紡績工場における掃除法の合理化に関する研究*

(第10報) 吹きとばしノズルによる掃除特性

(昭和35年3月10日受理) 会 員 新 津 靖**

〃 藤 森 茂 樹
細 川 欽 延

→ 摘 要 ←

研 究 目 的

じんあいの吹きとばし掃除機構を明らかにするために、第7, 8, 9報¹⁾で、床面に向って噴出する空気流の特性を調べたが、本報では実際に砂粒ならびに風綿層の吹きとばしを行なって、吹きとばし掃除特性を明らかにしようとした。

研 究 結 果

(1) 平面上に散布した砂粒および沈積風綿層が、ノズルからの噴出気流によって、吹きとばされる状況を写真撮影し、掃除特性を調べた。

(2) 噴出気流によって、吹きとばされる面積 $S \text{ m}^2$ とノズル口面積 $A \text{ m}^2$ との比の対数 $\log_e S/A$ と噴出速度 $u_0 \text{ m/s}$ と限界風速 $v \text{ m/s}$ との比の対数 $\log_e u_0/v$ との間には直線関係が成立する。この関係を実験式で表わし、設計に利用できるようにした。

(3) 砂粒の吹きとばしにおいては、ある噴出速度になると、砂粒はノズル軸と平面との交点付近から急に吹きとばされはじめ、噴出気流の逆方向に急激に広まるが、次第に噴出気流方向に向って徐々に広まってゆく。

この砂粒の吹きとばされはじめる噴出速度は、ノズル傾斜角が $0^\circ < \theta \leq 90^\circ$ の場合には

$$\frac{u_0}{v} = 1.53 e^{0.03 \frac{H}{d_0 \sin \theta}}$$

$\theta = 0$ の場合には

$$\frac{u_0}{v} = 1, \quad \left(-\frac{H}{d_0} \leq -\frac{1}{2} \right)$$

$$\frac{u_0}{v} = 0.67 e^{0.79 \frac{H}{d_0}}, \quad \left(\frac{H}{d_0} > \frac{1}{2} \right)$$

で与えられる。

37. 砂粒の吹きとばし性能

平面上のじんあいを、空気ジェットで吹きとばす場合の掃除状況を観察し、掃除性能判定の資料をうるため、砂粒について吹きとばし実験を行なった。

1 mm 目盛の方眼紙を裏面にはったガラス板を水平におき、0.5 mm の厚さに一様に砂粒 (Tyler ふり 100 ~ 150 メッシュの間の鋳物砂) を散布して、この水平ガラス板に対し 90° , 60° , 45° , 30° および平行にもうけ

た噴出口 (20 mm 直径の規格ノズル) からの噴出速度を次第に増加させて、その吹きとばし状況を写真にとり、この吹きとばし面積をプランメータで測定した。

吹きとばし状況推移の写真の一部を第173 ~ 178 図に示す。

まず第173 図はノズルを平面に垂直に高さ 400 mm に設けた場合の写真で、噴出速度を次第にましてゆき、ある風速になるとノズル軸から半径 10 ~ 30 mm はなれた点から砂は飛びはじめるが、はじめは左上図のように中

* Studies on Improvement of Cleaning Method in Spinning Mills. Part 10: Cleaning Characteristics of Blow Nozzle. (第1報 11巻 1号, 第2報 11巻 5号, 第3報 11巻 6号, 第4報 11巻 10号, 第5報 12巻 1号, 第6報 12巻 5号, 第7報 12巻 10号, 第8報 13巻 5号, 第9報 13巻 7号に所載)

** Y. Niitsu, Member. 大阪大学工学部, S. Fujimori, Member. Y. Hosokawa, 姫路工業大学

心付近に砂をのこすが、ほぼ円形で吹きとばし面積を増大してゆき中央の吹きとばし部は徐々に減少してゆく。

第174図は 60° 傾斜ノズルを平面上 200 mm に設けた場合、第175図は 45° 傾斜ノズルを 200 mm 高さに設けた場合、第176図は 30° 傾斜ノズルを 100 mm 高さに設けた場合で、ノズルが傾斜すると中央部の吹きとばしはなくなり、ノズル軸と平面との交点付近から砂を吹きとばしはじめ、風速増加と共にはじめは噴流方向の逆方向へその面積をまし、次第にその増加割合は減少すると共に、噴流方向への吹きとばしが増加してゆく。吹きとばし面積の形状はノズルが傾斜するにしたがって円形からた円形にかわり、写真からもわかるように噴出方向の逆方向の吹きとばし状況は比較的安定しているが、噴

出方向に対しては不安定で、その形状も凹凸の多い形となっている。いまノズル前後に対する面積増加の状況を線図に表わすと第177, 178図のようになる。

そしてガラス面上の砂粒が吹きとばされはじめる噴出速度は次の実験式で与えられる。

$$\frac{u_0}{v} = 1.53 e^{0.05 \frac{H}{d_0 \sin \theta}}$$

ここで u_0 : 噴出速度 (m/s)

v : 砂粒の限界速度 (m/s)

H : ノズル高さ (m)

d_0 : ノズル口直径

θ : ノズル傾斜角

つぎにノズルが平面に平行に設けられた場合の吹きと

ばし状況推移の写真の一部を第 179, 180 図に示す。

第 179 図は $H = \frac{1}{2} d_0$ すなわち噴出口が平面に切している場合で、風速増加とともに吹きとばし面積は噴流方向に増加してゆき、ノズル軸に直角な両側への増加割合は比較的少ない。

第 180 図は $H = 2 d_0$ に設けられた場合で、ノズル口から約 600 mm (=15 H) 付近から吹きとばされはじめて前後にはほぼ同じぐらいの割合で増大してゆく。

この場合の砂粒の吹きとばされはじめる噴出速度は

$$\frac{u_0}{v} = 1, \quad \left(\frac{H}{d_0} \leq \frac{1}{2} \right)$$
$$\frac{u_0}{v} = 0.67 e^{0.79 \frac{H}{d_0}}, \quad \left(\frac{H}{d_0} > \frac{1}{2} \right)$$

(第 175 図)

で与えられる。

(第 176 図)

(第 177 図)

つぎに吹きとばし面積と噴出速度との関係を図示すると第 181～183 図のようになる。第 181 図はノズルが平面に対して垂直な場合、第 182 図は 45° 傾斜の場合であるが、いずれの場合においても (60° 傾斜、 30° 傾斜の場合もふくめて) $\log_e u_0/v$ と $\log_e S/A$ とは比例し、 $H/d_0 \sin \theta < 20$ では一直線としてあらわされ、 $H/d_0 \sin \theta > 20$ では二直線からなる一折線としてあらわされる。 $H/d_0 \sin \theta$ が 20 より大きい場合には直線の折点は

$u_0/v = 0.14 H/d_0 \sin \theta + 1.2$ の点となる。

図から明らかなように直線の傾斜角は H/d_0 が大きくなるにつれて大きくなり、ノズルが高いほど噴出速度の増加に対する吹きとばし面積の増加は急激で、 $H/d_0 \sin \theta \approx 20$ において一番急であるといえる。 $H/d_0 \sin \theta > 20$ ではじめて急増するが、 $u_0/v = 0.14 H/d_0 \sin \theta + 1.2$ から増加の割合は減少してしまう。

また第 183 図はノズルが平面に対し平行に設けられた場合であるが、前述の場合と同じく $\log_e S/A$ と $\log_e u_0/v$ とは比例関係になり一直線で

あらわされ、 $H/d_0 \approx 1/2$ で吹きとばし面積は最大となる。

これらのことは第 7, 8, 9 報で述べた実験結果とよく一致しており、ノズルは傾斜角 θ が $0^\circ < \theta \leq 90^\circ$ の場合には $H/d_0 \sin \theta = 20$ となるように設けるのが有効であり、また平面に平行な場合 ($\theta = 0^\circ$) には、 $H/d_0 = 1/2$ となるように設けるのが一番有効であるといえる。

以上の結果から本実験の範囲 $1.5 < u_0/v < 9$ において

(第 181 図)

(第 182 図)

次の実験式が成立する。

$0^\circ < \theta \leq 90^\circ$ では

$$\frac{S}{A} = e\beta \left(\frac{u_0}{v} \right)^K \left(\frac{H}{d_0 \sin \theta} \right)^\alpha$$

(第 183 図)

噴出速度 $u_0 = 3.2 \text{ m/s}$

$u_0 = 6.3 \text{ m/s}$

$u_0 = 5.0 \text{ m/s}$

$u_0 = 7.5 \text{ m/s}$

$u_0 = 5.8 \text{ m/s}$

$u_0 = 9.6 \text{ m/s}$

400 200 0 200 400

400 200 0 200 400

ノズル中心からの距離 (mm)

(第 184 図)

ここで

$$K = 1.13 \left(\frac{H}{d_0 \sin \theta} \right)^{0.31}$$

$$\alpha = -1.20$$

$$\beta = 2.94, \left(\frac{H}{d_0 \sin \theta} < 20 \right)$$

$$K = 0.005 \left(\frac{H}{d_0 \sin \theta} \right)^{2.69}$$

$$\alpha = -19.2$$

$$\beta = 59, \left(\frac{H}{d_0 \sin \theta} > 20, \frac{u_0}{v} < 0.14 \frac{H}{d_0 \sin \theta} + 1.2 \right)$$

$$K = 5431 \left(\frac{H}{d_0 \sin \theta} \right)^{-2.5}$$

$$\alpha = 7.12$$

$$\beta = -19.8,$$

$$\left(\frac{H}{d_0 \sin \theta} > 20, \frac{u_0}{v} > 0.14 \frac{H}{d_0 \sin \theta} + 1.2 \right)$$

$\theta = 0^\circ$ の場合には

$$\frac{S}{A} = 142 e^{-1.75 \frac{H}{d_0}} \left(\frac{u_0}{v} \right)^{0.8 \frac{H}{d_0} + 1.38}$$

38. 風綿層吹きとばし実験

つぎに吹きとばしノズルによる風綿層の吹きとばし実験について述べる。

紡績工場において空気ジェットによって掃除を行なう場合、対象となるじんあいは最終的には外部からもちこまれる砂じんを考えるべきである。しかして実際に一番多量に存在するものは風綿であり、これが掃除の直接の対象であるが、これを大学の実験室で行なうことは困難である。そこで混打綿機の下に表面をラッカ仕上げた板をおき、落下した風綿を板上に堆積させ、できた風綿

層に対して吹きとばし実験を行なった。実際問題として紡績工場内の掃除では、このように多量に堆積させてから空気掃除を行なうことはなく、掃除周期は早い。したがってこの実験は多量に堆積させたらどうなるかという参考資料である。

いま上記の風綿層の吹きとばし状況推移の写真の一部を第184～186図に示す。沈積風綿は互いにかみあって、1枚のうすい布のようになっている。空気ジェットによってめくられるように移動され、風速の増加とともにその面積をましてゆくが、他の状況は前節の砂粒の場合とまったく同様である。

すなわち第184図は平面に垂直に高さ400 mmに設けられた53 mm φのノズルで吹いた場合で1 cm²当たり0.00189 gの層をなし、その限界風速は1.13 m/s、第185図は同じく53 mm φのノズルを30°傾斜させて平面上400 mmに設けた場合で、1 cm²当たり0.00480 g、限界風速1.41 m/s、また第186図は133 mm × 16 mmの長方形ノズルを60°傾斜させて、平面上660 mmに設けた場合で、1 cm²当たり0.00457 g、限界風速1.89 m/sである。吹きとばし面積と噴出速度との関係を図示すると第187図のようになり、前章の砂粒の場合と同じく、 $\log_e S/A$ と $\log_e u_0$ とは直線関係にあり、それぞれの場合に応じて一番有効なノズル高さがある。

図で各実験の風綿層の厚さは多少異なるが、平均して

(第185図)

(第186図)

(第 187 図)

1 cm² 当たり 0.00277 g で、その限界風速は平均して 1.27 m/s である。またノズル I は直径 53 mm の円形ノズル、ノズル II は 47 mm×47 mm の正方形ノズル、ノズル III は 36 mm×60 mm の長方形ノズル、ノズル IV は 27 mm×81 mm の長方形ノズル、ノズル V は 16 mm×133 mm の長方形ノズルで、その断面積はほぼ同じである。

39. 結 語

吹きとばしノズルの特性を明らかにするため、水平板上の砂粒、風綿層に対する吹きとばし実験を行なって、次の結果をえた。

(1) 噴出気流によって吹きとばされる面積 S m² と噴出口面積 A m² との比の対数 $\log_e S/A$ と、噴出速度 u_0 m/s と限界風速 v m/s との比の対数 $\log_e u_0/v$ との間には直線関係が成立する。

(2) 平面上に 0.5 mm の厚さに散布された砂粒に対する吹きとばし実験から次の実験式をえた。

ノズル傾斜角が $0^\circ < \theta \leq 90^\circ$ の場合

$$\frac{S}{A} = e^{\beta} \left(\frac{u_0}{v} \right)^K \left(\frac{H}{d_0 \sin \theta} \right)^{\alpha}$$

$$\text{ここで } K = 1.13 \left(\frac{H}{d_0 \sin \theta} \right)^{0.31}$$

$$\alpha = -1.20$$

$$\beta = 2.94, \quad \left(\frac{H}{d_0 \sin \theta} < 20 \right)$$

$$K = 0.005 \left(\frac{H}{d_0 \sin \theta} \right)^{2.09}$$

$$\alpha = -19.2$$

$$\beta = 59,$$

$$\left(\frac{H}{d_0 \sin \theta} > 20, \quad \frac{u_0}{v} < 0.14 \frac{H}{d_0 \sin \theta} + 1.2 \right)$$

$$K = 5431 \left(\frac{H}{d_0 \sin \theta} \right)^{-2.5}$$

$$\alpha = 7.12$$

$$\beta = -19.8,$$

$$\left(\frac{H}{d_0 \sin \theta} > 20, \quad \frac{u_0}{v} > 0.14 \frac{H}{d_0 \sin \theta} + 1.2 \right)$$

ノズルが平面に平行な場合 ($\theta = 0$)

$$\frac{S}{A} = 142 e^{-1.75 \frac{H}{d_0}} \left(\frac{u_0}{v} \right)^{0.8 \frac{H}{d_0} + 1.38}$$

(3) 砂粒吹きとばしにおいては、ある噴出速度になるとノズル軸と平面との交点付近から急に吹きとばされはじめ、噴出気流方向の逆方向に急激に広まるが次第に噴出気流方向に向って徐々に広まってゆく。この砂粒が吹きとばされはじめる噴出速度は

$0^\circ < \theta \leq 90^\circ$ では

$$\frac{u_0}{v} = 1.53 e^{0.05 \frac{H}{d_0 \sin \theta}}$$

$\theta = 0^\circ$ では

$$\frac{u_0}{v} = 1, \quad \left(\frac{H}{d_0} \leq \frac{1}{2} \right)$$

$$\frac{u_0}{v} = 0.67 e^{0.79 \frac{H}{d_0}}, \quad \left(\frac{H}{d_0} > \frac{1}{2} \right)$$

で与えられる。

この実験は、日東紡績海南工場の御援助によるものであり、また測定には姫路工大学生安宅正明、筒井静夫、佐藤義朗、小林宣浩、達口駿一諸君らの熱心な助力をえた。ここに謝意を表する次第である。

文 献

- 1) 新津靖, 藤森茂樹, 細川欣延: 紡績工場における掃除法の合理化に関する研究 (第 7, 8, 9 報); 本誌, 12, 10 (昭34-10) 13, 5 (昭35-5), 13, 7 (昭35-7)
- 2) 同上 (第 4 報); 本誌, 11, 10 (昭33-10)