

# 에어제트직기에서 가속관의 길이 변화에 따른 유동특성

## Flow Characteristics of the Main Nozzle with Different Tube Lengths in an Air-Jet Loom

신창환 · 김경훈 · 권영하\* · 김승진\*\*

경희대학교 기계공학과 · 섬유공학과\* · 영남대학교 섬유공학과\*\*

### 1. 서 론

에어제트직기는 고압의 공기를 이용하여 노즐에서의 공기의 추진력과 실의 표면 마찰력으로 위사를 경사사이로 이동시키는 직기로서 높은 생산성과 견직, 면직, 모직, 타올 등을 제작할 수 있는 범용성, 성능의 우수성, 조작의 간편성 그리고 대기중의 공기를 사용함으로써 공해를 일으키지 않으며 또한 다른 어떤 직기에 비해서 자동화가 가장 많이 되어 있는 장점을 가지고 있어서 현재는 물론이고 앞으로도 제직산업에 많이 활용될 것이다.<sup>1,2)</sup>

에어제트직기의 주노즐은 위사를 비주시키는 기능을 가지고 있기 때문에 그 유동특성을 명확히 하는 것은 직기의 성능을 높이는데 있어서 중요하다. 일반적으로 노즐분류의 유동특성은 그 상류측의 노즐내부유동에 의해서 특징지워지며 더우기 내부유동은 노즐의 내부구조의 영향을 강하게 받는다.<sup>3,4)</sup> 이 때문에 노즐의 분류를 내부유동과 관련시켜서 연구하는 것은 분류의 유동특성의 향상이나 노즐의 최적설계에 있어서 중요하다.

변형바디 보조노즐방식의 에어제트직기에 사용되어지는 주노즐은 노즐본체, 니들, 가속관의 크게 세부분으로 구성되어진다. 특히 가속관은 분류의 직진성과 위사의 견인력 등을 향상 시키기위한 장치로서 그 형상은 직기의 성능을 좌우한다. 따라서 가속관의 내경의 변화와 길이의 변화에 따른 유동특성의 연구가 필요하다.

이에 따라 본 연구는 변형바디 보조노즐방식 에어제트직기의 위입 성능 향상을 목적으로 한 기초적인 연구로서, 주노즐 관내의 유동을 압축성 일차원 유동으로 해석함과 동시에 벽면의 정압을 측정하여 노즐 탱크압이나 가속관 길이가 노즐 관내 유속의 변화에 미치는 영향을 밝히는 데 있다.

### 2. 실 험

#### 2.1 실험장치

압축공기는 공기원인 콤프레샤로부터 에어휠타, 공기탱크, 압력조절기, 압력계를 거쳐 주노즐로 유도된다. 솔레노이드 밸브를 설치하여 유동이 간헐류 또는 정상분류가 될 수 있게 하였다.

Fig 1에 보인 바와 같이 주노즐은 노즐본체, 니들, 가속관의 크게 세부분으로 구성되어진다. 주노즐 각부의 주된 치수는 니들선단부의 내경  $d_i=2.9\text{mm}$ , 외경  $d_o=3.5\text{mm}$ 이고, 가속관의 내경  $D_i=5.0\text{mm}$ , 외경  $D_o=7.0\text{mm}$ 이다. 또한 가속관의 길이를 95, 195, 235, 285cm로 각각의

실험을 수행한다.

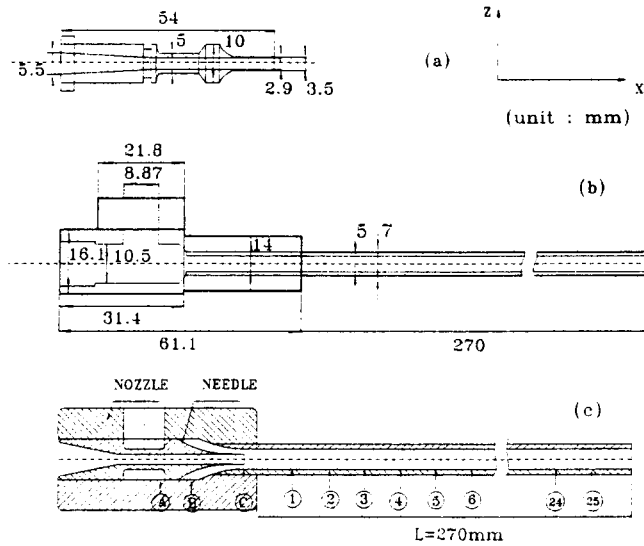


Fig 1. Configuration and dimension of main nozzle (L=285mm)

## 2.2 실험방법

Fig 1(c)에 나타난 주노즐내의 유동을 해석하기 위하여 주노즐의 제 1공기 집합부, 제 2공기 집합부 그리고 니들 선단에 각각 직경 0.8mm의 정압 측정공을 하나씩 설치한다. 또한 가속관에도 동일한 정압 측정공을 설치하였다. 즉 니들 선단을 원점으로 해서 그림 2(c)에서 볼 수 있듯이 노즐바디 제 1, 제 2공기집합부에서  $x=-21\text{mm}$ 와  $-13\text{mm}$ 위치, 또한 가속관 위  $x=15\text{mm}$ 의 위치 ①로부터 10mm간격으로 ②③...의 측정공을 설치하였다. 압력 측정시에는 소정의 측정공 이외의 구멍은 막아 놓고 측정하였다.

## 3. 가속관내 유동의 분류

니들 선단을 지난 유동은 가속관 입구부에서 급확대관 유로가 되어 유동은 급격하게 확대된다. Fig 2에서와 같이 본 실험의 노즐에서는 니들 선단 최소단면부 외경과 가속관 내경과의 비, 즉 확대관비가 비교적 작기 때문에 니들 최소단면부 단면 0의 압력  $P_0$ 를 가속관 입구의 균일한 유동부 단면 1의 압력의 실측치  $P_1$ 과 같다고 가정하고, 또한 음속영역에서는  $P_0$ 가 임계압력이 된 것으로서 유동의 제량을 산출한다.

가속관을 따르는 유동의 특징은 일정단면의 가속관 유로에 유체가 외부와의 열전달이 없고 마찰유동을 하는 Fanno유동으로 해석한다. 노즐내의 유동은 등엔트로피유동으로 가정하고 일정단면유로에서 Fanno유동할 때 유동거리  $x$ 에 따르는 압력변화는 일정한 배압에 대해서는 노즐출구의 압력에 따라 결정된다.

노즐출구의 압력이 어느한계 즉 임계압력까지 높아지면 노즐과의 유로에서 다 같이 압력이 감소하고, 노즐 출구압력이 임계압력이 되면 가속관 출구에서 마하수가 1이 된다. 노즐출구의 압력을 이 보다 더 높이면 출구에서 이미 음속에 도달하였으므로 노즐과 덕트내의 유동조건을 변화시키지 않고서는 질량유량을 증가시키지 못한다. 즉, 유동은 질식된다. 이러

한 마하수의 증가는 관내 마찰에 의한 유동방향으로 벽면경계층의 발달로 인하여 유로내의 유효단면적이 감소하기 때문이다.

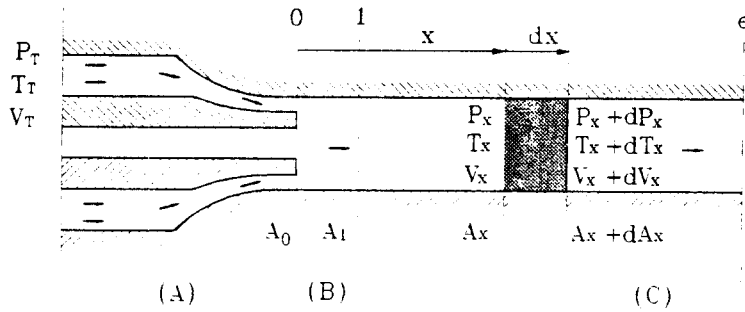


Fig 2. Classification of flow in main nozzle

## 4. 실험 결과

### 4.1 벽면정압의 분포

Fig 3에는 노즐의 입구에서 가속관 출구까지의 단면에서 가속관길이에 따른 벽면정압  $P$ 의 분포를 노즐탱크압  $4\text{kgf/cm}^2$ 에 대해서 나타내고 있다. 이들 선단부를 지난 유동은 가속관 입구부에서 급확대관 유동이 되어 이들의 중앙부의 유동과 혼합하게 된다. 가속관의 길이 변화에 따른 정압의 분포는 거의 일정한 형상을 보여주고 있으나 가속관 길이가 가장 긴  $L=285\text{mm}$ 의 경우 가속관 출구부에서의 정압의 분포는 불균일하게 나타난다.

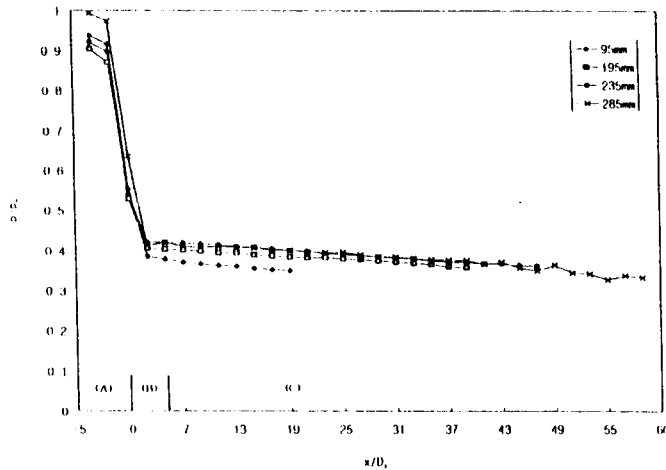


Fig 3. Distribution of nondimensional static pressure along x-axis in nozzles with various acceleration tube lengths.

### 4.2 유동의 분석

Fig 4에 나타낸 바와 같이 가속관 길이  $L=285\text{mm}$ 의 경우 임계거리  $L^*=195.67\text{mm}$ 이후 즉

$x/D_i=41$  이후에서 유동이 불안정함을 알았고 이에 따라 가속관의 길이를 변화시킨 경우 임계 거리와 거의 유사한  $L=235\text{mm}$ 인 유동은 가속관 출구부까지 유동은 안정을 유지하며 출구부의 속도는 가속관 길이  $L=285\text{mm}$ 의 경우와 거의 유사하였다.

가속관의 길이가 긴 노즐일수록 가속관 입구에서의 마하수는 적다. 따라서 니들 선단부의 압력  $P_0$ 가 임계상태( $M_0=1$ )가 되는가 어떤가는 가속관 입구의 압력  $P_1$ 에 의존하며, 특히 가속관이 긴 노즐일수록  $P_1$ 의 값은 높다. 이 때문에 니들 선단부가 임계상태가 되는 데에 필요한 노즐 탱크압력  $P_T$ 는 가속관 길이가 긴 노즐일수록 높아진다.

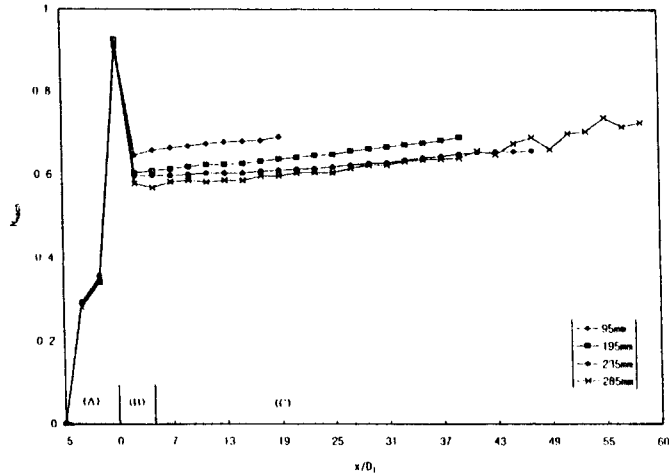


Fig 4. Distribution of Mach number along x-axis in nozzles with various acceleration tube lengths.

## 5. 결 론

본 연구에서는 변형바디 보조노즐방식 에어제트직기의 위입성능의 향상을 목적으로한 기초적 연구로서 가속관 길이 변화에 따른 주노즐 관내의 벽면 정압을 측정하고, 노즐관내 유속의 변화를 해석하였다. 얻어진 결과는 다음과 같다.

- (1) 가속관 출구에서의 속도는 임계거리  $L^*$ 에서 최대가 되고,  $L^*$ 이상의 영역에서 그 유동은 불안정하다.
- (2) 가속관 길이가 임계거리와 동일한 가속관의 경우 유동은 안정되고 임계거리 이상의 가속관과 비교해 볼 때 유속의 변화는 적다.
- (3) 니들 선단부가 임계상태가 되는 데에 필요한 노즐 탱크압력  $P_T$ 는 가속관 길이가 긴 노즐일수록 높아진다.

## 참 고 문 헌

- 1) T. Ishida, *Textile News, Jpn*, 6(1982).
- 2) T. Ishida, *Textile News, Jpn*, 8(1982).
- 3) M. Uno, *J. Textile Machin. Soc. Jpn*, 18(1972)
- 4) M. Ishida, *Textile Res. J.* 64(1)(1994)