

Clean Stocker내 새로운 방식의 기류제어에 관한 해석

최기한* · 한창우** · 이상룡†
 (2001년 4월 17일 접수, 2001년 10월 19일 심사완료)

Analysis of New Air Control System in Clean Stocker

Gi Han Choi, Chang Woo Han, and Sang Ryong Lee

Key Words: Clean Stocker(크린 스토커), Clean Room(크린룸), Open Ratios(개구율), Exit(유출구), Static Pressure Regain(정압재취득법), FEM(유한요소법)

Abstract

Clean stockers are being used by semiconductor and TFT-LCD manufacturers to store and buffer work in process. Since an important function of a stocker is to keep the contained material clean. The only way to keep the stored product clean is to provide constant clean airflow the product and through stocker. The airflow across the product prevent contamination from settling on the product. Up to now, stocker typically have been configured to receive their laminar airflow from fan filter units that are located on the side of the stocker. This type of stocker may have such problems as complexity of structure, increment of temperature, mechanical vibration, initial investment and running cost. In this study, In order to solve the above mentioned problems, new air control system in stocker is proposed, which is to control open ratios of exits that are located on the side of the stocker without fan filter units. Open ratios of exits need to be optimized for the same quantities of airflow in each exit. In this study, static pressure regain was used for the analysis of the open ratios of exits theoretically and Blue Ridge Numerics FEM software, CFDesign, was used for simulating airflow in stocker. As a result, Open ratios of exits important to provide constant clean airflow can be obtained by the analysis of static pressure regain and was verified by simulation results. Therefore, new air control system in stocker can be used by the semiconductor and TFT-LCD manufacturers.

기호설명

Q : 풍량 [m^3/min]
 P_t : 전압 [$mmAq$]
 P_v : 동압 [$mmAq$]
 P_s : 정압 [$mmAq$]

v : 풍속 [m/s]
 ζ : 국부저항계수
 γ : 공기비중량 [kg/m^3]
 λ : 마찰저항계수
 l : 덕트의 길이 [m]
 d : 덕트의 지름 [m]
 k : 정압재취득 계수
 Re : 레이놀즈수

* 회원, 경북대학교 기계공학과

** 경북대학교 기계공학과

† 책임저자, 회원, 경북대학교 기계공학과

E-mail : srlee@knu.ac.kr

TEL : (053)950-5579 FAX : (053)952-0648

1. 서론

TFT-LCD 생산공정이나 반도체 생산공정에서는 생산공정중인 재공품을 다음 공정으로 이동하는 과정에서 임시 보관하기 위하여 스토커(Stocker)를 운영하고 있으며 스토커 내부 양질의 청정환경이 제품회수율을 크게 좌우한다. 특히, TFT-LCD 생산공정에서는 생산성향상을 위하여 유리기판(Glass) 크기를 가시키고 있는 추세이며 이에 따라 스토커 내부 체적이 커져 내부 청정유지가 더욱더 힘들다.

스토커 내에서 보관중인 유리기판을 청정상태로 유지하기 위해서는 유리기판 사이로 일정한 청정공기를 흐르게 하여 유리기판 표면에 오염입자의 부착과 유동을 방지한다. 이러한 공기유동 방식은 스토커내 보관 중인 제품의 높여진 방향에 의해 수직층류방식(Vertical Laminar Flow System)과 수평층류방식(Horizontal Laminar Flow System) 등으로 분류할 수 있으며, 일반적으로 TFT-LCD 생산공정에서는 수평층류방식이 이용되고 있다. 수평층류방식의 공기흐름은 스토커의 측면에서 유입된 공기가 수평으로 보관된 유리기판 위로 이동하여 스토커의 중심부에 도착하면 공기흐름의 방향이 90도 변경되어 크린룸 하부방향으로 배출된다. 이 때 유동되는 공기의 청정을 유지하기 위한 최소한의 방법은 측면 공기속도를 일정하게 유지하는 것으로 일반적으로는 0.3m/s로 한다. 또한 외부로부터 오염입자의 유입을 방지하기 위해서 스토커 내부에서는 외부보다 적절히 높은 차압을 유지하여야 한다. 그러나 차압이 크면 스토커 벽면에 진동을 발생시켜 오염입자의 발생 원인이 된다.

이재현⁽¹⁾은 1개의 유입구와 압력손실이 서로 다른 2개의 유출구에서의 공기유동을 가진 크린룸을 수치해석한 바 있다.

SEMATECH⁽²⁾에서는 스토커내 청정환경을 유지하는 방법으로 크린룸의 천장 또는 크린룸에서 청정공기를 유입하여 스토커의 측면에 부착된 FFU(Fan Filter Unit)를 이용하여 스토커 내부로 수평의 공기를 공급하는 방식을 제안하고 있으나 이 방식은 스토커의 구조가 복잡하여 내부온도상승, 진동발생, 투자비상승, FFU 운전비용 등의 문제가 있어 새로운 청정유지방식의 연구활동이 요구되고 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 새로운 방식의 스토커 내부 청정유지방식을 제시한다. 새로운 개념의 청정유지방식은 크린룸의 천장에서 스토커 측면으로 유입된 청정공기가 스토커의 측면에 설치된 개구율(Open Ratios)의 조절이 가능한 다공의 유출구(Exit)를 통과하여 스토커 내부의 상부와 하부의 선반위치별로 동일한 양의 청정공기를 공급하는 방식이다.

본 논문은 이러한 조건을 최적화 하는 측면 유출구의 개구율을 정압재취득법을 적용하여 이론적으로 해석하고 유한요소법을 이용하여 개구율의 변화가 스토커 내부의 공기유동에 미치는 영향을 고찰하여 이론적 해석결과와 비교하였다.

2. Clean Stocker

Clean Stocker의 간략한 모델은 Fig. 1과 같다. 중앙의 Stocker는 유리기판을 보관하고 있는 용기를 선반 위에 보관하거나 보관된 용기를 출고하는 역할을 하며 Table 1과 같이 최고 120m/min의 고속으로 주행하므로⁽³⁾ 주행구동부는 오염입자를 발생시키는 근원이 되고 있기 때문에 오염입자의 스토커 내부로 비산을 방지하기 위하여 Fig. 1과 같이 크린룸의 하부에 설치한다. 기존 연구에서는 스토커 내부의 청정유지를 위해 필요한 공기는 스토커 주변의 크린룸에서 유입하였으나 본 연구에서는 스토커의 체적이 증가함에 따라 청정유지를 위해 유입해야할 공기의 양이 많아져 스

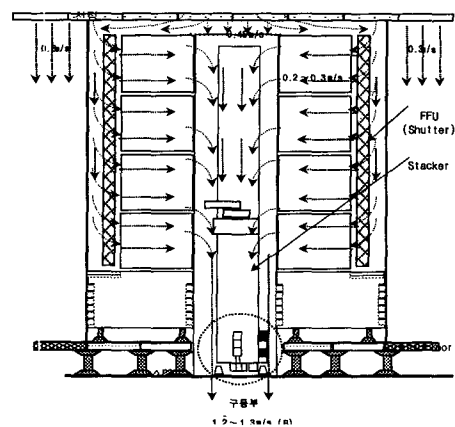


Fig. 1 The schematic diagram of clean stocker

Table 1 Specification of clean stocker

Factor	Specification
Cassette size(mm)	1060W × 1240L × 810H
Cassette weight(kg)	Max. 100
Horizontal speed of stacker(m/min)	Max. 120
Vertical speed of stacker(m/min)	Max. 60
Acceleration of stacker(m/s ²)	0.98

토커 주변의 크린룸 공기유동을 변화시키기 때문에 Fig. 1과 같이 스토커의 상부 천장의 공기를 이용하였다.

3. 정압재취득법에 의한 공기유동해석

3.1 해석모델 및 고려사항

Clean Stocker의 공기유동해석을 위한 간략화한 모델은 Fig. 2와 같다. 크린룸의 천장에서 스토커 상부로 0.45m/s로 일정하게 공기를 배출하고 스토커의 하부 유출구(Outlet)의 개구율을 50%로 일정하게 유지한 상황에서 측면에 공기 유출구를 배치하였다.⁽³⁾

본 논문은 Fig. 2와 같이 측면 유출구를 통하여 스토커 내로 공기가 유입될 때 최적의 공기유동 특성을 가지기 위한 측면 유출구 유출풍량 $Q_4 \sim Q_7$ 을 동일하게 유지하기 위하여 개구율 해석에 중점을 두고 있다.

그러나 공기의 흐름이 난류이고 각 지점에서 와류가 발생되기 때문에 정확한 해석이 어렵다. 그리고, A점으로 B점까지의 공기통과 저항은 미소하며 유출풍량 $Q_4 \sim Q_7$ 을 동일하게 유지하기 위해서는 각 유출구의 저항치는 $1mmAq$ 이하로 고려하였다.^(3~5)

$Q_4, \sim Q_7$ 의 각 풍량은 동일조건의 유출구를 부 하면 Q_4 가 제일 크다. 이것은 천장에서 스토커의 측면 공기통로로 유입된 전체풍량 Q_1 은 $Q_4 \sim Q_7$ 로 분기하기 때문에 공기통로 내의 풍

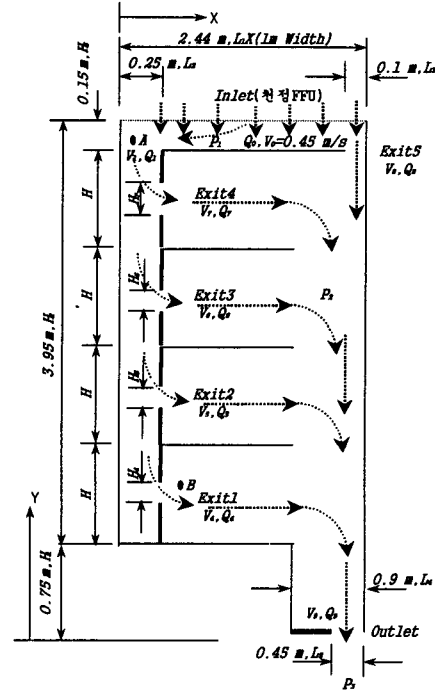


Fig. 2 Schematic diagram of analysis

속이 점점 낮아지고 낮아진 풍속이 정압재취득법⁽⁵⁾에 의하여 정압으로 변하기 때문에 Exit 1에서 정압이 제일 높기 때문이다. 또한 스토커의 측면 공기통로내의 압력 변화는 정압재취득의 값이 제일 큰 요소가 되기 때문에 이 값을 해석해서 측면 유출구 유출풍량 $Q_4, \sim Q_7$ 을 동일하게 유지하기 위한 개구율을 해석한다. 풍량 Q_8 은 스토커내 상부의 와류를 방지하는 것만큼의 공기를 유출한다고 고려하고 전체 풍량의 10% 정도로 가정하였다.

3.2 정압재취득법(Static Pressure Regain)

관로속을 유체가 정상적으로 흐르는 경우 유체를 비압축성, 비점성유체라 하면 베르누이 법칙(Bernoulli equation)에 의하여 식 (1)이 성립한다.

$$p_1 + \frac{v_1^2}{2g} \gamma + Z_1 \gamma = p_2 + \frac{v_2^2}{2g} \gamma + Z_2 \gamma + \Delta P_e \quad (1)$$

취급되는 유체가 기체인 경우, 덕트 내의 위치수두의 변화는 다른 수두의 변화에 비하여 무시할 수 있으므로 식 (2)가 된다.

$$p_2 = p_1 + \left(\frac{v_1^2}{2g} \gamma - \frac{v_2^2}{2g} \gamma \right) - \Delta P_e \quad (2)$$

여기서 ΔP_e 는 덕트 도중의 압력손실이다.

p_2 는 p_1 에 비하여 동압의 차만큼 크게 된다. 따라서 동압차를 고려한 정압계산식을 수립할 수 있다. 실제로 그 구간의 경계에 있는 분기, 확대 등 국부저항 ΔP_e 를 고려하면 식 (3)과 같다.

$$p_2 - p_1 = k \left(\frac{v_1^2}{2g} \gamma - \frac{v_2^2}{2g} \gamma \right) \quad (3)$$

식 (3)의 우변의 값을 정압재취득(static pressure regain)이라고 한다. k 의 값을 ΔP_e 로써 알 수 있으나 일반적으로 80%로 한다.^(4,5)

식 (3)에서 구한 정압재취득의 값을 스토커 측면 유출구로 공기를 내보내는데 사용되고, 유출구에서의 해석은 전압기준에 의하여 적용하였다. 즉 앞에서 구한 정압재취득의 양은 전압기준에서 손실량인 ΔP_e 로 에너지가 소비된다고 볼 수 있다. ΔP_e 는 직선부분의 마찰저항 ΔP_f 와 곡부, 분기점등에서의 저항 ΔP_d 을 합한 값이다.

$$\Delta P_e = \Delta P_f + \Delta P_d \quad (4)$$

여기서 덕트의 곡부, 분기점, 기타 이형부분 속에서는 와류의 에너지소비에 따르는 압력손실과 마찰에 의한 압력손실이 생기며, 그 합을 개별저항 또는 국부저항(Local resistance) ΔP_d 라 한다.

$$\Delta P_d = \zeta \frac{v^2}{2g} \gamma = \zeta \left(\frac{v}{4.04} \right)^2 \quad (5)$$

여기서 ζ : 국부저항계수 v : 풍속 [m/s]

γ : 공기비중량 [kg/m³]

그리고, 직선 부분의 마찰 저항 ΔP_f 는 식 (6)에 의해 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta P_f &= \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \gamma \\ \lambda &= 0.0055 \left\{ 1 + \left(20,000 \frac{\epsilon}{d} + \frac{10^6}{Re} \right)^{1/3} \right\} \quad (6) \\ Q &= \frac{\pi}{4} d^2 v \times 60 \end{aligned}$$

여기서 λ : 마찰저항

l, d : 덕트의 길이, 지름 [m]

v : 풍속 [m/s], γ : 공기의 비중 [kg/m³]

Q : 풍량 [m³/min]

$Re = \frac{vd}{\nu}$: 레이놀즈수

ϵ : 등가점도 [m]

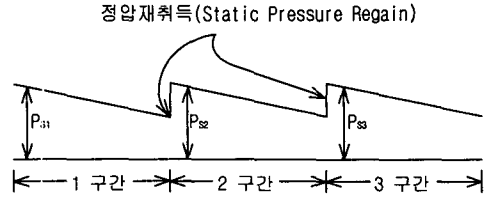


Fig. 3 Schematic Diagram of static Pressure Regain

Table 2 The quantities of the airflow

항 목	계산식
전체 풍량 Q_0	$Q_0 = (244 \times 4) \times 0.45 \times 60 \approx 65.9 \text{ m}^3/\text{min}$
측면 공기통로 풍량 Q_1	$Q_1 = 65.9 \times 0.9 \approx 59.3 \text{ m}^3/\text{min}$
각 유출풍량 $Q_4 \sim Q_7$	$\frac{59.3}{4} = 14.825 \text{ m}^3/\text{min}$
상부 유출구 유출풍량 Q_8	$Q_8 = 65.9 \times 0.1 \approx 6.6 \text{ m}^3/\text{min}$

해석에 사용한 정압재취득법(static pressure regain)의 모델은 Fig. 3과 같다. 1구간의 풍속을 v_1 , 분기 후 풍속이 감소한 2구간의 풍속을 v_2 로 한다면 1구간의 동압 P_{d1} 과 2구간의 동압 P_{d2} 의 차만큼 2구간의 입구에서 정압이 상승한다. 이 회복한 정압을 2구간의 압력손실에 사용해서 설계한다면, 1구간의 끝나는 부분과 2구간의 끝나는 부분의 정압은 변화하지 않을 것이다. 따라서 유체이동거리에 대하여 풍속을 저하시킨다면 덕트 내부의 정압 유지가 가능할 것이다. 그러나 실제로는 전환 시 손실이 동반되기 때문에 전부 회복하지 않고 0.8만큼의 정압이 회복되는 것으로 하였다.

3.3 유출구의 개구를 해석

유출구의 개구율을 계산을 위해 각 지점의 풍량을 Fig. 2의 주어진 조건으로 구하면 Table 2와 같다. 스토커의 측면 공기통로를 흐르는 풍량 Q_1 은 전체풍량 Q_0 의 0.9로 상부유출구에서 유출되는 풍량 Q_8 은 Q_0 의 0.1로 가정한다.

Table 3 The loss of friction in duct

	풍량 (m ³ /min)	덕트 크기(m ²)	마찰 계수	덕트 길이	마찰 손실(mmAq)
a-b	59.3	1 × 0.25	0.06	1m	0.06 × 1
b-c	44.48	1 × 0.25	0.03	1m	0.03
c-d	29.65	1 × 0.25	0.01	1m	0.01
d-e	14.83	1 × 0.25	0	1m	0
a-e	직관 Duct 마찰손실				0.1

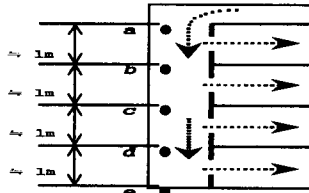


Fig. 4 Air flow point at the side of clean stocker

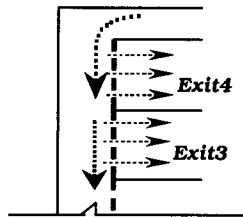


Fig. 5 Multit-hole exit in clean stocker

스토커 측면의 공기통로는 Fig. 4와 같이 직관 덕트부로 가정한다. 각 지점 부의 저항은 Table 3과 같이 미소하므로 무시한다.⁽⁴⁾

Fig. 4와 같은 T자 분기부의 저항은 직관 Duct로부터 직각으로 분기 할 때의 국부 저항이 되고 상부 유출구 Exit 4의 개구율을 40%로 가정하여 식 (7)로부터 구한 값으로 저항계수 ζ를 구하면 분기부 저항 ΔP_T는 미소하다. 따라서 ΔP_T는 무시한다.

$$\frac{Q_2}{Q_1} \cong \frac{14.8}{59.3} \cong 0.25 \quad \frac{V_2}{V_1} \cong \frac{0.66}{3.95} \cong 0.16 \quad (7)$$

$$\Delta P_d = \zeta \frac{v^2}{2g} \gamma = \zeta \left(\frac{v}{4.04} \right)^2 = \zeta \times 0.96 \quad (8)$$

Table 4 Local friction and open ratios at multi-hole exit

개구율	v ₁ (m/s)	국부저항계 수(ζ)	국부저항 (mmAq)
0.4	0.66	3.0	0.08
0.3	0.9	6.2	0.3
0.25	1.07	9	0.63
0.2	1.33	15	1.63

Exit₁ ~ Exit₄은 전면 유출구의 개구율이고 V₄ ~ V₇는 개구부를 통과하는 풍속으로 모델링 하였다. 그러나 실제 측면 유출구는 Fig. 5와 같이 다공판으로 구성되어있다.

다공판으로 공기가 통과할 때 국부저항(ΔP_T)은 식 (9)로 계산된다.

$$\Delta P_d = \zeta \frac{v^2}{2g} \gamma = \zeta \left(\frac{v_1}{4.04} \right)^2 \quad (9)$$

여기서 v₁ : 다공판의 구멍을 통과하는 풍속 [m/s]이고 식 (10)과 같이 개구율에 따라 값이 변한다.

$$v_1 = \frac{Q}{60 \times \text{흡출면적} \times \text{개구율}} \quad (10)$$

$$\cong \frac{14.8(m^3/min)}{60 \times 0.925 \times \text{개구율}} \cong \frac{14.8}{55.5 \times \text{개구율}} (m/s)$$

또 다공판의 국부저항계수(ζ)는 개구율에 의하여 결정되며⁽⁴⁾ 식 (9), (10)에 의하여 Table 4의 계산 결과를 얻을 수 있다.

따라서 스토커의 측면 유출구(Exit)에서의 풍량 Q₄ ~ Q₇을 동일 양으로 하기 위한 각 유출구의 최적 개구율 해석을 위해 스토커의 측면 공기통로 각 지점의 공기속도저하에 따른 동압의 변화와 이로 인한 정압의 변화를 Fig. 6으로 나타내었고 또한 각 유출구의 국부저항을 Table 5와 같이 나타내었다. Table 5의 개구율 해석결과는 Table 4의 데이터 참고로 하였다.

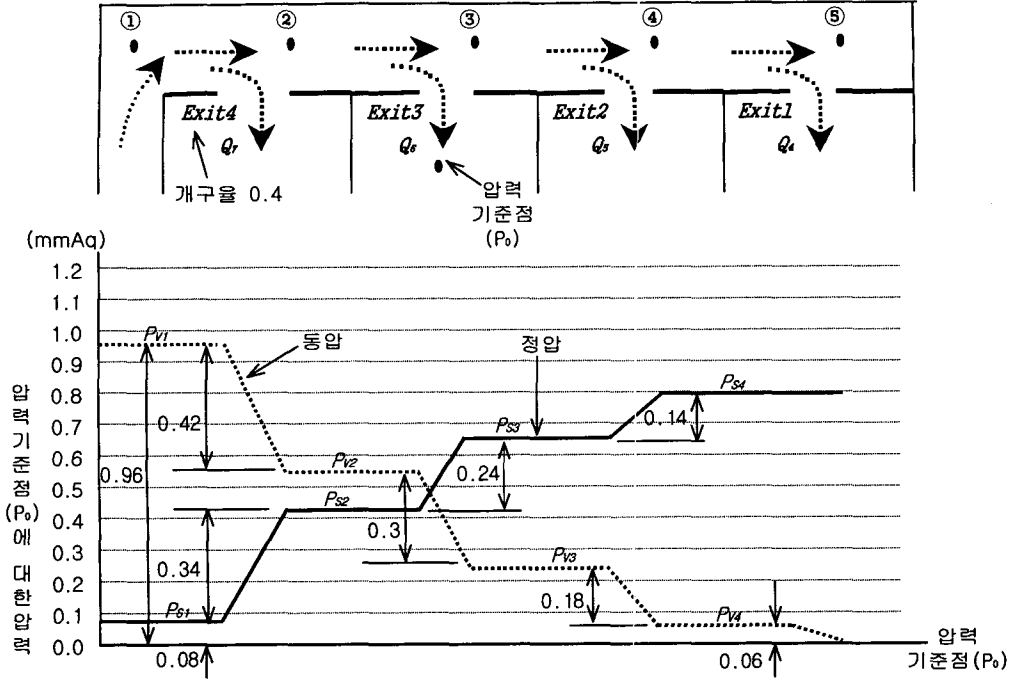


Fig. 6 The schematic and graph of static and dynamic pressure

Table 5 The open ratio of each exit

항목	계산식	점①	점②	점③	점④
각 점의 풍량Q(m ³ /min)	Table 2 참조	59.3	44.5	29.7	14.9
각 점의 풍속V(m/s)	$\frac{Q}{60 \times 0.25 \times 1} = \frac{Q}{15}$	3.95	2.97	1.98	0.99
②③④점의 정압재취득 P _{sr} (mmAq)	$\frac{v^2}{2g} \gamma = \left(\frac{v}{4.04}\right)^2$		P ₀₁ -P ₀₂ 0.42	P ₀₂ -P ₀₃ 0.3	P ₀₃ -P ₀₄ 0.18
실효정압재취득(mmAq)	0.8 P _{sr}		0.34	0.24	0.14
유출구 Exit ₄ ~ Exit ₁ 국부저항(mmAq)	Fig. 6 참조	Exit ₄ 0.08	Exit ₃ 0.42	Exit ₂ 0.66	Exit ₁ 0.8
각 유출구의 개구율	Table 4 참조	0.4	0.3	0.25	0.22

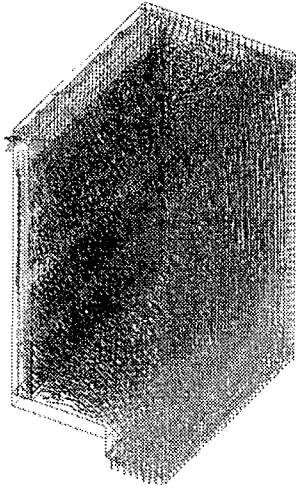


Fig. 7 3D Distribution of velocity vector in clean stocker by new air control system(a)

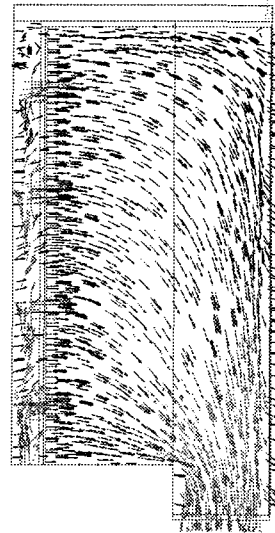


Fig. 8 Distribution of velocity vectors in clean stocker by FFU type

4. 수치해석 및 결과

본 논문에서의 수치해석은 Blue Ridge Numerics 사의 유체해석프로그램인 CDesign으로 Bernoulli, Navier-Stokes 방정식에 의해 계산되는 유한요소법(FEM)을 이용하여 공기유동을 해석하였다.

Fig. 2를 참고로 하여 3 Dimension 모델을 작성하였다. 압력조건은 무시하고 크린룸의 천장에서 스토커 상부로 0.45m/s의 풍속, 스토커의 하부 유출구(Outlet)의 개구율 50%, 스토커 측면 공기유동통로의 크기를 경계조건으로 설정하였다. 요소(Mesh)의 크기는 측면 유출구 부위는 50mm, 스토커 내부는 100mm로 설정하였으며 전체계산영역은 121541 Element로 세분화하였다.

Fig. 7과 같이 3 Dimension 시뮬레이션 결과를 분석해 본 결과 스토커 내부의 Z축 방향 성분의 공기유동특성은 동일하므로 X-Y축의 2 Dimension의 스토커 측면으로 변환하여 고찰하였고, 이를 정압재취득법을 적용하여 해석한 이론적 결과와 비교하였다.

Fig. 8은 유출구 Exit 5의 개구율을 0으로 하여 기존의 스토커 청정유지방식인 측면 FFU방식에 대한 스토커 내부의 공기유동특성을 나타내었다.

FFU가 0.3m/s의 일정한 양을 측면에서 배출하면

공기는 유출구의 아래 또는 위의 위치와 관계 없이 균일한 속도분포를 유지하는 층류유동으로 스토커 내부로 유입된다. 유입된 공기가 스토커의 중심부에 도착하면 공기흐름의 방향이 90도 변경되어 크린룸 하부방향으로 배출된다.

Fig. 9는 측면유출구 Exit 1~4의 개구율을 10%, 20%, 30%, 40%로 하고 상부유출구 Exit 5의 개구율을 10%로 유지할 때의 신개념 기류제어방식을 채택한 스토커의 내부 공기유동특성을 나타내었다.

스토커의 하부 유출구(Outlet) 부근에 있는 Exit 1,2에서의 공기유동현상은 천장에서 스토커 측면 통로로 유입된 공기가 상부의 Exit 3,4에서 분리됨으로 풍속이 저하되고 저하된 만큼의 정압이 증가하여 상대적으로 개구율이 적은 유출구를 빠른 속도로 통과함으로 균일한 속도분포를 유지하며 스토커 내부로 유입하므로 Exit 5에 의해 유입되는 공기에 영향을 적게 받는다.

Exit 3,4는 상대적으로 Exit 1,2에 비하여 정압이 적고 개구율이 크므로 공기유동의 속도가 느려서 상부 유출구 Exit 5에 의해 유입되는 공기에 영향을 크게 받아 균일한 속도분포를 유지하기가 어려운 것으로 나타난다. 따라서 Exit 3,4는 Exit 5의 개구율에 의해 다른 특성을 나타낸다.

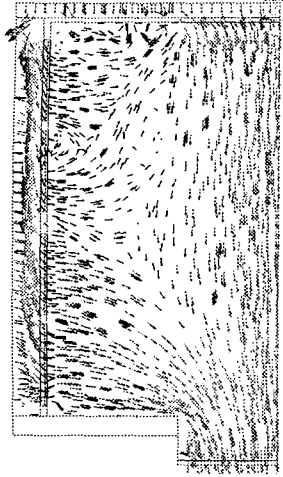


Fig. 9 Distribution of velocity vector in clean stocker by new air control system(a)

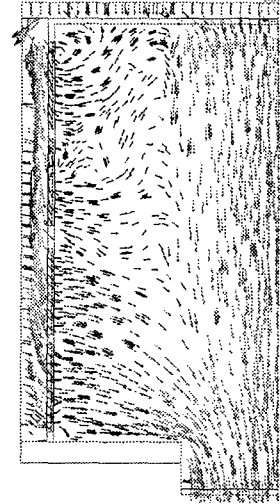


Fig. 11 Distribution of velocity vector in clean stocker by new air control system(c)

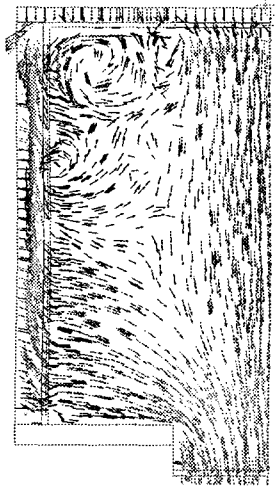


Fig. 10 Distribution of velocity vector in clean stocker by new air control system(b)

Fig. 10에서 측면유출구의 개구율을 Fig. 9와 동일하게 유지하고 상부유출구 Exit 5의 개구율을 5%로 변화시킬 때의 스토커의 내부 공기유동특성을 나타내었다.

상부 유입 공기량이 적어 Exit 4의 상부에서는 공기의 공동화현상이 발생되어 심한 와류가 발생된다. Fig. 9는 상부 유출구 Exit 5의 개구율이 10% 이므로 상부 유입 공기량이 적당하여 Exit

4의 상부에서 와류가 적게 발생된다.

Fig. 11은 측면 유출구의 개구율을 Fig. 9와 동일하게 유지하고 상부 유출구 Exit 5의 개구율을 20%로 변화시킬 때의 스토커의 내부 공기유동특성을 나타내었다.

상부 유입 공기량이 많아서 Exit 4에서 유입된 수평방향의 공기는 상부 유입공기와 충돌하여 스토커의 중심으로 이동하지 못하고 측면으로 되돌아오는 현상을 볼 수 있다. 이러한 현상은 Exit 5에서 유입되어 스토커 중심의 하부로 흐르는 공기가 에어커튼(Air Curtain) 역할을 한다고 볼 수 있다.⁽⁷⁾

Fig. 12는 측면유출구 Exit 1~4의 개구율을 40%, 30%, 20%, 10%로 하고 상부유출구 Exit 5의 개구율을 20%로 유지할 때의 스토커의 내부 공기유동특성을 나타내었다.

스토커의 하부 유출구(Outlet) 부근에 있는 Exit 1,2에서의 공기유동현상은 Exit 3,4의 개구율이 적어 상부에서 적게 공기가 분리됨으로 Fig. 9~11의 Exit 1,2에 비하여 정압이 적게 증가하고 개구율이 크므로 유출구에서 공기유동속도가 느리다. 이러한 현상 때문에 특히 Exit 2는 Exit 1에 비해 균일한 속도분포를 유지하기가 어렵다.

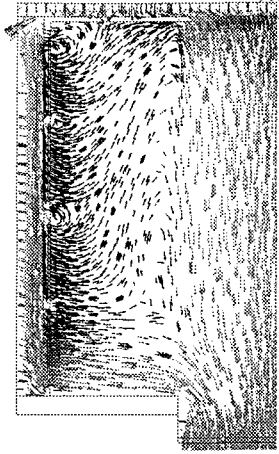


Fig. 12 Distribution of velocity vector in clean stocker by new air control system(d)

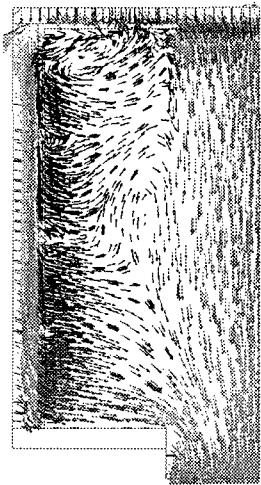


Fig. 13 Distribution of velocity vector in clean stocker by new air control system(e)

또한 Exit 5의 개구율을 20%로 하였기 때문에 상부 유입 공기량이 많아서 Exit 2~4에서 유입된 공기는 상부 유입공기와 심하게 충돌하는 현상을 나타낸다

Fig. 13은 측면 유출구 Exit 1~4의 개구율을 20%로 동일하게 하고 상부유출구 Exit 5의 개구율을 10%로 유지할 때의 스토커의 내부 공기유동특성을 나타내었다.

각 유출구의 개구율이 동일하기 때문에 하부의

Exit 1, 2에서는 정압재취득에 의하여 정압이 증가하여 비교적 균일한 속도분포를 유지하나 Exit 3, 4에서는 상대적으로 낮은 정압으로 인해 유출공기의 속도가 낮아 균일한 속도분포를 유지하기가 어려운 것으로 나타난다. 특히 Fig. 12의 Exit 2보다 Fig. 13의 Exit 2의 경우가 비교적 균일한 속도분포를 유지하는 것으로 나타난다. 이러한 현상은 Exit 3, 4에서 분기되는 공기의 양이 Fig. 13의 경우가 Fig. 12 보다 많기 때문에 Fig. 13의 Exit 2가 정압이 좀 더 높기 때문이다.

결과적으로 고찰해 보면 스토커의 측면 공기통로내의 압력 변화는 정압재취득의 값이 제일 큰 요소가 된다는 이론적 가정과 유한요소프로그램으로 시뮬레이션의 결과가 일치한다는 것을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 새로운 개념의 스토커 내부 청정유지방식에 관한 신뢰성의 검증을 위해 먼저 측면 유출구의 개구율을 정압재취득법으로 이론적으로 해석하고 유출구의 개구율 변화가 스토커 내부의 공기유동에 미치는 영향을 유한요소법을 이용하여 수치적으로 연구하여 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 스토커의 측면 공기통로내의 압력 변화는 정압재취득의 값이 제일 큰 요소가 되고 정압재취득법으로 측면 유출구 풍량을 동일하게 유지하기 위한 개구율 해석이 가능하다.

(2) 스토커의 하부 유출구(Outlet) 부근에 있는 하부의 측면 유출구에서는 정압이 증가하여 상대적으로 개구율이 적은 유출구를 빠른 속도로 통과 함으로 균일한 속도분포를 유지하면서 스토커 내부로 유입한다.

(3) 스토커의 상부 측면 유출구에서는 상대적으로 정압이 적어 공기유동의 속도가 느려서 상부 유출구 Exit 5에 의해 유입되는 공기에 영향을 크게 받는다.

(4) 유한요소 프로그램으로 시뮬레이션 한 결과 스토커 내부 공기유동특성은 측면 유출구 Exit 1~4의 개구율을 10%, 20%, 30%, 40%로 하고 상부 유출구 Exit 5의 개구율을 10%로 유지할 경우가 FFU 방식과 가장 유사하다.

(5) 본 논문의 연구결과에 의하면 새로운 개념의 기류제어방법으로 스토커 내부를 청정상태로 유지할 수 있다고 판단된다.

(6) 반도체 또는 TFT-LCD의 양산공장은 약 30대 정도의 스토커가 필요하며 스토커 1대당 50개의 FFU, 약 1억원 정도 소요됨으로 새로운 방식의 스토커 청정유지방식을 적용하면 약 30억 정도의 스토커용 FFU투자비는 불필요하나 스토커의 천장에 FFU 설치해야 하므로 실제 약 15억원 정도의 초기투자비를 절감할 수 있다.

참고문헌

- (1) 이재현, 1998, "다수의 출구를 가지는 크린룸 내부의 기류분포에 관한 연구," 공기조화냉동공학논문집, 제17권, 제4호, pp. 418~425.
- (2) Eric C., Duane P., 1996 "Standard Stocker Environmental Characterization Method," Technology Transfer #96103192A-ENG. SEMATECH, pp. 2~11.
- (3) DAIFUKU(株), 2001, Clean Stocker자료.
- (4) Fundamentals, Ashrae. 1989, ashrae Hand Book.
- (5) 井上市市, 1998, "空氣調和 HANDBOOK," pp. 385~396.
- (6) Blue Ridge, 1998, Blue Ridge Numerics Software Reference Manuals.
- (7) 이광수, 1998, "Clean Room내 기류의 제어 및 해석," 공기조화냉동공학논문집, 제17권, 제3호, pp. 217~223.
- (8) 이재현, 박명식, 1993, "부분적인 필터교체에 따른 청정실내부의 유동특성," 대한기계학회논문집, 제17권, 제8호, pp. 2110~2121.
- (9) 오명도, 임학규, 배귀남, 1990, "초청정 클린룸 난류유동장내에서의 오염입자 비정상 전파거동에 관한 연구," 대한기계학회논문집, 제14권, 제2호, pp. 430~439.
- (10) Ron B., Patricia B., 1995, "Summary of Material Logistics in Semiconductor Manufacturing," Technology Transfer #95052811A-ENG SEMATECH, pp. 14~20.