

# 수치해석법에 의한 회전다면경의 오염과 유동소음 원인규명

## A Study on the Fouling and Aeronoise Generation of Polygon Mirror using Numerical Analysis

탁경모, 이상훈, 유제환, 김우규, 김형채, 한상용

삼성전자 디지털미디어총괄 디지털프린팅사업부 선행 4 Lab.

gm.tahk@samsung.com

최근 사무 및 산업용 인쇄량 증가에 따라 프린팅 시장의 확대와 함께 고성능 레이저 프린터의 중요성이 증가되고 있으며 레이저 프린터 성능은 고해상도 구현기술, 고속인쇄기술, 저소음기술의 발전에 의하여 점차 고성능화되고 있다.

레이저 프린터의 핵심부품 중에 하나인 레이저 주사장치(Laser Scanning Unit)는 그림 1과 같이 광원인 레이저 다이오드(Laser Diode)에서 발진된 고직진성 레이저빔(Laser Beam)을 고속으로 회전하는 다면형 거울(Polygon Mirror)에 주사하고 편향시켜 비구면 f- $\theta$ 렌즈와 반사거울을 통해 화상이 형성되는 감광드럼(Organic Photo Conductor Drum)에 등속으로 주사시키는 장치이다. 이 장치는 광원과 광편향기, 렌즈, 반사거울을 포함하는 광학시스템과 회전다면경(광편향기)을 구동하고 속도를 제어하는 시스템으로 구성된다<sup>(1)</sup>.

레이저빔을 편향시키는 회전다면경과 구동시스템은 인쇄속도 증가에 따라 점차 고속화되고 있으며 광학성능 향상을 위해 고정밀도 형상가공법에 의해 제작되고 있다. 회전다면경의 광학성능 향상은 점차 고속화되어가고 있는 레이저프린터의 인쇄품질 향상과 프린터 수명연장에 필수적인 요소이며 최근에는 저비용, 고성능, 신소재 다면경 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

정상 속도에서 인쇄할 때 다면경은 일반적으로 18,000~40,000 rpm으로 회전한다. 이러한 고속회전 환경에서 발생하는 다면경 주변의 고속유동과 광주사장치 내부의 먼지는 그림 2와 같이 다면경의 반사면에 오염을 유발하여 광학성능을 저하시키는 원인이 된다. 다면경 주변의 고속유동 환경에서 발생하는 오염은 반사면에서의 유동박리(Flow Separation)현상과 재부착 유동(Reattachment Flow)에 의해 발생하며, 이러한 일반화된 유체역학적 현상들은 주로 실험적 유체역학 분야에서 활발히 연구되고 있다<sup>(2,3)</sup>. 다면경의 회전에 의해 발달된 유동은 다면경의 모서리에서 박리되고, 박리된 유동은 박리층에서 유동의 말림과정(Rolling-up Process)과 흘림(Shedding)과정으로 발달하고 반사면에 먼지와 함께 재부착하여 오염을 유발한다<sup>(2,3)</sup>.

최근 이러한 일반화된 유체역학적인 현상들은 매우 단순화된 구조에 대해서만 실험적으로 가시화되고 있으

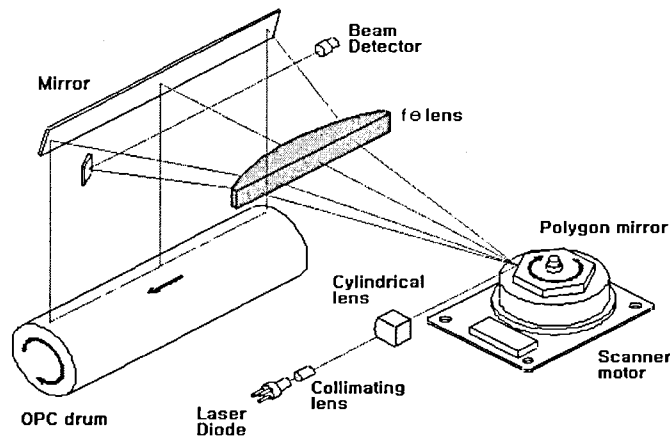


그림 1. 레이저 주사광학계 구조

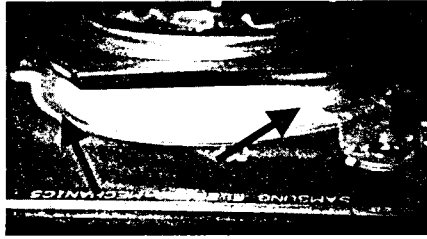


그림 2. 회전다면경의 반사면 오염

며<sup>(2,3)</sup>, 회전다면경의 오염원인 분석과 오염저감 설계를 위한 실험적 유동가시화는 비용과 기술적인 문제로 인해 시도되기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 전산수치해석 방법에 의해 오염현상을 가시화하여 오염의 원인을 규명하고 실험으로 검증한다.

회전다면경 오염문제와 더불어 고속회전유동에 의한 소음문제가 제기되고 있다. 이러한 소음은 일반적으로 유체유발소음(Flow-induced Noise)으로 불리며, 물체주변에 고속으로 움직이는 유동에 의해 발생한 비정상적 속도분포를 갖는 난류(Turbulence)와 표면에서의 주기적 혹은 비주기적 압력변동에 의해 발생한다<sup>(4)</sup>. 그림 3은 회전다면경이 정상 속도에서 동작할 때 측정된 소음수준을 나타낸다. 회전체에서 방사되는 소음은 주파수 특성에 따라 불연속 주파수소음(Discrete Frequency Noise)과 광대역 소음(Broadband Noise)로 구분되며<sup>(4)</sup>, 소음 스펙트럼(Noise Spectrum)에서 발견되는 최대음압은 일반적으로 회전체의 회전주파수(Blade Passing Frequency : BPF)의 정수배에서 나타난다. 이러한 소음발생은 레이저프린터의 품질고급화에 있어서 해결해야 할 중요한 문제이다. 본 연구에서는 소음발생 원인규명과 소음저감 설계를 위하여 비정상상태 Ffowcs Williams-Hawkings 방정식을 사용하는 전산수치해석 방법으로 회전다면경에 의해 유발되는 소음을 계산하고 실험으로 검증하였다.

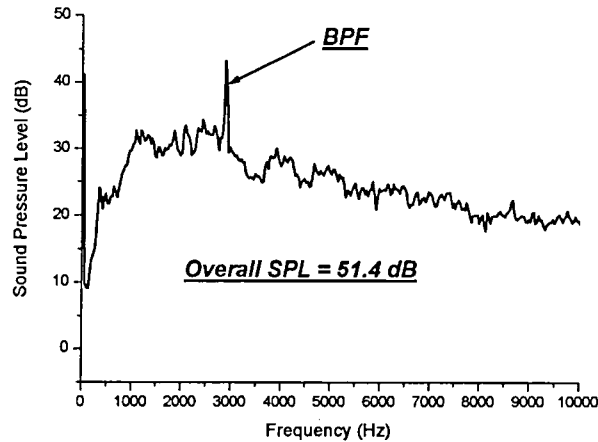


그림 3. 회전다면경에 의한 유동소음 수준

참고문헌

- [1] J. H. You, H. C. Kim, S. Y. Han, "Banding reduction in electro-photographic printer", IS&T's NIP20:2004 International Conference on Digital Printing Tech. 470-473(2003)
- [2] M. Kiya and K.Sasaki, "Structure of a large-scale vortices and unsteady reverse flow in the reattaching zone of a turbulent separation bubble", Journal of Fluid Mech., 154, 463-491(1989)
- [3] K. B. Chun and H, J, Sung, "Visualization of a locally-forced separated flow over a backward-facing step", Experiments in Fluids, 25, 133-142(1998)
- [4] J. H. Lee, S. G. Lee, "Aerodynamic prediction of subsonic rotors", Journal of Acoustical Society of Korea, 16, 29-34(1997)