

# 웨이블릿 패킷 분해 방법 및 확률 신경망 이론을 이용한 사출성형공정의 상태진단에 관한 연구

## A Study on Condition Diagnosis of Injection Molding Process Using Wavelet Packet Decomposition and Probabilistic Neural Network Methods

\*LI CHENGJUN<sup>1</sup>, 백대성<sup>1</sup>, 남정수<sup>1</sup>, #이상원<sup>2</sup>

\*C. Li<sup>1</sup>, D.S. BAEK<sup>1</sup>, J.S. NAM<sup>1</sup>, #S. W. Lee(sangwonl@skku.edu)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>성균관대학교 대학원 기계공학과, <sup>2</sup>성균관대학교 기계공학부

Key words : Condition Diagnosis, Wavelet Packet Decomposition(WPD), Probabilistic Neural Networks (PNN), Injection Molding Process

### 1. 서론

일반적인 사출성형 공정은 플라스틱 재료를 용융하여 고압으로 수지를 금형에 충전시킨 후, 보압 및 냉각 과정을 통하여 사출성형품을 생산하는 공정이다. 이러한 사출성형 공정은 플라스틱 재질, 외부 환경, 성형공정 동안 일어나는 복잡한 열적, 유동적, 물리적 현상들의 변화에 아주 민감하다[1].

이에 따라, 양질의 성형품을 생산하기 위하여 반복적인 시험 사출 및 불량률 식별하는 숙련된 작업자의 경험이 필요하다. 하지만, 이러한 기존 방식은 사출공정 상태 파악을 위한 많은 시간과 비용을 필요로 하는 여러 문제점들이 있다.

그리하여, 최근 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방안으로, 사출성형 공정의 상태진단에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. 그 중에서도, Jie Zhu 등은 사출속도, 수지 온도 및 보압 신호를 퍼지 신경망(Fuzzy neural network)이론에 적용하여 생산된 제품의 플래시(Flash) 발생에 관한 상태진단에 관한 연구를 수행하였다[2].

하지만 본 연구에서는, 기존의 연구사례와는 다르게, 실제 사출성형실험을 통하여 얻어낸 캐비티 및 노즐의 압력 신호를 웨이블릿패킷분해(Wavelet packet decomposition)방법에 적용하여, 신호특성을 도출하였다. 그 후, 도출된 신호로 확률신경망 모델을 구축하여 사출성형의 상태진단을 판별하였다.

### 2. 사출성형 실험 설계 및 결과

본 실험을 수행하기 위하여, Arburg사의 25Ton

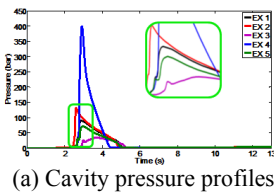
유압식 사출성형기(최대 사출압력 : 1570 bar)를 사용하였으며, 재료는 LG Chemical의 ABS(LG Chemical)를 사용하였다. 또한, 캐비티 및 노즐의 압력을 측정하기 위하여 Kistler 사의 압력 센서(모델명: 6157BA, 4085A)를 각각 설치하였다.

사출성형의 실험 조건은 Table 1에 나타나 있으며, 사전예비 실험을 통하여 선정되었다. Table 1에서 볼 수 있듯이, 각 조건에 따른 실험은 총 5회이며, 사출속도 및 보압절환점을 독립변수로 지정하였다.

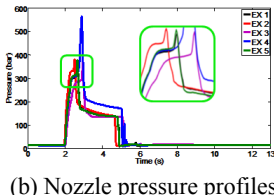
Table 1 Experimental conditions

	Injection speed (ccm/s)	Switch-Over (ccm)	Other conditions
EX 1	9	3.8	Holding pressure(bar): 200 Cooling time (s): 6.3 Nozzle tem.(°C): 220
EX 2	12	3.8	
EX 3	6	3.8	
EX 4	9	2.3	
EX 5	9	3.8	

Fig. 1은 사출성형 공정에서의 캐비티 및 노즐압력에 대한 실험결과를 나타낸다. Fig. 1에서 보여지듯이, EX 1(기준조건), EX 2(사출속도증가), EX 3(사출속도감소), EX 4(늦은보압절환), EX 5(이른보압절환)에 대한 각각의 프로파일의 결과를 확인할 수 있다. 각 실험은 총 200 cycle로 수행되었으며, 그 중에서도, EX 1(오전) 및 5(오후)의 경우에는 동일한 실험조건에서 수행되었으나, 실험시점의 차이로 인한 외부온도의 영향으로 인하여 각각 서로 다른 보압절환점을 나타냈다.



(a) Cavity pressure profiles



(b) Nozzle pressure profiles

Fig. 1 Experimental results of Injection molding process

### 3. 웨이블릿 패킷 방법 및 확률 신경망 이론을 이용한 진단 결과 및 분석

웨이블릿 패킷 분해 방법은 다양한 형태의 기저 함수 및 유동적인 창 함수(window function)를 사용한다. 그 중에서도, 신호가 가지고 있는 비정적 성질들을 표현하는데 유용한 특성을 지니고 있다.

그리고 확률 신경망 이론은 베이지안 기법을 기반으로 어떠한 개체가 어느 종류에 속하는지를 판별하는 방법이다.

위의 두 방법론을 기반으로, 효과적 이상진단을 하기 위한 구성은 Fig. 2와 같다. 먼저, 캐비티 및 노즐 센서의 압력 신호를 수집한 후, 웨이블릿 패킷 분해 방법을 이용하여 5 레벨(총 32개의 주파수영역)로 분해한다. 그 후, 각 주파수 영역의 노드 에너지를 확률신경망모델의 입력 값으로 사용하였으며, 5개의 상태 영역을 지정하여 확률신경망모델을 구축하였다. (Training data는 150cycle, test data는 50 cycle을 사용)

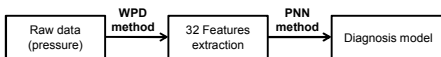
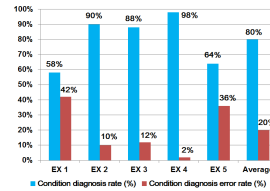
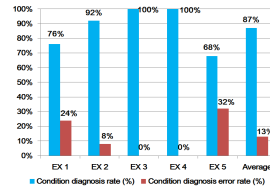


Fig. 2 PNN (Probabilistic Neural Networks) based condition diagnosis model

확률신경망모델을 통한 상태진단의 결과는 Fig.3과 같다. Fig.3(a)의 캐비티 압력신호의 경우, EX 2-4번은 다른 실험조건에 비하여 상대적으로 높은 정확도를 얻었고, 전체 평균 정확도는 80%이다. Fig.3(b)의 노즐 압력신호는 이전의 캐비티 압력신호와 경향성은 유사하나, 평균 정확도에서는 다소 높은 결과(87%)를 확인할 수 있었다.



(a) Cavity pressure



(b) Nozzle pressure

Fig. 3 Results of condition diagnosis using PNN model

### 4. 결론

본 연구에서는, 사출성형공정에서의 캐비티 및 노즐 압력 신호에 웨이블릿패킷 분해 방법 및 확률 신경망 이론을 적용하여, 사출성형 공정상태를 판별하였다. 확률신경망모델을 이용한 진단 결과, 캐비티 압력 신호의 경우 평균 80% 정확도, 노즐 압력 신호의 결과 평균 87%정도의 정확도를 달성하였다.

### 후기

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업융합원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [10040952, 신속대응 가능한 BIS(Built-In Sensor)기반 자율 지능형 사출성형시스템 개발]

### 참고문헌

1. Byeong-Hyeon Min, "Quality Prediction of Injection Molded Part by Neural Network," Proceedings of KSPE 1999 Spring conference, pp. 871-874, 1999.
2. Jie Zhu, Joseph C. Chen, "Fuzzy neural network-based in-process mixed material-caused flash prediction (FNN-IPMFP) in injection molding operations," Int J Adv Manuf Technol 29: 308-316, 2006.