

エアガイド方式エアジェットルームにおける 流れ特性の実験的研究

第1報 エアガイド内の流れ特性

旭化成工業	石	田	稔*	(会員)
金沢大学工学部	岡	島	厚**	
旭化成工業	島	田	幸	保*
"	倉	田	建	夫* (会員)
"	星	合	文	隆*

Experimental Study on the Flow of an Air Jet Loom with an Air-Guide Part 1: Characteristics of the Flow Injected into an Air-Guide

Minoru Ishida*, Atsushi Okajima**, Yukiyasu Shimada*, Takeo Kurata*, Humitaka Hoshiai*

*Textile Research Laboratory, Asahi chemical Industry Co., Ltd.

**Department of Technology, Kanazawa University, Kanazawa, Ishikawa

Abstract

The flow characteristics of an air-guide of an air jet loom have been experimentally investigated. We compare the flow in an air-guide with the flow jetted free in atmosphere to clarify the effects of an air-guide.

The main results are as follows: (1) A flow field in an air-guide can be classified into two regions. (2) The first region is found at an up-stream part of the guide and the distribution of the axial velocity along the guide shows very similar features to a free jet flow. (3) The other region is at the down-stream part. The value of the axial velocity slightly decrease, along the guide and the distribution of radial velocities can be expressed by the power law of about 1/6. (Received September 28, 1988)

摘 要

本研究では、エアガイド方式エアジェットルームで緯入れ性能を向上させるための基礎研究として、エアガイドの機能と空気の流れの特徴について、ノズルからの噴流をエアガイド内へ噴射した場合と自由大気中に噴射した場合の比較により検討した。以下得られた結果を要約する。

- (1) エアガイド内の空気流速分布は大きく2つの領域に分類される。
- (2) 1つはエアガイドの上流側で、その中心軸の流速が自由大気噴流速度とほぼ等しい値を示す領域である。この領域では、ガイド半径方向の流速分布は、ガイド入口から遠ざかるにつれ、ガイド隙間からの空気の侵入のため、壁面から徐々に自由大気噴流と異なる分布を形成していく。
- (3) 他の1つはエアガイドの下流側で、ガイド特性に応じた速度分布を示し、その流速低下防止の効果の顕在化する領域である。この領域では、ガイド半径方向の流速分布は、 $1/n$ 乗則 ($n \approx 6$) で表示される。 (昭和63年9月28日受理)

1. 緒論

近年、紡績糸やセルロース系長繊維の製織工程の合理化を目的として、空気で緯糸を飛走させるエアジェットルーム（以下、AJLと略記）の導入が急速に進められつつある。

AJLにおける緯糸の飛走力は、糸の表面と空気との摩擦抵抗によって与えられるが、空気はウォータジェットルームにおける水に比べて密度（約1/800）や粘性係数が低い（約1/50）上に、ノズルから出た噴流も非常に拡散しやすい欠点を持つ¹⁾。従って、緯糸により強い飛走力を与えるには、ノズルから出た空気を織物幅に渡っていかに拡散させず遠くまで到達させるかが大きな技術課題となる。その対応技術が各織機メーカーから出る商用機の緯入れの種類となり、それを大別すると、

- ①エアガイド方式
- ②変形箄補助ノズル方式
- ③上記①②併用の補助ノズル付エアガイド方式

の3種類で、それぞれ一長一短を持つ²⁾。このように実用化された商用機の緯入れ方式が一元化されていないことも、空気による緯入れの複雑さを示しているものといえる。いずれにしても、現在実用化されているAJLが経済面や織物品質面、さらには適用織物品種の拡大面で、より優れた性能を発揮するためには、緯糸をいかに効率的に遠くまで確実に飛走させるかが今後の重要な課題となる。

AJLに関する研究報告には、AndersonとStabs³⁾による、空気流下の各種繊維の引っ張り張力に関するものがあるが、AJLを対象とした研究ではない。Duxbury⁴⁾によって初めてAJLに関する研究がなされたが、主にMaxbo-MP型AJLの織機性能に関するものである。

その後、宇野、石田ら⁵⁾によって実験用AJL試作に至る一連の基礎的研究がなされ、その技術的問題点を明らかにしている。その他にMohamedとSalama⁶⁾、吉田ら⁷⁾、又、チェコスロバキア、ソ連、東欧などにおいて数多くの特定織機の性能調査や開発に関する研究⁸⁾がある。

本報並びに第2報では、エアガイド方式AJLにおける一般流動特性、例えばエアガイド内の空気流速分布特性などを明らかにする。特に本報においては、ノズルからの噴流をガイド内に噴射した場合と自由大気中に噴射した場合との比較により、エアガイドの機能と空気の流れの特徴を明確にする。又、

第2報においては、スリットの有無や口径の異なる各種円筒管との空気の流れを比較することによってエアガイド特性に対する評価基準を定める基礎的資料を得る。

2. 実験装置と測定方法

2.1 実験装置

図1に本実験で用いたメインノズルの形状、各部寸法を示す。なお、ノズルは日産自動車製AJL、LA-21型のフィラメント仕様ノズルを基本として新たに製作した。主な寸法は、加速管口径(d) 6.0 mm ϕ 、加速管内の糸と空気の接触長 11 mm、ニードル外径 3.7 mm ϕ 、同内径 3.0 mm ϕ 、空気噴射断面積 17.5 mm²である。

図2に本実験で用いたエアガイドの形状、各部寸法を示す。なお、エアガイドは日産自動車製AJL、LA-21型フィラメント仕様のもので同一である。主な寸法は、穴径(D) 18 mm ϕ 、板厚 2.15 mm、間隔 0.7 mm、テーパ角 3.5°であり、0.9 mmの間隙がある。ガイドの全長は 100 cmで、1ブロック 20 cm長のものが5つ連設して構成されている。

2.2 空気流速と流量並びに圧力の測定方法

本実験では、織機のスレイを台の上に固定して、図3に示すようなノズル、エアガイドの配置で、図4に示すような座標軸を取決め、一連の測定を行った。なお、ノズルへの圧縮空気は、空気源であるコンプレッサからフィルタ、レシーバ、エアドライヤー、圧力調整器、小型レシーバ、ブルドン管圧力計、

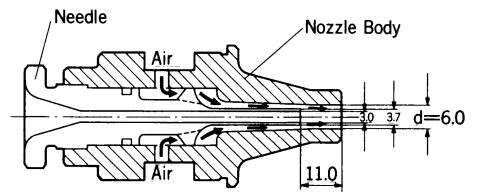


図1 メインノズルの形状、寸法

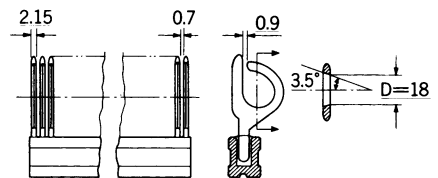


図2 エアガイドの形状、寸法

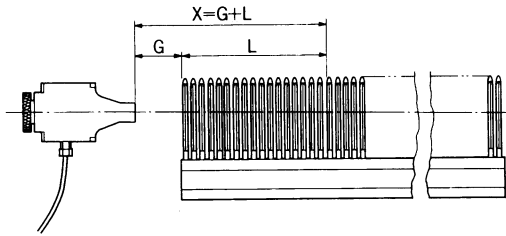


図3 ノズルとエアガイドの位置関係

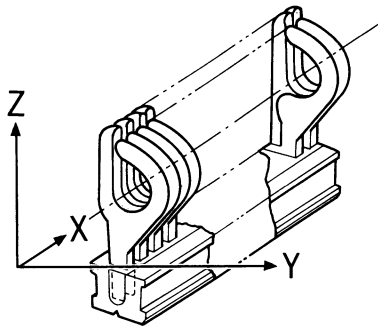


図4 エアガイドと測定座標軸

流量計を通過して導かれる。ここで、本実験では図3のように、ノズルとエアガイドの間隔を G 、エアガイド入口からの距離を L 、ノズル出口からの距離を X ($X=G+L$) とする。各項目の測定は、すべてノズルからの間欠流ではなく、定常噴射流について行い、空気流速の測定はピトー静圧管を XYZ テーブルで移動しながら、デジタルマノメータ (岡野製作所製 DP-1000 A 型) を用いて行った。

空気流量の測定は、各空気流速分布を積分して求めた。流域における静圧測定は、ノズル自由噴流の場合は直径 $10\text{ mm}\phi$ の円盤に $0.5\text{ mm}\phi$ の静圧測定穴を設けた静圧プローブを用いて測定し、エアガイドの壁面静圧はガイドを構成する板の間隙から外径 $0.6\text{ mm}\phi$ (内径 $0.5\text{ mm}\phi$) の注射針をガイド内壁面小径側に接して設置させ測定した。

3. 実験結果

3.1 メインノズルの自由大気中における空気流

3.1.1 流速分布

図5は、ノズル噴射空気圧 1.0 kg/cm^2 の場合の空気流速分布をノズルからの距離との関係で示す。

図より本実験のノズルの空気流速分布は、ノズル出口から $5d$ の距離以内では速度欠損を持ち、中心

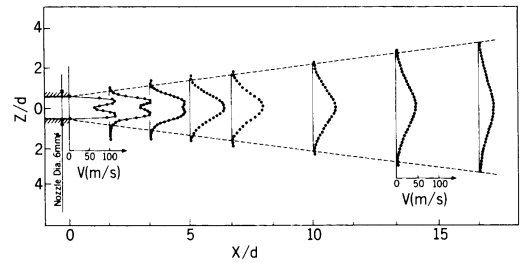


図5 ノズルの自由大気中での空気流速分布

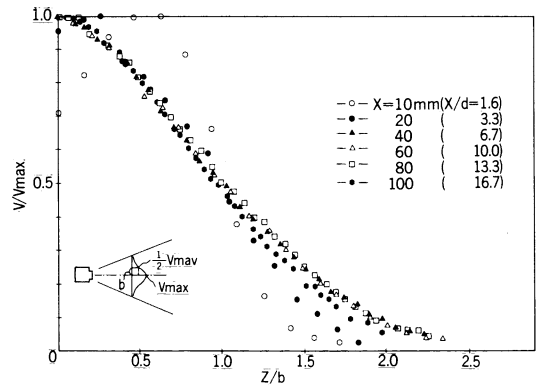


図6 ノズル自由噴流の無次元化 (その1)

部の欠損速度が最も大きい。この速度欠損は、図1に示すノズル内のニードル部分の後流によるものであるが、ノズル出口から $5d$ 以上離れると完全に消滅する。それ以降の空気流速分布は、ノズル中心軸の空気流速が最も早く、 Z 軸方向の中心から遠ざかるにつれ減衰していく形状を呈している。

図6には、図5のノズルからの距離 (X) が異なる各位置の噴流について流速分布 (V) を、その位置の最高流速 (V_{max}) で無次元化し、噴流の径 (Z) を図6に示すように流速が $1/2 V_{max}$ となる噴流半径 (b) で無次元化して示す。

図から、ノズルからの距離 (X/d) が 6.7 以上では各ノズル軸垂直断面における速度分布はすべて1つの共通な曲線上に存在する。従って、本実験で用いたノズルは距離 (X/d) が 6.7 以上では速度分布は相似になるといえる。一方、図7は、ノズルの噴射圧を $1.0, 2.0, 3.0\text{ kg/cm}^2$ に変えた結果であるが、噴射圧を変えても流速分布は相似性を保っている。

3.1.2 静圧分布

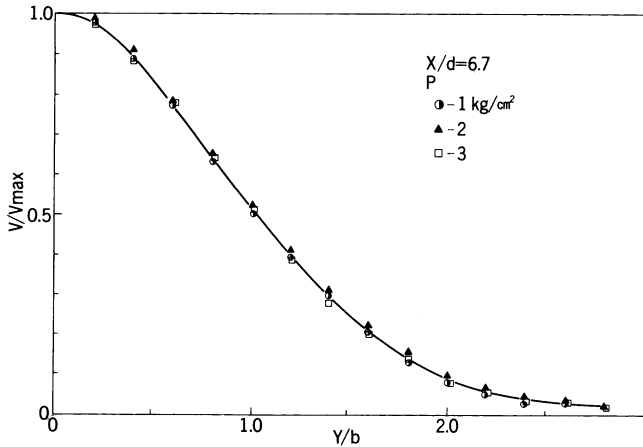


図7 ノズル自由噴流の無次元化 (その2)

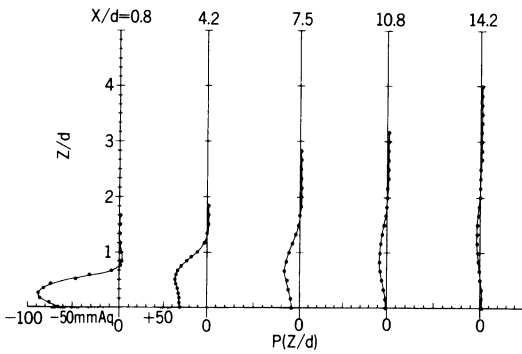


図8 ノズルからの距離と空気流半径方向の静圧分布

図8にはジェット内半径方向の静圧分布とノズルからの距離との関係(ノズル噴射空気圧 1.0 kg/cm²)を示す。図から、ノズル中心軸近傍は負圧を示し、中心軸から離れるに従い、若干負の値が大きくなった後、大気圧に近づく。中心軸近傍の負圧の大きさは、ノズル出口に近い程大きくなる。又、負圧が最大となる位置は、ノズル出口から遠くなる程、中心軸から離れる。

3. 1. 3 空気流直径と空気流量

図9は空気流速が V_{max} の 1/2 となる位置での噴流の直径を平均直径 (Z_{1/2}/d) と定義して、ノズルからの距離 (X/d) との関係を示す。一般に噴流直径は、噴流の運動量保存の法則と混合理論の適用から、ノズルからの距離に比例する⁹⁾。本実験でも、両者の関係は概略 Z_{1/2}/d = 0.14 X/d + 1 で表わされる。

さらに、図10にノズルからの距離による噴流の空気流量変化を示す。図から、無次元空気流量 (Q/Q₀) [(空気流量 Q) / (ノズル出口空気量 Q₀)] はノズル

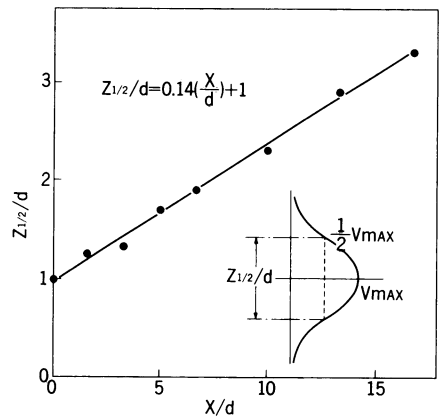


図9 ノズル自由噴流のノズルからの距離と平均直径

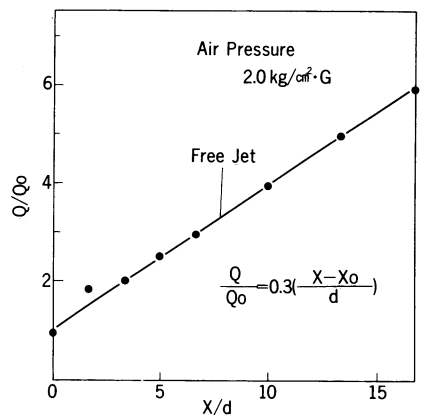


図10 ノズル自由噴流の空気流量変化

からの距離 (X/d) が大きくなる程増加している。従って、噴流はノズルから離れるに従い、周囲の空気を相当取込んでいることがわかる。ここで空気量

(Q/Q_0) と距離 (X/d) とは、 $5 \leq X/d \leq 16.7d$ の範囲ではほぼ比例関係にある。これは図9のごとく噴流径 [$Z/2d$] が距離 (X/d) に比例することと図12で示すように噴流の中心流速 V が距離 (X/d) に反比例しているためである。

本実験では、空気流量 (Q/Q_0) と距離 (X/d) の関係は、噴流の見掛けの原点を X_0 とすると $Q/Q_0 = 0.3 [(X - X_0)/d]$ と近似され、Albertson ら¹⁰⁾ による X/d の比例定数 0.32 にほぼ一致している。

3.2 エアガイド内の流れ特性

3.2.1 流れ方向

図11にはノズルとエアガイドの間隔 G を $1.7d$ 一定にした場合のガイド中心軸の空気流速 (V_x) をエアガイドなしの場合と比較して示す。

図から、ガイド中心軸の空気流速 (V_x) はノズル出口からの距離がほぼ $15d$ の位置 (ガイド入口から $4.4D$ に相当) まで、ノズルの自由大気中での流速とほぼ一致している。ここでノズルの自由大気中における中心軸方向の流速は、前項で述べたようにノズル出口での速度欠損が最も大きいことから、その速度は出口から約 $5d$ の距離で最大となる。この距離は、図7のノズルの空気流速分布の相似性から、噴射空気圧を変えてもあまり変わらない。その後、中心軸流速 (V_x) はノズルから遠ざかる程距離に反比例して減衰していく。いずれにしてもエアガイドの流速低下防止効果が表れるのは、ガイドがノズル出口から $1.7d$ のところから設置されているにもかかわらず、ノズル出口から $15d$ 以上離れたところからとなる。なお、エアガイドの効果の表れる位置 $X = 15d$ は、ノズルの噴射空気圧を変えても

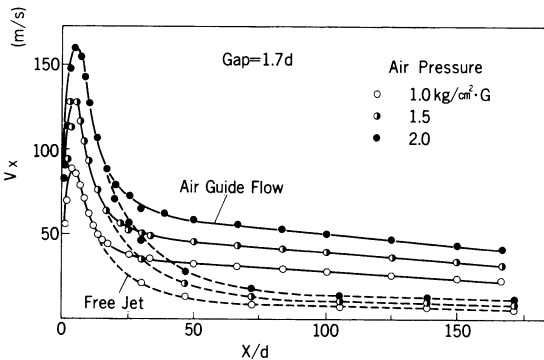


図11 エアガイド内のノズルからの距離による空気流速分布

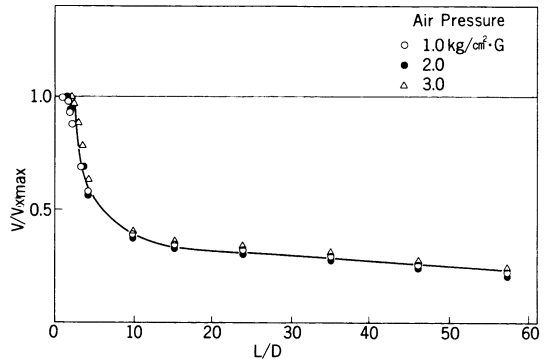


図12 エアガイド内無次元流速

あまり変化しない。次に、エアガイド効果が現われてからの空気流速は、ノズルから遠ざかるにつれてほぼ直線的に減衰していく。

図12は、図11のガイド中心軸流速 (V_x) を各ノズル噴射圧の最高流速 (V_{xmax}) との比で無次元化し、ガイド入口を原点として示す。図から、ガイド内中心軸方向の空気流速分布 (V_x/V_{xmax}) はノズル噴射圧にかかわらず相似である。

以上より、エアガイド中心軸の流速は、その特徴から、ノズル自由噴流の流速に一致する領域とガイド特性に応じた流速を示す2つの領域に大別できる。

3.2.2 半径方向

図13に半径方向の空気流速分布をノズルからの距離との関係で示す。ここでノズル出口からの距離 ($X/d = 15$) 付近までは、前述したようにエアガイド中心軸流速がノズル自由噴流の流速とほぼ一致することから、まずこの範囲での半径方向の流速分布の特徴について考察する。

図14は、そのうち $X = 3.3d$ と $15d$ について同じ位置のノズル自由噴流と比較したものである。図から、エアガイドの半径方向の流速分布はガイド入口に近い $3.3d$ においては、ノズル自由噴流の分布に

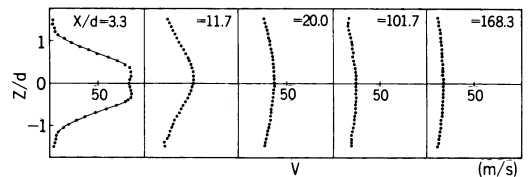


図13 エアガイド内のノズルからの距離によるZ軸半径方向の流速分布

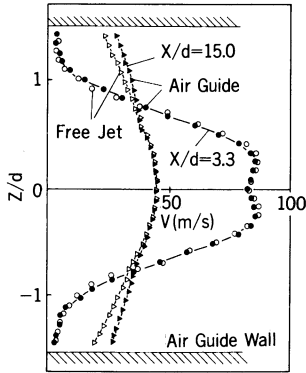


図14 自由大気とエアガイド内の大気流速分布の比較

等しく、 $X = 15d$ では、エアガイド中心軸近傍以外は、同位置のノズル自由噴流より早く、異なった流速分布を示す。このことより、エアガイド入口に突入したノズル噴流は、壁面静圧が負の $X = 15d$ までは入口から遠ざかるにつれてガイド間隙から外部空気が侵入するため、壁面部より徐々にノズル自由噴流と異なる流速分布を形成していくものと考えられる。従って、 $X = 15d$ 近くになると、壁面部からの流速変化がガイドの中心軸まで達するため、それ以降はノズル自由噴流と全く異なるエアガイド特有の流速分布を示すものと考えられる。

次に、 X が $15d$ 以降のエアガイド内流速分布の特徴について考察する。

図15は、図13のたて軸のエアガイドの中心軸からの距離をガイドの直径で、又、よこ軸の流速をその位置での最高流速で無次元化したものである。図より、 $X \geq 15.8d$ ($L \geq 4.7D$)では、流速分布はガイド出口の $X = 168.3d$ ($L = 55.6D$) までほぼ相似である。

次に図16には (V/V_{max}) と $(Z/1/2D)$ を両対数グラフでプロットしたものを示す。本実験では (V/V_{max}) と $(Z/1/2D)$ 間には

$$(V/V_{max}) \approx (Z/1/2D)^{1/6}$$

の関係があり、エアガイドの壁が一様でないことや間隙のあることで、乱流平滑管における $1/n$ 乗則の場合と若干異なる。

図17は、ガイドのZ軸とY軸の半径方向について流速分布を比較したものである。図から、両者はほぼ同一の形状を呈している。ここで、エアガイドの形状は図2に示すように上下左右対称でなく、上部側方に緯糸の抜ける切欠部が存在する。エアガイド流れ方向でガイド内外へ吸引されたり排出された

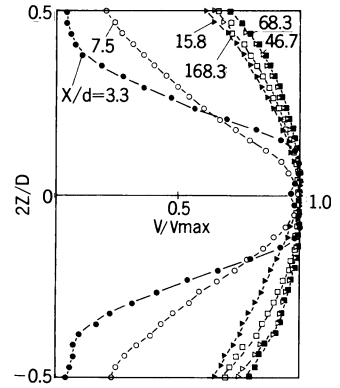


図15 エアガイド内無次元流速分布

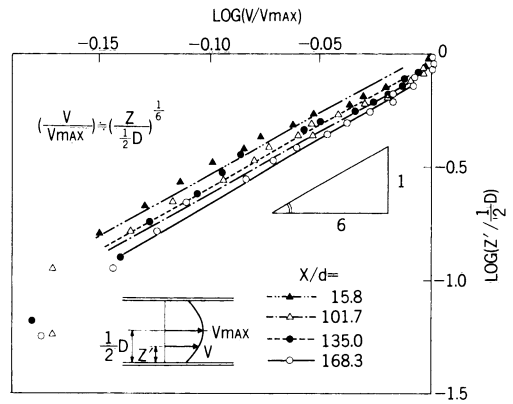


図16 エアガイド内の流速分布に対する $1/n$ 乗法則の適用

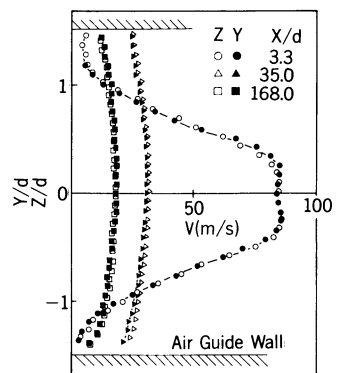


図17 エアガイド内のZ軸、Y軸半径方向の流速分布の比較

りする空気は、ガイド切欠部に集中するのではなく、ガイドの間隙部で一様に空気の流入、流出が生じていると考えられる。

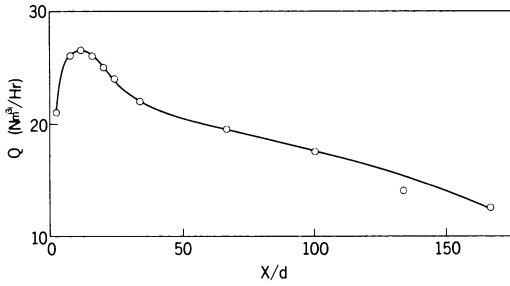


図18 エアガイド内の空気流量の変化

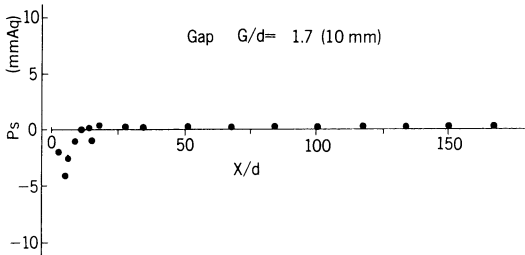


図19 エアガイド壁面静圧分布

3. 2. 3 空気流量

図18に、エアガイド流れ方向の空気流量(Q)の変化を示す。図から、空気流量は、 $X = 15d$ まではノズルから遠ざかるにつれ、増加する。即ち、この区間は、ガイドのすき間や切欠部から外部の空気を積極的に取込み、流量(Q)は $X = 15d$ で最大を示す。 $X > 15$ になると、流量(Q)は逆に空気がガイドの外に流出するため減少していく。本実験では、最終的な空気流量の保持率 [(エアガイド出口の空気流量/エアガイド入口の空気流量) × 100%] は約54%となる。

3. 2. 4 壁面静圧

図19にエアガイド流れ方向におけるガイド壁面の静圧分布を $G = 1.7d$ の場合について示す。図より、壁面静圧はガイド入口より $X = 15d$ までは負の値を示し、それ以降は若干の正圧を示す。これを図18の軸方向の流量変化と対比すると、壁面静圧が負の値を示す領域ではガイドの外部から空気が吸引され、正静圧の領域では外部へ流出していることがわかる。

4. 結論

本研究では、エアガイド方式 AJL の緯入れ機能を向上させるための基礎的研究として、エアガイド内の空気流の諸特性を明らかにした。得られた主な結果は次のとおりである。

(1) エアガイド中心軸方向の空気流速分布については、その特徴から大きく2つの流速領域に分類される。即ち、自由大気流速とほぼ同じ特性を示す領域とエアガイドの流速低下防止効果が顕在化する領域である。

(2) エアガイド流れ方向の空気流量変化は、壁面静圧の変化と良く対応する。

(3) エアガイド中心軸の最高流速の流れ方向の変化は、ノズルの噴射圧を変えてもノズルとガイドの隙間が同一ならば、ガイド内最高流速で無次元化すると相似になる。

(4) エアガイド半径方向の流速分布については、ガイド入口付近ではノズル自由噴流とほぼ同一形状である。入口から遠ざかるにつれてガイド壁面から外部空気が吸引されるため、壁面近傍の分布形状が変形される。そしてさらに下流では、ガイド特性に対応した速度分布形状を呈し、分布の各断面の最高流速で無次元化すると速度分布は相似になり、概略、管内乱流の $1/8$ 乗法則が適用できる。

参考文献

- 1) ジェットルームハンドブック, 日本繊維機械学会編, Part 1, p. 97 (1982)
- 2) ジェットルームハンドブック, 日本繊維機械学会編, Part 1, p. 4 (1982)
- 3) S. Anderson; J. Text. Inst., **49**, No. 2, T3 (1958)
- 4) V. Duxburg, P. R. Lord, T. B. Vaswani; J. Text. Inst. **50**, No. 10, p. 558 (1959)
- 5) 宇野, 石田ら; 織機誌, **13**, 9 (1960)
- 6) M. Salama; Text. Res. J., No. 156, p. 683 (1986)
- 7) 吉田, 鈴木ら; 織機誌, **40**, T 114 (1987)
- 8) 例えば, Lyubovitskii; Tech. of Text. Ind. USSR, 1966-6
- 9) 機械工学便覧, A 5, 流体工学, p. 65, 日本機械学会 (1986)
- 10) N. ラジャトナム (野村訳); 噴流, p. 46, 森北出版 (1980)