Performance and Application of High Discharge Rate Type Mist Generator

○学 松山 史憲(熊本大院) 学 深町 健太郎(熊本大)

正 川原 顕磨呂(熊本大院) 正 佐田富 道雄(熊本大)

Fuminori MATSUYAMA, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, Kurokami 2-39-1, Kumamoto

Kentaro FUKAMACHI, Dept. of Mechanical Engineering and Materials Science, Kumamoto University

Akimaro KAWAHARA, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

Michio SADATOMI, Dept. of Mechanical Engineering and Materials Science, Kumamoto University

1. 緒言

佐田富教授が考案された管内に球状物体を挿入したマイクロバブル発生装置⁽¹⁾は、マイクロバブルの発生だけでなく、流体の組み合わせを変えることにより、霧状の液滴（ミスト）の発生も可能である。したがってミスト発生装置として、殺虫剤・消毒剤・空気清浄剤・消臭剤の噴霧といった工場・病院あるいは農業など、他の用途への応用性を有している。そこで、本研究では、ミスト発生装置の性能を実験的に調べた。また、本ミスト発生装置を普及させるためには、ミスト発生に要する動力は小さい方が望ましい。そこで、3種類のミスト発生装置の性能試験を行い、その性能を予測するための解析コードを導き、妥当性を調べた。以下にその結果を報告する。

2. ミスト発生原理

Fig.1 にミスト発生装置本体の概略を示す。円筒パイプ内に球状物体を挿入し流路の断面積を小さくすると、その周りの速度 v_2 は増加し、圧力 P_2 が下がる。 P_2 が大気圧以下になると、液吸込み口から液体を自給することができる。吸込まれた液体は、空気流によりせん断され、噴霧となって空気と共に排出される。

Fig.1 Detail of mist generator

3. 性能実験

3.1 実験装置および実験方法 Fig.2 に実験装置の概略を示す。作動流体には常温の空気を使用した。水槽内に吸引される水をミスト発生装置と同じ高さの水位となるまで補給したのち、ミスト発生装置にコンプレッサーから圧縮空気を導いた。空気流量 Q_G はマスフローメーター、吸水流量 Q_L はタービン式流量計、静圧 P_G は図に示す位置で圧力変換器によって測定された。

(1) 動力測定: レギュレータの二次圧を 0.1 MPa で一定に保ち、空気流量調整バルブを調節して、空気流量 Q_G を変化させ、その都度、吸水流量 Q_L と球上流 25 mm における静圧 P_1 を測定し、空気動力 $L_G = (P_1 + \rho_G v_{G1}^2/2) Q_G$ を求めた。

(2) ミスト径測定: ミスト発生装置先端から前方 500 mm の位置にて液浸法で採取したミストをデジタルカメラで顕微撮影してミスト径を計測した。

Fig.2 Test rig

3.2 供試ミスト発生装置 使用したミスト発生装置の仕様を Table1 に示す。表中の d_H は環状室 (Plenum) から水を空気流へ導くための穴の直径、 n はその個数で、パイプの周方向に (I) は 12 個、(II) は 24 個それぞれ設けている。(III) はシャドウマスク (直径 0.125 mm の穴がピッチ 260 μm で千鳥状に多数空いており、テレビのブラウン管などに使用) を用いた装置である。なお、球状物体 (直径 $d = 9.53 \text{ mm}$) は各装置共通である。

Table 1 Specification of mist generator

Type	Bore dia.	Air hole dia.	Air hole position	Number of holes	Total hole area
	$D \text{ mm}$	$d_H \text{ mm}$	$l \text{ mm}$	n	$A_H \text{ mm}^2$
(I)	14.0	0.5	2.7	12	2.36
(II)	14.0	0.5	2.7	24	4.71
(III)	14.0	0.125	0~5	Shadow mask	40.02

Fig.3 Liquid suction rate against air supply rate

4. 性能実験の結果及び考察

(1) $Q_L - Q_G$ 特性 (Fig. 3 参照)

吸込みの穴の総断面積 $A_H (=n\pi d_H^2/4)$ が大きくなるにつれ、 Q_L が増加することがわかる。これは (I) や (II) に比べて (III) の方が断面積が広いので水を自吸する

ときの抵抗が少なくなるためである。

(2) L_G-Q_G 特性 (Fig. 4 参照)

(Ⅲ) がより大きな動力を必要とすることが分かった。これは、シャドウマスクの一部が内側にはみ出して空気の通路を狭くしているためである。

(3) ミスト径分布 (Fig. 5 参照)

どの装置も $10\mu\text{m}$ 以下の液滴を多く放出していることがわかる。特に、(Ⅰ) は $5\mu\text{m}$ 以下の液滴が比較的多い。

Fig. 4 Compressed-air power against air supply rate

Fig. 5 Mist diameter distribution

5. モデル解析

ミスト発生装置の流体力学的性能予測を行うために、解析コードを導いた。次のように4地点を選んだ (Fig. 6 参照)。① は装置の入口地点、② は断面積が最小の地点、③ は装置出口より十分離れた地点 (噴流の持つ運動エネルギーが消散された地点)、④ は液吸入口より十分離れた地点である。各地点間のエネルギー保存式は以下の通りである。

$$\text{①-②間: } P_1 + \frac{\rho_G v_{G1}^2}{2} = P_2 + \frac{\rho_G v_{G2}^2}{2} + \zeta_1 \frac{\rho_G v_{G1}^2}{2} \quad (1)$$

$$\text{②-③間: } P_2 + \frac{\rho_G v_{G2}^2}{2} = P_3 + \zeta_2 \frac{\rho_H v_H^2}{2} \quad (2)$$

$$\text{②-④間: } P_2 + \frac{\rho_L v_{L2}^2}{2} = P_A - \zeta_3 \frac{\rho_L v_{L2}^2}{2} \quad (3)$$

式(2)では、気流への水の混入による影響を考慮するために、右辺では均質密度 ρ_H と均質流速 v_H を使用した。

$$\rho_H = \frac{\rho_G Q_G + \rho_L Q_L}{Q_G + Q_L}, \quad v_H = \frac{Q_G + Q_L}{\frac{\pi}{4} D^2} \quad (4)$$

さらに、式(3)では直径 d_a の吸水管における管摩擦等の損失は、 0.5 mm 以下の吸水穴における損失と比較して小さく、無視できると仮定した。

空気の圧縮性は、簡単化のために無視した。すると次

式が成り立つ。

$$Q_G = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) v_{G2} = \frac{\pi}{4} D^2 v_{G1} \quad (5)$$

水についても次式が成り立つ。

$$Q_L = A_H \cdot v_{L2} \quad (6)$$

実験結果から式(1)-(3)の損失係数 ζ_1 , ζ_2 , ζ_3 を求め、 Q_G から Q_L と P_1 を予測する解析コードを作成した。

Fig. 6 Parameters in analytical model

Fig. 7 Liquid suction rate against air supply rate

Fig. 8 Air pressure against air supply rate

6. モデル解析の結果及び考察

Q_L-Q_G 特性 (Fig. 7 参照)、 P_1-Q_G 特性 (Fig. 8 参照) とともに、予測値 (曲線) は、実験値の特性をよく表すことができた。

7. 結 言

マイクロバブル発生装置を転用して、高速空気流によりミストを発生する実験を行い、吸水流量、空気動力、ミスト径を測定した。また Q_L-Q_G 特性と P_1-Q_G 特性の予測法を構築できた。この予測法により、 Q_G から Q_L と P_1 を予測することができ、 P_1 に動力源から本装置までの配管系で生じる諸損失を合計することで必要とされる動力を評価可能である。したがって、用途に応じたミスト径から装置の種類とその動力源の選定が可能となる。

【参考文献】 (1) 佐田富道雄, 特開 2003-305494.