

# 도장용 Airless 노즐 설계 및 성능 평가

## Design and Performance Evaluation of Airless Nozzle for Painting

\*김순경<sup>1</sup>, 장성규<sup>1</sup>, #김동건<sup>2</sup> 김재룡<sup>3</sup>

\*S. K. Kim<sup>1</sup>, S. K. Jang<sup>1</sup>, #D. K. Kim(kdkkim@empal.com)<sup>2</sup>, J. R. Jang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>동의과학대학교 자동차과, <sup>2</sup>부산대학교 바이오산업기계공학과, <sup>3</sup>(주)대신테크

Key words : Airless nozzle, Computation analysis, CFX

### 1. 서론

도장 기술은 산업 공정에서 제품의 표면처리를 위한 필수적인 기술로서, 폭 넓게 사용되며 그 적용 범위도 다양하게 넓어지고 있는 실정이다. 국내 도장공정에서 사용하는 도장 방법은 에어 스프레이(Air spray) 도장, 에어레스 스프레이(Airless spray) 도장, 정전 스프레이 도장, 붓 도장 및 롤러(roller) 도장 등으로 나눌 수 있다. 에어 스프레이 도장은 큰 소지면에 빠른 속도로 도장하는 방법 중의 하나로 사용되지만, 도장 부분에 정확히 조준되지 않으면 도료의 손실량이 많아지고, 소지표면으로부터 튀어서 도막의 평활성 불량 등 문제점을 일으킬 수 있다. 이에 비해 에어레스 스프레이 도장은 도료를 분사하기 위해 도료에 공기를 혼합하지 않고, 압력을 이용하여 도료를 특수한 관이나 팁을 통하여 분사하는 방법으로서 에어 스프레이에 비해 도료의 손실이 적고, 1회에 두꺼운 도막을 얻을 수 있어 중방식 도장과 보수 도장방법으로 널리 보편화 되었다. 또한 신나의 사용을 적게함으로서 환경오염을 감소시키고, 폭발 위험성을 낮추는 장점도 있다.<sup>(1),(2)</sup> 에어레스 스프레이 도장에 사용되는 에어리스 노즐은 Graco(미국) 등 대부분 수입에 의존하는 실정이다. 그래서 본 연구에서는 선진제품에 대해 역설계 하여 설계 변수를 설정하고, 이를 통해 보다 효율적으로 도장할 수 있는 에어리스 노즐의 노즐팁을 설계안을 연구하고자 한다.

### 2. Airless 노즐의 역설계

Fig. 1은 현재 수입되고 있는 에어레스 노즐에 사용되고 있는 Graco사의 노즐 팁을 절단하여 내부 형상과 이 형상을 토대로 설계변수를 설정하여 나타낸 것이다. 설계 변수는 각도( $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ ), 길이(L1, L2, L3), 반경(R1, R2)로 설정하였다.

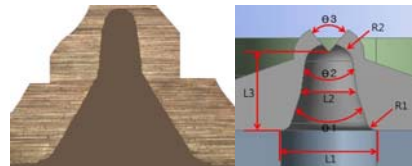


Fig. 1 Schematic of nozzle tip and design variable

Table 1 Data of design variable

	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_3$	L1	L2	L3	R1	R2
case 1	60	6	37	3.2	0.93	3.05	0.34	0.4
case 2	60	5.2	37	3.22	0.92	3.05	0.35	0.4
case 3	61	5.2	43	3.3	0.91	3	0.36	0.4

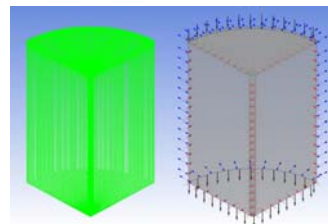


Fig. 2 Grid generation and boundary conditions

### 3. Airless 노즐의 수치해석

설계된 Airless 노즐에 대해 성능 평가하기 위하여 열유체 해석 상용 CFD코드인 ANSYS CFX Ver. 11<sup>®</sup>을 사용하여 정상상태 비압축성유동으로 수치해석을 수행하였다. 에어레스 노즐은 공기 중에 도료 입자가 분사되기 때문에 particle model을 사용하였고, 이 때의 페이트 입자의 직경은 100 $\mu$ m이고, 페인트의 비중과 점도는 각각 1.15, 250cps이다. 해석에 사용된 격자는 비정렬 격자(Tetra)와 정렬격자(Hexa)를 혼합하여 생성하였고, 격자의 노드 수는 3,500,000개이다. 경계 조건은 노즐 입구에서 분사되는 도료의 압력은 110kg/cm<sup>2</sup>이고, 외부 조건

은 대기압조건으로 설정하였고, 대칭(Symmetry) 조건을 적용하여 모델의 1/4만을 해석하였다. 격자 및 경계조건은 Fig. 2에 나타내었다. 본 해석에 사용된 난류 모델은  $k-\omega$  SST 모델로 난류전단응력의 수송을 계산하기 때문에 역압력 구배에 의해 발생하는 유동박리 크기와 발생지점을 정확히 예측할 수 있는 이점이 있다.

#### 4. Airless 노즐의 성능평가

에어레스 노즐의 팁 규격 호칭은 Fig. 3에 제시한 것과 같이 분사길이를 30cm 떨어진 지점에서 높이 방향의 절반 길이를 인치로 표시하여 A에 나타내고, 팁의 구경을 B에 나타내면 된다. 즉, 519의 경우 분사 반경폭이 5inch이고, 팁의 구경이 0.019inch이다.

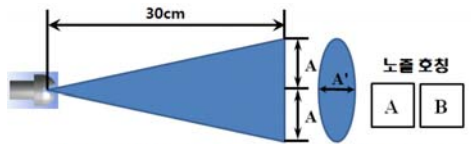


Fig. 3 Standard of airless nozzle tip

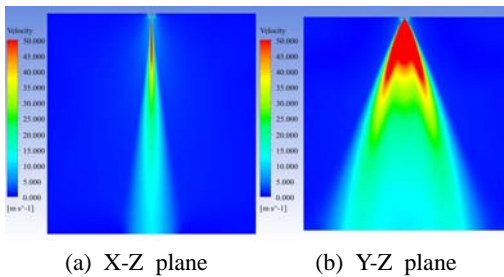


Fig. 4 Distributions of spray velocity for case 1 at X-Z and Y-Z plane

Fig. 4는 case 1 조건에서 노즐 팁을 통해 분사속도의 분포를 나타낸 것이다. 축방향 좌표를 z로 했을 때 X는 폭방향 좌표이고, Y는 길이방향의 좌표를 나타낸다. 노즐 팁의 형상에 의해 길이방향의 좌표로 더 많이 확산되어가는 것을 볼 수 있고, 이러한 길이방향으로 넓게 분사하는 형태가 도장의 효율에 좋게 할 것으로 판단된다.

Fig. 5는 노즐 팁의 규격 규정에 근거하여 즉, 분사노즐 출구에서 30cm 떨어진 곳에서 X-Y 단면에서 속도분포를 나타낸 것이다.

case 1와 case 2는 분사형태는 유사하지만 case 2의 경우가 길이방향으로 길기 때문에 도장작업에 있어 효율적인 것으로 판단되고, case 2와 case 3을 비교하였을 때에는 길이방향의 크기는 비슷하지만 중심부내에 속도 분포가 균일하게 나타나는 case 3의 경우가 case 2에 비해 도막 두께를 균일하게 하는 데 이점이 있을 것으로 사료된다.

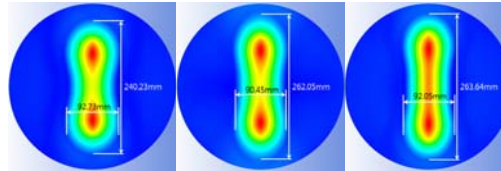


Fig. 5 Distributions of spray velocity at X-Y plane

Table 2 Analysis of spray pattern for geometry of nozzle tip

	길이 (A)	폭(A')
case 1	4.73 (5)	3.65
case 2	5.16 (5)	3.56
case 3	5.19 (5)	3.62

#### 5. 결론

본 연구에서는 선진제품의 에어레스 노즐을 역설계하여 설계 변수를 설정하고, 그 설계 변수를 통해 에어레스 노즐 형상을 설계하였다. 이렇게 설계된 노즐 형상을 수치 해석을 통해 성능평가를 수행하였다. 노즐 형상에 따른 분사 패턴을 파악함으로써 노즐 형상에 따라 보다 효율적으로 도장이 되는 에어레스 노즐의 설계가 가능하다는 것을 확인하였다. 향후 에어레스 노즐을 제작하여 실험을 통해 해석 결과를 검증함으로써 보다 정확한 결과를 도출할 것이다.

#### 참고문헌

- Gameron, A. G., George, T.R., Sharon, S., Milton, T.E. and Richard, F. E., "Airless paint gun injuries: Definition and management," The American journal of Surgery, 128, 383-391,1974
- 중방식 도료 기술자료집, 2007
- Ansys CFX Ver. 11 "User Manual"