

# 직물원단 표면가공장비의 에어샌드시스템 노즐의 공기유동 및 샌드의 동특성 해석

## Analysis of Air Flow and The Behavior of Sands of Air-Sand System Nozzle of Textile Fabric Surface Processing Equipment

\*#최현진<sup>1</sup>, 최성대<sup>2</sup>, 정선환<sup>2</sup>, 박철우<sup>1</sup>, 김성훈<sup>3</sup>

\*#H.J. Choi(knut21c@dmi.re.kr)<sup>1</sup>, S.D. Choi<sup>2</sup>, S.H. Cheong<sup>2</sup>, C.W. Park<sup>1</sup>, S.H. Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 대구기계부품연구원, <sup>2</sup> 금오공과대학교 기계공학과, <sup>3</sup> 계명대학교 기계설계학과

Key words : Fabric surface processing system, Air-Sand System, Analysis of Air Flow, Analysis of Prediction of the Behavior of Sand

### 1. 서론

직물원단을 후가공하여 제품의 부가가치를 높이기 위한 직물원단 표면가공법 및 장치의 대표적인 방식은 직물원단의 표면을 샌딩하여 미세한 기모를 형성시켜 무늬를 가공하는 방식이 있다. 하지만 이 표면가공장치는 첫째, 직물원단의 처리속도가 분당 3-5m로 가공의 가격경쟁력이 낮으며 둘째, 다양한 무늬의 표면가공을 위해서는 고가격으로 Roller에 표면가공을 해야하는 단점이 있으며 셋째, 샌딩페이퍼를 수시로 교체 해야하므로 장시간 작업이 불가능하다. 또한 샌딩페이퍼를 사용하여 기모를 형성하므로 직물원단의 품질이 저하되는 경향이 있다. 이러한 문제점을 보완하고 직물원단 후가공기계의 부가가치를 향상시키기 위하여 직물원단 표면가공에 있어서 얇은 철판에 무늬를 새겨 Roller에 부착한 후 Sand를 연속 이동하는 직물원단의 표면에 타격시켜 직물표면에 동일한 길이의 미세기모가 형성되도록 하여 표면가공을 하는 System을 개발하고자 한다. 이에 따라 본 연구에서는 직물원단 표면가공장비의 에어샌드시스템에서 압축기에 형성된 입구압력으로부터 Sand의 흡입구를 포함하여 노즐을 통한 무늬롤러까지 공기유동해석 및 Sand 흡입구로부터의 Sand거동을 예측하고 충돌 Sand의 분포에 의한 압력에 대하여 고찰하여 이를 통하여 에어샌드시스템의 설계, 제작에 활용하고자 한다.

### 2. 에어샌드시스템의 구조

Fig. 1 (a)과 같이 상하 롤러 사이에 직물원단이 이동하는 경우 하부 무늬롤러 내부에 장착된 노즐을 통해 직물원단으로 압축공기를 흘려 제트류를 형성한다. 하부 무늬롤러 내부에 장착된 노즐은 (b)와 같이 제작되어 노즐 하부의 입구는 압축탱크에 연결되고 하부 측면에는 Sand가 노즐 내부에 형성될 것으로 예측되는 부압에 의해 흡입되어 공기와 함께 노즐 출구로부터 제트류와 함께 무늬롤러 안쪽 상부에 충돌하게 되며 무늬가 새겨진 공간 상부의 직물원단에 타격을 주어 원단가공을 하게 된다.

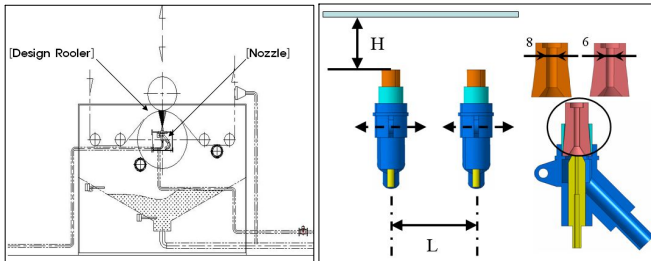


Fig. 1 Structure and nozzle of air sand system

### 3. 해석의 파라미터 분석 및 경계조건

해석에 필요한 파라미터는 노즐출구에서 무늬롤러까지의 거리(H), 노즐과 노즐 사이의 피치(L), 노즐의 직경, 노즐 입구의 압축탱크의 압력, Sand의 개수로 설정하고 Table 1과 같이 해석 Parameter를 결정하고 이에 대한 결과를 제시하고자 했으며 이들 파라미터에 대한 영향을 파악하고자 하였다.

Table 1 Parameters

case	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H(mm)	160	180	160	180	160	180	160	180	160	180	160	180
L(mm)	110	110	90	90	110	110	90	90	110	110	90	90
Nozzle Dia. (mm)	8	8	8	8	6	6	6	6	7	7	7	7
Nozzle Front (bar)	3/5	3/5	3/5	3/5	3/5	3/5	3/5	3/5	3/5	3/5	3/5	3/5
Sand(ea)	120/2000											

경계조건은 (a) 압축공기 노즐 입구: 압력경계조건(3기압 혹은 5기압), (b) Sand 공급 면: 압력경계조건(대기압), (c) 노즐의 평면 출구조건: 압력경계조건(대기압), (d) 노즐방향에 수직한 경계면(대칭경계조건)으로 설정하였다. 또한 Sand의 거동을 해석할 시 Lagrange 해석을 사용함으로 노즐 내부의 경계조건 및 무늬롤러의 경계조건이 필요로 하게 된다. 전체적인 노즐 벽에서는 Sand의 반발계수가 1이라 가정하였으며 무늬롤러는 금속 혹은 직물로 생각하여 그 반발계수를 1 혹은 0의 두 가지 경우를 생각하였다.

### 4. 해석 이론

본 시스템의 유동장 해석은 매우 복잡한 유동으로 난류 유동과 압축성유동으로 해석해야 했으며 난류유동은 k-e 모델을, Sand 거동은 DPM(Discrete Phase Model)모델을 사용하였다. 또한 유동장은 Eulerian으로 해석을 수행했으며 Sand (Particle)는 Lagrange해석으로 해를 구하는 방법을 적용하였다.

### 5. 해석 결과 및 분석

#### 5-1 공기유동장 해석결과

Fig. 2는 본 연구의 대표적인 해석결과이다. 각 경우(case)의 압력장, 유동장 및 Sand의 거동을 전체적으로 도시하였으며 (d)는 전체적인 유체(공기)의 유적선을 표시한 결과로서 3차원 해석영역의 유동특성을 알수 있다.

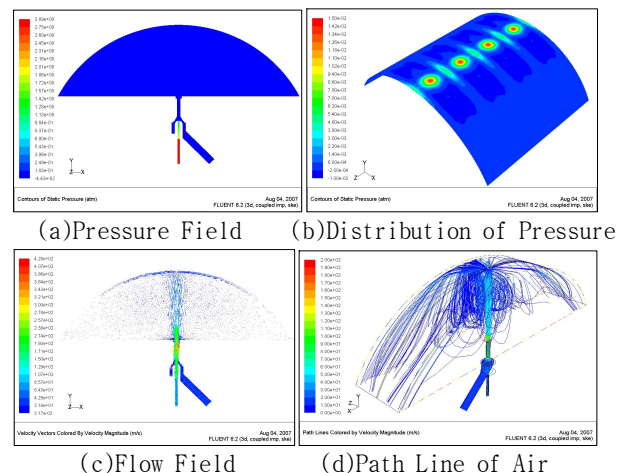


Fig.2 Analysis of a Air Flow Field (Case1-3atm)

또한 Table 1에서 제시된 모든 파라미터의 경우 수렴조건을 만족하는 결과를 얻었다. 그러나 노즐 직경이 6mm(최소의 직경)에서는 노즐입구조건이 3기압과 5기압 모두 Sand 유입구에서 역방향유동 현상이 나타났다. Fig.3은 노즐 Sand 유입구 부분의 유동장을 확대한 그림이다. 이 배관 입구는 압력이 일정조건임으로 만약 노즐 출구의 직경이 작아 저항이 커지면 노즐 공기입구의 압력에 의한 공기가 Sand 유입배관 쪽으로 유출될 수도 있다. 또한 6mm보다 작은 노즐 출구직경을 장착할 경우 문제가 발생할 것임을 예측할 수 있다.

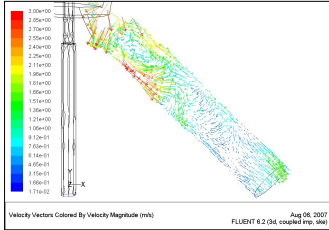


Fig.3 Flow actual condition of reverse direction(Nozzle dia. 6mm)

5-2 공기유동장 해석결과 분석

해석결과를 토대로 공기에 의한 무너롤러의 압력분포를 분석하면 노즐 출구와 무너롤러의 거리가 커지면 최대압력이 감소하며 이는 노즐압력을 3기압에서 5기압으로 증가시켜도 동일함을 알 수 있었다. 또한 공기는 노즐 출구에서 고속으로 유출되며 속도가 갑자기 감소하고 거의 일정한 속도로 유지된 후 무너롤러까지 도달한다. 이 일정한 속도의 크기는 입구압력의 크기에 비례하는 것을 알 수 있었다. Fig.4는 노즐출구에서 무너롤러까지의 제트류중심부의 속도변화를 보여준다.

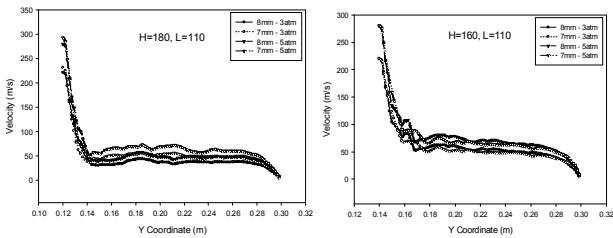
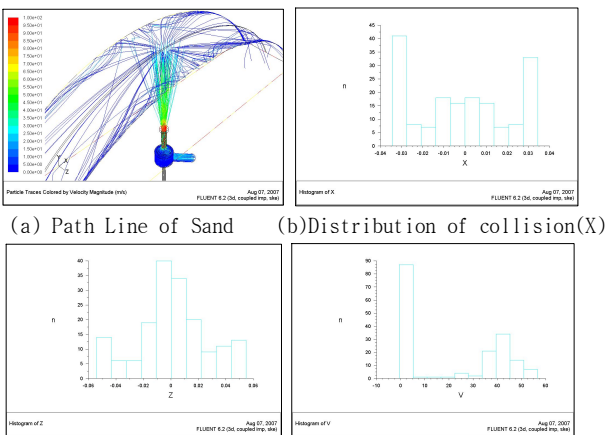


Fig.4 Velocity distribution of air

5-3 Sand의 거동 해석결과



(a) Path Line of Sand (b) Distribution of collision(X) (c) Distribution of collision(Z) (d) Distribution of collision(V) Fig.5 Behavior Analysis of Sand(restitution coefficient=0. Case1-3atm)

공기의 유동장 해석을 기초로 Sand의 거동을 해석한 결과 반발계수가 1인 경우는 Sand가 무너롤러에 반발된 후 거의 수직으로 하향됨을 알 수 있었고 반발계수가 0인 경우는 무너롤러에 부딪힌 Sand입자는 무너롤러 곡면을 따라 공기와 같이 흐르는 것으로 나타났다. 이를 히스토그램으로 나타내면 반발계수가 1인 경우가 분포에 차이가 있음을 알 수 있었다. 충돌지점에서 멀리 떨어진 곳의 Sand입자수가 많은 것으로 나타나며 이는 Sand의 속도분포 그림으로 Fig.5에 제시하였다.

5-4 Sand의 동적거동 분석

Fig.6은 제트의 중심부에서 나타나는 최대속도의 변화를 무너롤러까지 도시하고 있다.

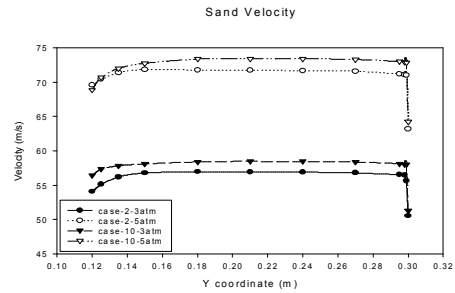


Fig.6 Velocity distribution of Sand

Sand입자는 공기의 속도로 부터 노즐입구로 부터 가속되어 거의 일정한 속도를 유지하다가 무너롤러에서 속도가 급격히 줄어든다. 노즐 직후를 제외하고 Sand의 속도는 제트의 속도와 거의 비슷한 성향을 보이고 있다. 노즐의 입구압력이 크면 공기의 속도가 크고 이는 결과적으로 Sand의 속도를 상승시킨다. 노즐 직경이 8mm인 경우 7mm인 경우보다 제트 중심부의 속도가 작으므로 Sand 역시 그 속도가 작게 나타난다. 이는 3기압과 5기압의 경우에도 같은 경향을 나타낸다. 따라서 제트의 공기 속도는 직접적으로 Sand의 속도를 결정하는 중요한 인자임을 확인할 수 있었다.

6. 결론

본 연구에서는 직물원단 표면가공장비의 에어샌드시스템 노즐의 공기유동 및 Sand의 거동을 예측하고 충돌 Sand의 분포에 의한 압력에 대하여 고찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 노즐 입구의 압력이 각각 3기압과 5기압에서 노즐직경이 8mm, 7mm인 경우 정상적인 유동을 얻을 수 있었다. 또한 노즐 직경이 6mm로 좁아지면 Sand 입구에서 역유동이 발생하는 것을 알 수 있었다.
- (2) 노즐 출구로부터 무너롤러까지 Sand의 동특성은 공기의 동특성(즉, 속도)과 같으며 Sand의 동특성 중 무너롤러에 충돌하는 히스토그램을 제시하였다.
- (3) 노즐과 무너롤러의 거리를 증가시키면 압력상승을 약간 감소시키며 이는 노즐압력을 3기압에서 5기압으로 증가시켜도 동일함을 알 수 있었다. 또한 일정한 속도의 크기는 입구압력의 크기에 비례하는 것을 알 수 있었다.
- (4) 본 결과에 따라 추후 무너롤러에서의 압력상승 요인을 분석하고 이를 정량적으로 표현하는 작업이 필요 할것으로 사료 된다.

후기

본 연구는 산업자원부 지역산업공통기술개발사업의 지원으로 수행하였으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) "Fluent 6.0 User's Guide", Fluent Inc.
- (2) "Fluent Tutorial Guide", Fluent Inc.
- (3) VERSTEEG, H., K. and Malalasekera, W., 1999, "An Introduction to Computational Fluid Dynamics-The Finite Volume Method," LONGMAN Group
- (4) A Haider and Levenspied, 1989, "Drag Coefficient and Terminal Velocity of Spherical and Nonspherical Particles", Power Technology, 58:63-70.
- (5) 김관추, 박만홍, 2006, "CFD 해석을 통한 증기세척배관에 부착된 소음기로부터 방출되는 비산 입자들의 거동에관한 고찰", 대한기계학회 2006년도 춘계학술대회강연 및 논문 초록집, pp 1621~1626.