

# 사출성형기의 고장진단을 위한 진동 신호 분석에 대한 연구

## Analysis of vibration for fault diagnosis of injection molding machinery

\*김태현<sup>1</sup>, #이문구<sup>1</sup>, 전용호<sup>1</sup>, 염현호<sup>1</sup>, 이원기<sup>2</sup>, 남성호<sup>3</sup>, 김보현<sup>3</sup>\*Taehyun Kim<sup>1</sup>, #Moon G. Lee(moongulee@ajou.ac.kr)<sup>1</sup>, Yongho Jeon<sup>1</sup>, Hyunho Yeom<sup>1</sup>, Won Gi Lee<sup>1</sup>, Sung-Ho Nam<sup>2</sup>, Bo-Hyun Kim<sup>2</sup><sup>1</sup>아주대학교 기계공학과, <sup>2</sup>고등기술연구원 로봇생산기술센터, <sup>3</sup>한국생산기술연구원 디지털협업센터

Key words : Injection molding machinery, Vibration, Short-Time Fourier Transform

### 1. 서론

최근 생산설비의 가동률을 극대화 하여 제조의 리드타임을 단축하기 위하여 효율적인 공정 관리 및 설비 운용이 필요하게 되었다. 특히 보유 설비의 가동 능력을 최대로 유지하고 설비 고장 시 신속하게 문제를 해결하여 손실을 줄이기 위한 방법으로 ‘상태 기반의 유지보전 (Condition based maintenance)’ 이 개발되고 있다. 이는 설비의 고장 발생 및 성능의 감퇴를 나타내는 지표들의 변화를 고려하여 설비에 대한 유지보전 활동을 수행하는 방법이다. 이러한 상태 기반의 유지보전을 수행하기 위해서는 지표가 되는 신호를 통해 설비의 상태를 정확하게 평가할 수 있어야 한다.

사출성형기 형판은 사출물의 품질과 정밀도를 높이기 위하여 중요한 사출성형기의 핵심부품으로 기계 시스템의 고장진단을 연구하는 1차적인 대상이 되기에 충분하다고 고려되었다. 사출성형기의 형판은 네 개의 타이바와 연결되어 있으며 중심부에 금형이 부착되며 타이바로 전달되는 체결력을 금형으로 전달하는 역할을 한다. 따라서 형판은 이러한 하중에 견디기 위해 충분한 강도를 가져야 하며 변형이 적어야 한다. 형판의 변형은 타이바의 굽힘응력을 유발하여 타이바의 파손에 영향을 주는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 타이바의 고장신호 분석을 위하여 진동신호 측정과 분석을 수행하였다.

### 2. 이론적 배경

#### 2.1 시간-주파수 분석방법

진동신호를 분석하는 방법으로는 푸리에 (Fourier) 변환을 이용한 주파수영역에서의 해석방법이 주로 이용되고 있다. 그러나 푸리에 변환은

기계적인 결함이나 이상에서 발생하는 비정상 과도신호에 대해 단순히 주파수 성분만을 표시하기 때문에 결함이 발생하는 시기나 그때의 주파수 성분 분석을 통한시스템의 동특성을 이해하기 어렵다. 따라서 결함이 발생하는 시기에 주파수 분석을 할 수 있어 주파수 영역해석과 시간영역 해석을 보완적으로 표현할 수 있는 시간-주파수 변환 방법이 시스템 진단 등의 각종 분야에서 유용하게 적용되고 있다. 시간-주파수 분석법에는 단시간 푸리에 변환(STFT), 위그너-빌 분포(WVD), 웨이블릿 (Wavelet) 등이 있다. 단시간 푸리에 변환(STFT)은 시간-주파수 해석을 위한 가장 간단한 방법으로 짧게 쪼개진 시간영역에서 원하는 부분에 대한 푸리에 변환을 수행하고 시간 축을 기준삼아 주파수분포를 도시해 나가는 방법이다. 신호  $S(t)$ 에 대한 STFT는 다음과 같이 정의된다.

$$S(t, f) = \int_{-\infty}^{\infty} h^*(\tau - t) s(\tau) e^{-j2\pi f\tau} d\tau$$

여기서  $h(t)$ 는 창 함수이다. STFT에서  $S(t, f)$ 는 이동하는 창의 크기에 따라 시간과 주파수 해상도의 차이가 발생하는데 창의 크기가 크면 주파수의 해상도는 좋아지나 시간해상도는 떨어지고 창의 크기가 작으면 반대가 된다.

#### 2.2 타이바(Tie-bar)

타이바는 사출성형기의 형체력을 지탱해 주는 장치로서 고정 다이플레이트와 지지대 사이에 4개가 체결되어 있고, 이동 다이플레이트와 금형판이 동작하는 가이드 역할을 한다.

타이바에 가해지는 힘은 형체결력으로 과도하게 높아질 경우 타이바가 파단 되는 경우가 있다.



Fig. 1 Tie bar for injection molding

### 3. 실험 장치 및 방법

사출성형기가 작동할 때 타이바에 전해지는 진동신호를 측정하기 위하여 Fig.2와 같은 실험 장치를 구성하였으며 사용된 장비 목록 및 사양은 Table 1에 나열하였다. 가속도계는 타이바에 부착하여 이동 다이플레이트와 금형판이 동작할 때 가해지는 진동을 측정한다.

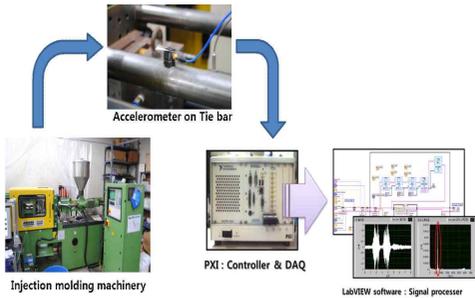


Fig.2 Schematics of condition monitoring system

Table 1 Specifications of condition monitoring system

Equipment	Specifications	value	model
Accelerometer	Frequency range	0.5~5000Hz	356A16
	Voltage sensitivity	100mV/g	
A/D converter	Resolution	24 bits	PXI-4472
	Sampling Rate	102.4KS/sec	
	Input range	-10~+10V	
Signal analyzer	LabVIEW software		PXI-8187

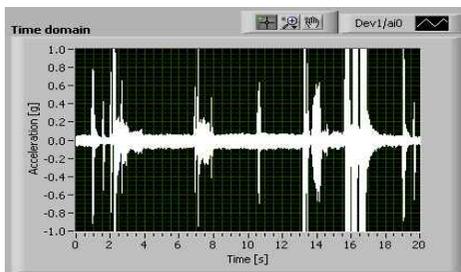


Fig.3 Acceleration signal in injection molding process

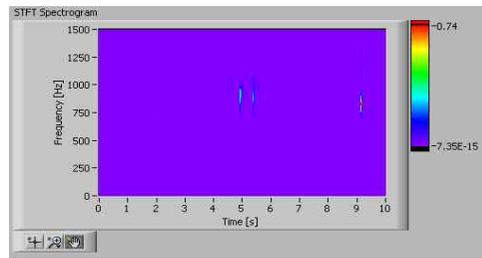


Fig.4 Vibration signal analysis using STFT

### 4. 신호 분석 결과

Fig.3은 사출성형기가 1개의 사출물을 생산하는 사이클 동안에 타이바에 발생된 가속도 신호를 나타낸 것이다. 사출 공정에 따라 신호를 분석하여 보면 이동 다이플레이트가 동작하고 몰드가 닫힌 후에 수지가 공급되고 몰드가 오픈된 후 다시 이동 다이플레이트가 제자리로 돌아오는 과정을 거치게 된다. 가속도 신호를 보면 몰드가 닫히는 2초, 수지가 들어가는 7초, 그리고 몰드가 열리는 16초에 큰 가속도를 나타내는 것을 알 수 있었다.

그리고 Fig.4 는STFT를 사용하여 진동신호를 시간-주파수영역에서 나타낸 것이다. 고주파 영역에서의 해상도가 낮아 정확하게 성분을 분석하는데 어려움이 있지만 수지가 들어가고 몰드를 압축하는 과정에서 타이바에 많은 진동과 하중이 가해짐을 유추할 수 있다.

### 5. 결론

본 연구에서는 사출성형시 발생하는 진동신호를 측정하고 그 신호를 STFT를 이용하여 시간-주파수영역으로 나타내어 타이바에 가해지는 진동을 측정하였다. 이는 후에 사출성형기의 타이바 고장신호 분석을 통한 고장진단 시스템에 사용될 것이다.

### 후기

본 연구는 지식경제부에서 추진하는 산업원천기술개발사업과 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술 인력양성사업에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. 채장범, "기계의 상태/고장 진단", 한국소음진동 공학회지, 제 6권 제 4호, pp. 387-393, 1996.
2. 김청균, 김경섭, "사출성형기용 실린더의 응력 안전성에 관한 수치적 연구", 한국생산제조 시스템학회지, Vol 20 No.4, pp.401~408, 2011.