荷電洗浄液を用いたベンチュリスクラップの捕集性能について(第2報)*

Collection Efficiency in Venturi Scrubbers Using Electro-Charged Water (Part 2)

青木 功**
Isao AOKI

松山 卓蔵**
Takuzo MATSUYAMA

1. 緒言

前報では洗浄水に荷電水を用い、これを気流と並流に供給し検討した結果スロート部風速 40 m/sec の低速領域では静電効果が認められたことを報告した¹⁾。本報では荷電洗浄水をスロート内直角方向に供給し、高速領域での静電効果を検討すると共に液の導電率、表面張力の

影響をあわせて検討した。その結果を報告する。

2. 装置および方法

実験に用いたベンチュリ部詳細を Fig. 1 に示す。洗浄水はスロート軸に直角方向に注入した。用いたノズルは長さ 20 mm、外径 6 mm のガラス製でその内径は水道水の場合 2 mmφ、荷電水の場合は 0.5 mmφ のものを用いた。液滴の粒径分布の測定はスロート部下方 50 cm の所で液侵法により採取した。採取した液滴は顕微鏡を通じて写真撮影し、個数および形状により平均径 $\bar{d}_{32}$ を求めた。受止め液は洗剤を添加した場合の無加電時だけはシリコンオイル (1000 cSt) を用いたがその他の条件ではすべてシリコンオイル (5000 cSt) を用いた。集じん率の測定は絞り部上方および液滴分離室後方にろ紙式ダストサンプラを設置し JIS Z 8808 に準拠して行なった。液の導電率の影響は種々の濃度の NaCl 水溶液を作製し、その値を導電率計 (京都電子工業 K. K 製, CM-05) で計測し用いた。液の表面張力の影響は市販の中性洗剤を任意の量添加し、その値を表面張力計 (協和科学 K. K 製, CB. VP 式 A-3 型) で計測し用いた。なお液の表面張力を 50, 40, 30 dyne/cm 低下させるため中性洗剤をそれぞれ $6.0 \times 10^{-4} \% (W/V)$, $2.5 \times 10^{-3} \% (W/V)$, $8.5 \times 10^{-3} \% (W/V)$ 添加した。実験はスロート部風速 45~65 m/sec, 液ガス比は 0.03 (l/Nm³) で行なった。電圧は負極性で 5~30 kV 印加した。用いたダストはタルク (松村産業 K. K 製, モード径 12 μm) である。

Fig. 1 ベンチュリ部詳細図

昭和58年2月16日受付

*粉体工学会昭和55年度秋期研究発表会にて発表 (1980, 東京)

**関西大学工学部化学工学科 (〒564 吹田市山手町 3-3-35)

TEL 06-388-1121

3. 結果および考察

3.1 液滴生成径について

各々の条件の下での平均液滴径を表1に示す。生成液滴径は印加電圧の影響を受けず、その平均径は気流により微粒化される場合の推算に用いられる抜山-棚沢の式

Table 1 実験条件と液滴の平均粒子径について

スロート部風速	$u_t(\text{m/sec})$	45	55	65	45	45																		
液ガス比	$L(l/\text{Nm}^3)$	0.03			0.03	0.03																		
表面張力	$\sigma(\text{dyne/cm})$	70	50	40	30	70																		
導電率	$\kappa(\mu\text{mho/cm})$	272	272	305	375	1.1×10^4 1.5×10^4 1.7×10^4																		
印加電圧	$V(\text{kV})$	0	30	0	30	0	20	0	20	0	15	0	15	0	15									
実験値	$\delta_{32}(\mu\text{m})$	113.0	106.6	94.4	90.7	72.9	77.4	100	90.1	88.8	82.2	78.9	78.5	116.0	113.0	118.8	104.4	114.4	106.4	113.4	98.2	108.4	98.6	
抜山・棚沢の式による計算値	$\delta_{32}(\mu\text{m})$	108.7	—	90.5	—	76.6	—	92.1	—	82.2	—	71.2	—	108.7	—	108.7	—	108.7	—	108.7	—	108.7	—	—

によく一致した。また粒度分布は

で指数 $p=2$, $q=1$ でよく一致した。

荷電洗浄水を気流と並流に供給した場合、液の微粒化は静電気力により行なわれるため、その液滴径は流体力学的な力の影響を受けた。しかし荷電洗浄水をスロート軸方向直角に供給した場合、液の微粒化は静電気力よりも風速により行なわれるため式(1)に一致するものと考えられる。

電流－電圧特性を **Fig. 2** に示す。荷電洗浄水を気流と並流に供給した場合に比べ、放電電流は若干少ないが 0 kV まで安定に印加できた。集塵率を **Fig. 3** に示す。0 kV 印加することにより得た集塵率を無加電時のそれと比較するとスロート部風速 45 m/sec では56%が98%に、55 m/sec では62%が97%に、65 m/sec では71%が95%にそれぞれ上昇した。したがって本方式では荷電洗浄水を気流と並流に供給する場合と異なり、スロート部風速 65 m/sec でも静電効果は認められた。通常の洗浄水を用いた場合一般にスロート部風速を速くする程、またある限度まで液ガス比を大きくする程集塵性能は向上するが、荷電洗浄水の場合は逆に気流速度を遅くする程有利である。処理風量が本実験下で最大であるスロート部風速 65 m/sec で通常の洗浄水と比較すると、水道水の場合液ガス比 $1.0(l/Nm^3)$ で95%であった。荷電水の

Fig. 3 印加電圧の集じん率に及ぼす影響

Fig. 4 導電率の集塵率に及ぼす影響

Fig. 5 表面張力の集塵率に及ぼす影響

場合液ガス比 $0.03(l/Nm^3)$ で 30 kV 印加した場合同じ集塵率を得た。したがって荷電洗浄水を用いることにより水量は非常に少なくてよく、それに伴ない圧力損失も

低くなる。従来ベンチュリスクラップは卓越した機能を持ちながら圧力損失が高いためその使用範囲を狭くしていたが、荷電洗浄水を用いることにより省エネルギー化でき、今後その使用範囲を広くすることが期待できる。

液の電気的性質の中で最も重要な因子である導電率の影響を検討した結果を Fig. 4 に示す。導電率 $1(\mu\text{mho/cm})$ の蒸留水を用いた場合、高電圧を印加しても放電電流は通常の水を用いた場合のそれより極端に低く、集じん率も低い。導電率 $10^2 \sim 10^3(\mu\text{mho/cm})$ の範囲では導電率の増加に伴ない集じん率も上昇する。しかし導電率が $10^4(\mu\text{mho/cm})$ 以上になると放電は不安定となり低電圧で火花閃絡を起こし集じん率は低下する。したがって本方式に適した導電率は $10^2 \sim 10^3(\mu\text{mho/cm})$ と考えられる。

液の表層張力の影響を検討した結果を Fig. 5 に示す。洗浄集じんではダストの液体に対する濡れやすさが捕集性能に大きく影響する。東燃らは液に表面活性剤を添加することにより疎水性ダストに対する集じん率が若干向上することを確かめ、洗浄液と粒子の親和性の問題を指摘している²⁾。Ciborowski と Iwanski はジブチルフタレート (D. B. P.) を用い表面張力を $70 \sim 30(\text{dyne/cm})$ まで変化させた場合の集じん率は $10 \sim 32\%$ 上昇することを確認している³⁾。しかし荷電水の場合表面張力が $40(\text{dyne/cm})$ 以下になると液滴への帯電効率が悪くなるためか集じん率は低下した。したがって本方式に適した表面張力は $40(\text{dyne/cm})$ 以上と考えられる。通常の水の導電率は $220(\mu\text{mho/cm})$ 、表面張力は $70(\text{dyne/cm})$ であり、それぞれ上述した範囲に入り本方式にとって好都合である。

結 言

洗浄水に荷電水を用いこれをスロート軸直角方向に供給し検討した所、気流と並流に供給した場合に比べ、圧力損失は低液ガス比のため大きな変化は認められないが、直角方向に供給することにより風速が高速な場合でも静電効果は認められ処理風量が増大できた。従来卓越した機能を持ちながらベンチュリスクラップは圧力損失が高いためその使用範囲を狭いものにしてきたが、荷電洗浄水を用いることにより省エネルギー化でき、今後その使用範囲が広がることを期待できる。なお本方式に適した液の物性は導電率 $10^2 \sim 10^3(\mu\text{mho/cm})$ 、表面張力は $40(\text{dyne/cm})$ 以上である。通常の水はこの範囲に入り好都合である。

記 号

a : 定数	[-]	u_t : スロート部風速	[m/sec]
b : 定数	[-]	δ : 液滴の粒径	[μm]
L : 液ガス比	[l/Nm^3]	δ_{32} : 液滴の体面積平均径	[μm]
n : 粒径 δ の液滴数	[個]	σ : 液の表面張力	[dyne/cm]
N : 液滴の全サンプリング数	[個]	ρ_l : 液の密度	[g/cm^3]
p : 指数	[-]	μ_l : 液の粘性係数	[$\text{g}/\text{cm}\cdot\text{sec}$]
q : 指数	[-]		

文 献

- 1) 青木功, 松山卓蔵: 粉体工学会誌, 17, 554(1980)
- 2) 上岡豊: 続新化学講座No13, “ベンチュリスクラッパ”, p.3(日刊工業), (1959)
化学機械協会編: “最近の化学工学”p.35, (丸善)(1955)
- 3) Atkinson, D. S. F. and W. Strauss: *J. Air. Poll. Control. Assoc.*, 28, 114 (1978)
- Ciborowski, J. and I. Iwinski: *Chem. Stosow.*, 4 143(1967)
- 4) 井伊谷鋼一編著: “集塵装置の性能”, (産業技術センタ) (1975)
- 5) 化学工学協会編: 化学工学の進歩 No.16 “気泡・液滴・分散工学”, p.201(槇書店)(1982)

Authors' Abstract

Collection Efficiency in Venturi Scrubbers Using Electro-Charged Water (Part 2)

by

Isao AOKI and Takuzo MATSUYAMA

(Department of Chemical Engineering, Kansai University)

In a previous paper, it was shown that electro-charged water, which was injected in parallel to the gas flow, could help point the way forward improvement in venturi scrubber performance. However, it had a wholesome on the throat gas velocity below 40 m/sec. The present paper examines the effect of electro-charged water, which is injected through a glass tube placed in the center of the throat, on collection efficiency. Calcium carbonate is used for the test dust. The results are summarized as follows: (1) Collection efficiency is 95~98% for 20~30 kV charged water. Throat gas velocity is as high as 45~65 m/sec. Additionally, this system is applicable to the small liquid-gas ratio 0.03(l/Nm^3). (2) Collection efficiency is independent of water conductivity in the range of $10^2 \sim 10^3 (\mu\text{mho}/\text{cm})$ and of water surface tension more than about 40(dyne/cm). Fortunately, ordinary water has conductivity and surface tension with in this range.

List of Figures and Table

Fig.1 Detail of venturi scrubber.

Fig.2 Current-voltage characteristics.

Fig.3 Relationship between collection efficiency and applied voltage.

Fig.4 Relationship between collection efficiency and applied voltage for various conduc-

tivities.

Fig.5 Relationship between collection efficiency and applied voltage for various surface tensions.

Table 1 Experimental conditions and droplet diameters.