

Compact Camera Module 생산 공정 자동화를 위한 Stage 내의 유동 및 열 해석

Fluid Flow and Heat Transfer Analysis in the Motorized Stages for Manufacturing Automation of the Compact Camera Module

*김태영¹, #김성진¹

*T. Y. Kim¹, #S. J. Kim¹ (sungjinkim@kaist.ac.kr)

¹ 한국과학기술원 기계항공시스템학부

Key words : Compact camera module, Stage cooling, Heat transfer analysis, Fluid flow analysis

1. 서론

CCM (Compact Camera Module)은 모바일 기기 산업 분야 중 하나인 카메라 폰의 핵심 부품이다 [1]. 현재 사용되는 CCM 생산 공정의 장비들은 수동 혹은 반수동으로 사용되어 효율성이 떨어지며 장비를 다루는 작업자의 참여도가 증가함에 따라 공정 환경의 청정도가 감소하여 CCM의 생산 수율이 많이 떨어진다. 따라서 생산 효율성과 수율을 향상시키기 위하여 CCM 생산의 자동화가 요구된다 [2].

CCM은 수 μm 이하의 크기를 갖는 부품들의 접합으로 제작되기 때문에 CCM을 정밀하게 이송시킬 수 있는 Stage가 필요하다 [3]. CCM의 제작 환경의 온도가 상온에 비하여 높다. Stage가 작동하는 환경의 온도가 높아지면 Stage의 Motor에서 발생하는 열을 효율적으로 제거하는 데에 어려움이 있으며, Motor 등의 발열부가 과열될 경우 Stage가 오작동할 수 있다. CCM은 여러 공정을 통해 생산되므로 단위 공정을 담당하는 Stage 하나의 오작동은 라인 내에서 생산되는 모든 CCM의 불량률 유발시킬 수 있다. 따라서 Stage의 열적 신뢰성 확보가 매우 중요하다.

본 연구에서는 이론적, 실험적 방식의 어려움을 극복하기 위하여 ICEPAK 4.1을 사용하여 수치해석 방법으로 Stage 내부의 열 및 유동 해석을 수행하였다. 해석을 수행한 모델은 Z θ stage와 XY θ stage이며, 해석 결과를 바탕으로 각 Stage의 내부 최대 온도를 감소시킬 수 있는 열설계 방안을 제시하였다. 또한 Stage 청정 문제와 관련하여 Z θ stage에 먼지제거판을 설치한 형상을 해석하여 먼지제거판 설치시의 유동 특성을 파악하였다.

2. 모델링

모델링은 실제 Stage 형상을 바탕으로 수치해석을 수행할 수 있는 프로그램 상의 모델을 만드는 과정으로 해석 결과의 정확성에 큰 영향을 미치는 중요한 과정이다. Z θ , XY θ Stage의 수치해석 모델은 Fig. 1과 같다.

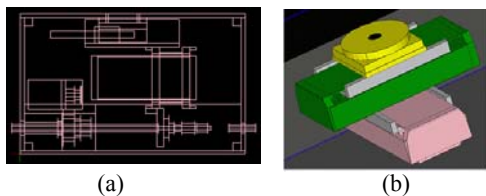


Fig. 1 Numerical models (Z θ stage (a), XY θ stage(b))

3. 수치해석

3.1 수치해석 조건 및 가정

Stage 내부 및 Stage와 주변 작동 유체간의 열전달은 자연대류로 이루어지며 복사해에 의한 열전달은 무시하고, 주변 유체의 온도는 고온의 접합 공정을 고려하여 상온보다 높은 35°C로 가정한다.

3.2 Stage 내부의 열전달 특성

위에서 언급한 조건 및 가정을 사용하여 각 Stage에 대한 수치해석을 수행하였고, Z θ stage와 XY θ stage의 최대 온도가 70.3°C, 112°C로서, 실제 온도값(ϕDCT 측정)과 거의 일치함을 알 수 있다.

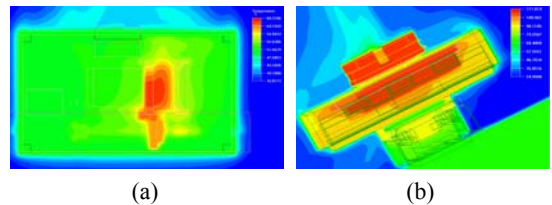


Fig. 2 Numerical simulation results (Z θ stage (a), XY θ stage(b))

Figure 2에서 나타나듯이 Stage 발열부의 온도가 주변 기계 요소의 온도보다 높은 국소적인 열집중 현상이 나타나고 XY θ stage 경우 각 Stage 간의 최대 온도 차이가 약 40°C인 Stage 간의 온도 불균형이 추가적으로 발생한다.

3.3 열설계 방안

Stage 발열부에서의 열집중 현상을 해결하기 위한 방안은 발열체와 주변 요소간의 접촉 면적을 증가시키거나 [4], 발열부의 열을 Stage 외벽으로 전달하여 외벽을 통해 열을 외부로 전달하는 것이다. 또한 Stage 외벽에 열전달 면적을 넓혀주는 Heat sink를 설치하여 최대 온도를 감소시킬 수 있다.

3.4 열설계 방법의 적용 및 효과

3.3 절에서 파악한 최대 온도를 낮출 수 있는 방안을 수치해석 모델에 적용하였다. Figure 3는 Z θ Stage 외벽에 최적의 Fin 간격을 갖는 Heat sink를 설치한 그림이다. 또한 Bobbin의 상면을 Stage 상부 외벽에 접촉시켜 발열부와 Stage 외벽 간의 열저항을 줄여서 열전달량을 증가시켰다.

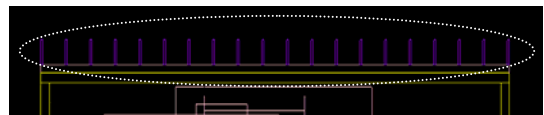


Fig. 3 Z θ stage after assembling heat sinks

XY θ stage에도 앞서 설명한 열설계 방안을 다양한 방식으로 적용하였다. Figure 4 (a), (b)는 각각 XY θ stage의 발열부를 주변의 기계 요소와 접촉시키는 방안과 발열부와 Stage 외벽의 접촉면적을 넓히는 방안을 보여준다. Figure 4 (c)는 XY θ stage 외벽에 최적의 Fin 간격을 갖는 Heat sink [5], [6]를 설치한 모습이다.

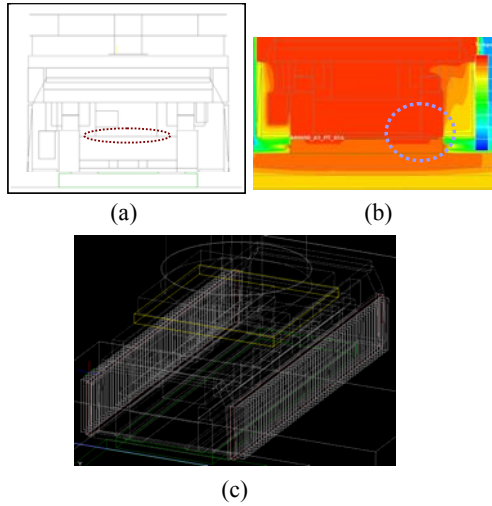


Fig. 4 XYθ stage after applying thermal solutions

위의 열설계 방안은 Stage 내의 열전달 특성인 열집중 현상과 Stage 간의 온도 불균형 현상을 완화시켜 주며 각 효과는 Table 1 과 같다.

Table 1. Effects of thermal solutions

Thermal solution	온도감소 (°C)
Zθ stage	
발열부와 주변 기계 요소 간의 접촉	3
최적화된 Heat sink 설치	11
XYθ stage	
발열부와 주변 기계 요소 간의 접촉	14
Stage 간의 접촉 면적 넓히기	3
최적화된 Heat sink 설치	11

열설계 방안을 적용한 후의 Stage 내의 온도 분포는 Fig. 5 와 같다.

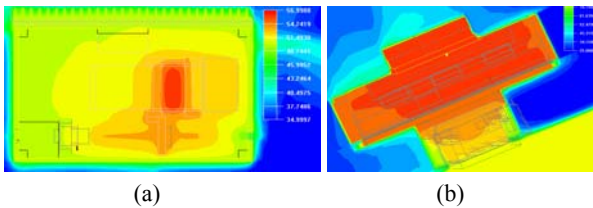


Fig. 5 Temperature field in the Zθ and the XYθ stage after applying thermal solutions

3.5 먼지제거판의 설치

Zθ Stage 의 경우 왕복 운동을 하는 Shaft 와 Stage 외벽 간의 마찰에 의하여 미세한 먼지가 발생하여 CCM 을 오염시킬 수 있다. 발생하는 미세 먼지에 의한 CCM 의 오염을 막기 위해 Fig. 6(a)와 같이 Shaft 근처에 먼지제거판을 설치하여 먼지의 유출을 차단하였다. Shaft 가 설치된 곳의 반대쪽 면에 Suction type pump 를 연결하여 발생한 먼지가 Stage 를 통과하여 Pump 로 유입되도록 하였다. (Fig. 6(b)).

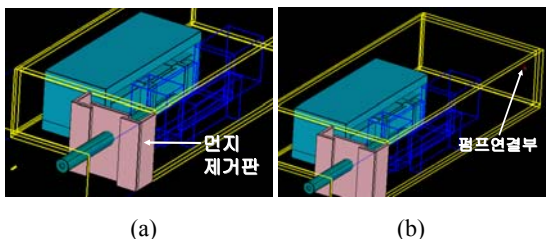


Fig. 6 A dust collector (a) and a suction pump connector (b)

Stage 청정에 관련한 연구를 수행하는 한국과학기술원 구조동역학 및 응용제어 연구실에서 제안한 먼지제거판의 형상은 Fig. 7 과 같은 3 가지 종류이다. DCT(주)에서 제시한 Suction type pump (최대흡입유량: 22 L/min)의 조건하에 수치해석을 수행하였고 유량에 따른 압력 강하량을 Table 2 에서 볼 수 있다.

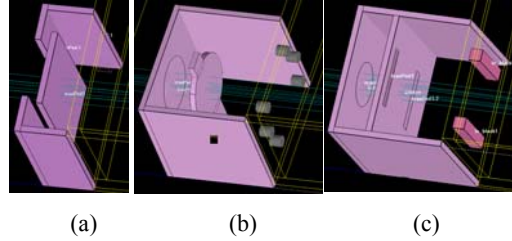


Fig. 7 Three types of dust collectors

Table 2. Pressure drop for dust collectors unit (Pa)

모델 / 유량	Fig. 12 (a)	Fig. 12 (b)	Fig. 12 (c)
$Q = 1/3 Q_{max}$	-164.8	-137.7	-134.5
$Q = 2/3 Q_{max}$	-654.3	-546.2	-533.8
$Q = Q_{max}$	-1468.1	-1226.5	-1200

4. 결론

의 형상을 모델링한 후 수행한 수치해석 결과를 바탕으로 각 Stage 의 열전달 특성을 파악하였다. Stage 발열부의 최대 온도를 효율적으로 감소시킬 수 있는 열설계 방법을 제시하고 그 효과를 수치해석을 통하여 알아보았다. Stage 외부의 청정 문제와 관련하여 Zθ Stage 에 먼지제거판을 설치하였을 경우의 유동 특성을 파악하였다.

후기

본 연구는 산업자원부의 중기거점기술개발사업(과제명 : CCM(Compact Camera Module) 시스템통합 및 핵심요소기술 개발, 과제 번호 : 10024124-2007-13)의 연구비 지원으로 이루어진 것입니다.

참고문헌

1. 한국산업기술대학교, “CCM (Compact Camera Module) 인라인 조립 장비 개발,” 산업자원부, 2008.
2. 박철우, “Flexible PCB 정밀 본딩 장비개발에 관한 산업분석 최종보고서 (CCM 인라인 조립장비 개발),” 산업자원부, 2005.
3. Choi, J. S., Lee, G. S., Lim, D. H., Song, J. Y., Lee, C. W., Kwak, Y. G., Kim, S. H., “A Research on the Assembly of the Camera Modules for Mobile Phones,” Korean Society for Precision Engineering, pp. 989~992, 2005.
4. Incropera, F. P., DeWitt, D. P., “Fundamentals of heat and mass transfer 5th edition,” John Wiley & Sons, pp. 88~92, 2002.
5. Bejan, A., “Convection heat transfer 2nd edition,” John Wiley & Sons, pp.202~205, 1995.
6. Bar-cohen, A., Rohsenow, W. M., “Thermally optimum spacing of vertical, natural convection cooled, parallel plates,” J. Heat Transfer, Vol. 106, pp. 116~123, 1984.