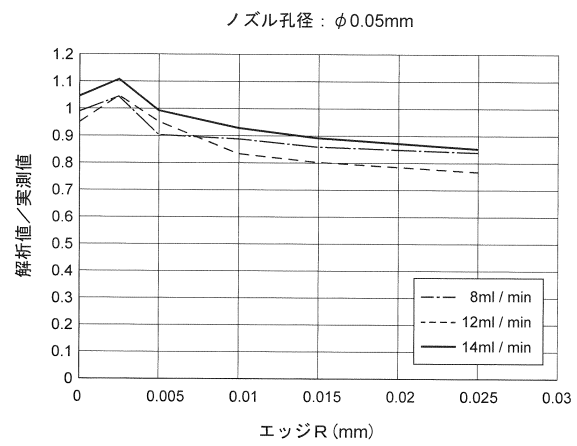


【図 10】

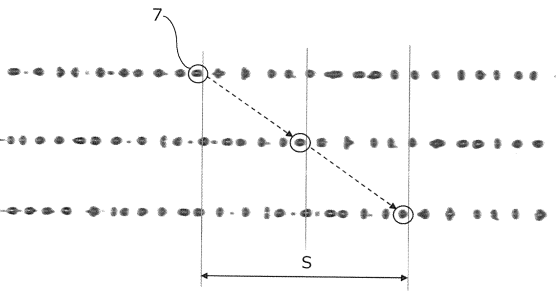


10

【図 11】



【図 12】



20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 2 1 - 0 2 3 9 9 8 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 1 2 4 8 9 2 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 1 2 9 8 4 0 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 1 3 9 8 3 3 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 1 0 3 9 8 4 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
B 0 5 B 1 / 0 2
B 0 5 C 5 / 0 0
B 0 5 C 1 1 / 1 0
B 2 6 F 3 / 0 0
B 0 8 B 3 / 0 2