

# 고효율 사출성형기의 에너지 절감 및 성형 재현성 연구

정철<sup>1,2</sup>, 김종선<sup>1</sup>, 안희정<sup>3</sup>, 윤경환<sup>2</sup>, 황철진<sup>1#</sup>

## A Study on the Energy Saving and the Reproducibility of highly-efficient Injection Molding Machine

C. Jeong, J. S. Kim, K. H. Yoon, H. J. Ahn, C. J. Hwang

### Abstract

Because of steep rise of international energy cost in recent years high efficiency has been emphasized in energy policy. As far as injection molding machine is concerned, hybrid method using hydraulic and electric systems became the key to this energy saving. the energy saving and molding reproducibility of hybrid injection molding process were shown experimentally, power consumption of hybrid machine is 38% as compared with that of hydraulic machine. Furthermore, the molding reproducibility showed between two methods.

**Key Words** : HYBRID Injection Machine(하이브리드 사출성형기), Energy Saving(에너지 절감),  
Reproducibility of Molding(성형 재현성)

### 1. 서론

최근 플라스틱 수지로 제품을 성형하는 사출성형기에 있어 에너지 절감이라는 측면이 더욱 크게 부각되고 있는 가운데 기존의 유압식 사출성형기의 장점과 전동식 사출성형기의 장점을 접목한 HYBRID(이하 hybrid) 사출성형기의 관심이 높아지고 있으며 여러 사출성형기 생산 업체에서는 이러한 hybrid 사출성형기의 효율을 높이기 위해 다양한 방식을 시도하고 있다. 본 논문에서 사용한 고효율 hybrid 사출성형기는 ㈜선우중공업에서 개발중인 사출성형기로서 기존의 유압식 사출성형기의 구동부에 “회전수 조절형 사출 성형기 유압장치[1]”를 응용하여 AC SERVO 모터(1,800~2,000 RPM, 이하 서보모터)와 가변피스톤펌프를 전용 DRIVE로 제어하는 방식으로 SERVO 모터의 회전수를 제어하여 사용유량을 공급하는

방식이다. 본 논문에서는 이러한 고효율 hybrid 사출성형기의 개발을 목적으로 고효율 hybrid 사출성형기의 에너지 절감과 성형성 연구에 중점을 두고 동일한 사양(110ton)의 유압식 사출성형기를 이용하여 비교 측정 실험을 진행하였고, 동일한 사출성형조건으로 사출 성형된 샘플의 무게 측정을 통하여 고효율 hybrid 사출성형기의 성형 재현성 확인에 대한 실험을 진행하였다.

### 2. 고효율 하이브리드 사출성형기

플라스틱 제품을 생산하는 사출성형기는 IT 산업의 발달과 친환경정책 및 고효율(에너지 절감) 정책에 부응하기 위해 정밀하며 친환경적인 대량 생산기종을 추구하게 되었다. 이에 적합한 모델이 유압을 사용하지 않고 각 구동부를 서보 모터로 작동하여 소비전력(에너지)절감, 정밀성 향상을 실현한 전동식 사출성형기이다. 그러나, 전동식 사

1. 한국생산기술연구원 정밀금형팀

2. 단국대학교 기계공학과

3. (주) 선우중공업 부설연구소

# 교신저자: 한국생산기술연구원 정밀금형팀,

E-mail:cjhwang@kitech.re.kr

출성형기는 고속, 고압화의 구현에 대한 부담과 제조원가의 상승, 유지보수비용의 상승이라는 단점이 있고 기존의 유압식에 인버터 등의 외부기기를 이용한 에너지 절감은 주파수 제어방식으로 사출성형기의 성능을 떨어뜨려 생산성 저하의 원인이 되기도 한다.

본 논문에서 사용한 사출성형기는 (주)선우중공업에서 개발중인 사출성형기로 기존의 유압식 사출성형기가 일반 AC모터(1,200RPM)와 정토휘 유압펌프로 사용유량에 상관없이 분당 1200회의 회전으로 일정 유량(펌프 총유량)을 공급하여 초과 사용 하던 유량을 억제하기 위한 방안으로 구동부를 서보모터(1800~2000RPM)와 가변피스톤펌프를 전용 드라이버로 서보모터의 회전수를 제어하여 사용유량을 공급하는 사출성형기로, 정밀한 가변피스톤펌프에 의해 유량과 압력을 제어하므로 별도의 메인유압제어밸브가 필요 없고 각 액츄에이터의 동작까지 정밀하게 제어가 가능하므로 에너지를 절감(소비전력=사용유량의 모터 회전수)할 수 있다. Fig. 1 에 사출성형기를 보였고, Fig. 2 에 서보모터와 가변피스톤펌프의 그림을 각각 보였다.

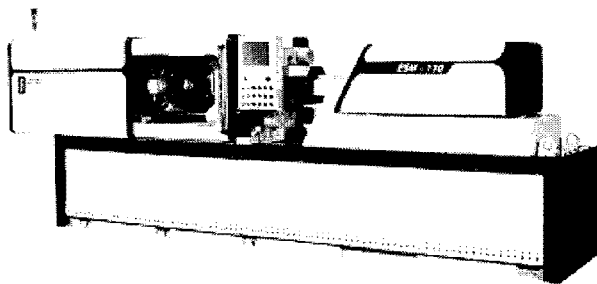


Fig. 1 High efficiency injection machines.



Fig. 2 AC servo motor & variable Piston pump.

가변피스톤펌프는 사출성형기의 유압시스템에서 압력을 만들어 공급하는 장치로 Fig. 3 에 도시하였고, 에너지 절감과 시스템의 정밀제어, 빠른 응답성의 구현을 위한 서보모터와의 구동원리는 Fig. 3 에 나와 있는 것처럼 경사진 판(Ⓐ)과 연결된 축(Ⓑ)을 서보모터로 제어하여 경사판의 각도를 조절하고, 이로 인해 펌프에서의 압력의 크기

를 결정하여 전력소모를 방지(소비전력은 발생되는 압력의 크기에 비례)하며, 서보모터의 정밀한 거리 제어로 사판각을 정밀 제어할 수 있으며 사판각의 정밀제어는 시스템의 빠른 응답성을 실현한다.

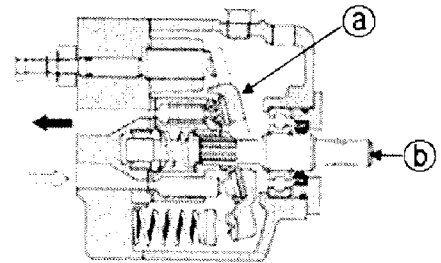


Fig. 3 Sectional view of variable piston pump.

### 3. 사출성형을 통한 전력 측정 및 성형 재현성 평가

본 실험은 고효율 hybrid 사출 성형기의 에너지 절감을 확인 하기 위해 실제 성형품의 양산공정과 같은 사출 성형 과정으로 진행하면서 소비 전력 특성을 파악하고, 동일한 형체력(110ton)의 유압식 사출 성형기와 도광관 금형을 이용하여 동일한 성형조건, 동일한 전력 측정 방법으로 진행하였다.

#### 3.1 전력 측정

본 실험의 전력 측정 시 사용한 전력측정기는 일본 KYORITSU 사의 KEW 6310 모델로 측정 범위가 0~500 A, 0~600 V, 주파수 60 Hz 이며 전력 측정 시 1 회당 측정의 간격은 10 초로 매 10 초마다 적산 하는 방법으로 진행하였고 Fig. 4 (a)에 도시하였다. 또한 전력측정 시 사용한 수지는 삼성토탈의 폴리프로필렌(Polypropylene, HI831)으로 고유동성과 고강성이 그 특징이며 얇은 부품생산에 적합한 수지로 Fig. 4(b)에 도시하였다. 사출성형 실험 진행시의 성형조건은 실린더온도 200℃, 금형온도 40℃, 사출시간 0.3 초, 보압시간 1 초, 냉각시간 15 초로 설정하였다. 사출성형 실험 진행 시 사용한 금형은 Fig. 4(c)에 성형품의 크기를 보인 바와 같고 두께 1 mm 의 패턴이 없는 도광

관 금형을 사용하였으며 Fig. 4(d)에 성형품의 사진을 보였다. 전력 측정은 위와 같은 성형조건으로 2 시간 동안 성형실험을 진행하면서 측정하였다.

### 3.2 성형 재현성 평가

성형 재현성의 평가는 두 가지 부분으로 나누어서 진행하였다. 그 첫번째가 성형 실험시 사출성형기에 기록된 생산기록의 쿠션위치 데이터분석을 통한 사출성형기 자체의 성형 재현성 평가이고, 둘째가 성형품의 성형 재현성으로 성형 실험시 성형조건을 안정화 후(성형시작 30 분 후의 무작위 추출한 30 개의 샘플)성형된 성형품의 무게 측정과 육안식별을 통한 불량 판별로 성형 재현성을 평가하였다.

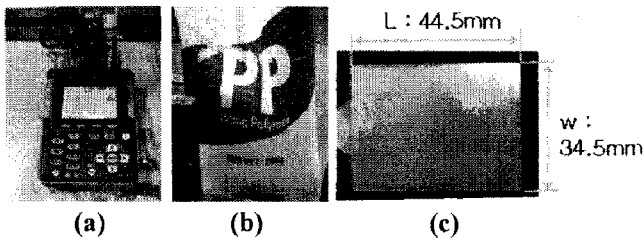


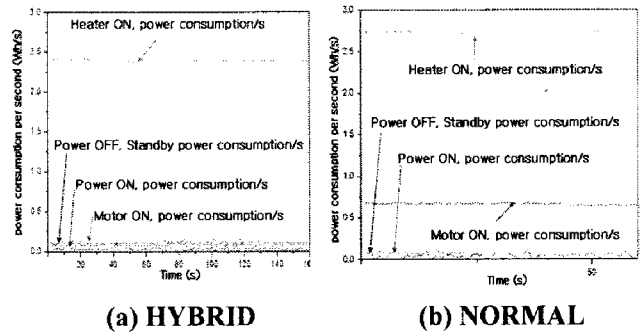
Fig. 4 (a) KEW 6310, (b) Polypropylene, (c) LGP size (d) molded LGP.

## 4. 결과

### 4.1 고효율 HYBRID 사출 성형기와 일반 유압사출기의 소비전력특성 비교

고효율 hybrid 사출성형기의 전체적인 소비전력량을 측정하기 위한 소비전력특성을 측정하고 측정 결과를 Fig. 5 에 도시하였다.

Fig. 5(a)와 (b)를 비교해 보면 고효율 hybrid 사출성형기의 경우 구동부에서 서보모터에 의한 사관각 조절로 사출이나 형체력 형성 등의 유압 발생시에만 사용유량을 제어하기 때문에 모터를 켜놓더라도 실제 사출이 진행되지 않으면 전력이 소비되지 않는 것을 확인할 수 있었다.



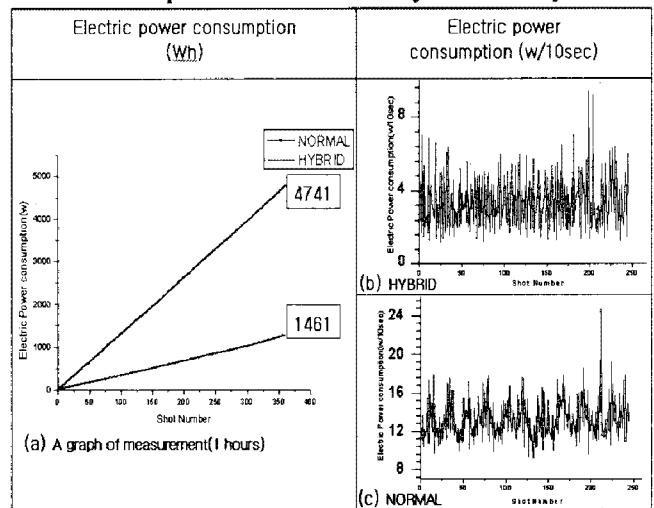
(a) HYBRID (b) NORMAL  
Fig. 5 Electric Power consumption characteristic of each Injection machines.

### 4.2 고효율 HYBRID 사출 성형기와 일반 유압사출기의 전력소모량 측정 결과

고효율 hybrid 사출성형기의 에너지 절감효과를 확인하기 위해 일반 유압식 사출성형기와 함께 앞에서 설정한 성형조건으로 성형을 진행하면서 측정된 전력 측정 결과를 Fig. 6 와 Table 2 에 나타내었다.

Fig. 6 Comparison of between hybrid and hydraulic molding machines.

Table 2 Comparison of between hybrid and hydraulic



### molding machines Power Consumption

	Power Consumption (Wh)
HYBRID	3654
NORMAL	9508

Fig. 6의 (a)는 두 타입의 사출기 모두 소비전력이 선형적으로 소모됨을 보여주는 결과이며, 10 초당 소비전력량((b)와(c))을 보게 되면 hybrid 사출성형기의 경우 약 3~5 Wh/10 초 일반유압식 사출성형기의 경우 12~14 Wh /10 초 정도로 10 초당 소비전력량의 차이가 3 배 정도임을 알 수 있다. 최종 결과인 Table 2 에서는 유압식 사출성형기의 전력 소모량을 100% 라고 두었을 때 hybrid 사출성형기의 경우 38.4% 수준으로 에너지 절감효과(약 62% 절감)가 뛰어남을 알 수 있다.

#### 4.3 고효율 HYBRID 사출 성형기와 일반 유압사출기의 성형 재현성 평가 결과

고효율 hybrid 사출성형기의 성형기 자체 성형 재현성 평가를 위한 생산기록 중 쿠션위치의 변화를 Fig. 7(a)에 도시 하였는데 설정 위치(1 mm)와 실제 위치 변화량이  $\pm 0.1$  mm 이내 임을 알 수 있다. 또한 성형품의 성형 재현성 평가의 결과를 위한 각각의 사출성형기 성형품의 무게 측정 결과를 Fig. 8 에 나타내었는데 평균값이 각각 hybrid Type 은 3.828 g, NORMAL Type 은 3.827 g 으로 편차율이 0.02%로 오차범위내 이며 각각의 편차는 그래프와 같다. 성형성 확인을 위한 육안식별 평가로 두 가지 타입의 사출성형기에서 성형된 성형품을 비교하여 Fig. 7(b)에 나타내었다.

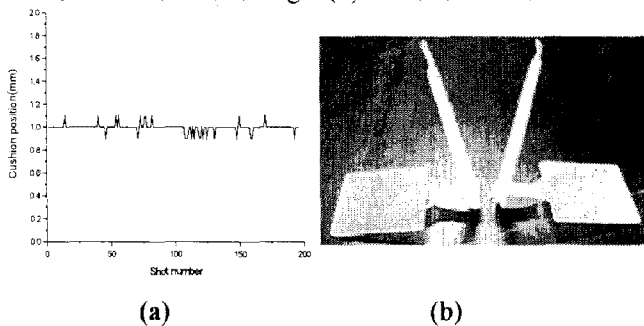


Fig. 7 (a) Cushion position of High efficiency HYBRID Injection machines

(b) Molded products from two methods

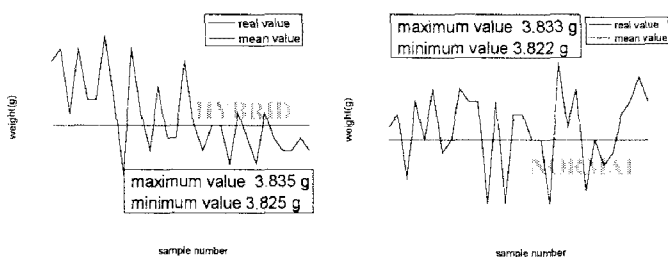


Fig. 8 value of measurement

## 5. 결론

본 실험에서는 고효율 hybrid 사출성형기의 에너지 절감 확인과 성형 재현성을 확인하기 위하여 동일한 사양(110ton)의 유압식 사출성형기를 이용하여 비교 실험을 실시하여 아래와 같은 결과를 얻게 되었다.

1) 고효율 hybrid 사출성형기의 경우 일반 유압식 사출성형기와는 다르게 구동부에서 서보모터의 정밀한 사판각 제어로 사용유량만을 제어하여 공급하기 때문에 유압을 사용하지 않는 대기전력 상태에서 불필요한 유압의 형성이 줄어들게 되어 소비전력량이 Table 2 의 결과에서 볼 수 있듯이 유압식 사출성형기에 비해서 현저하게 줄어드는 결과(약 62%절감)를 얻게 되었다.

2) 고효율 hybrid 사출성형기의 성형 재현성의 경우 설정한 쿠션의 위치(1mm)에  $\pm 0.1$ mm 의 미세한 오차를 가짐을 알 수 있었고, 성형품의 무게 측정결과 hybrid 타입과 유압식의 타입에서 성형된 성형품의 최소값과 최대값의 편차는 각각 0.01g, 0.011g 으로 평균값(3.828g, 3.827g)과의 편차율이 0.26%, 0.28% 의 결과를 얻게 되었고, 평균값에서의 두 사출기 간의 차이는 오차 범위라는 결과(0.02%의 편차율)를 얻게 되어, hybrid 사출성형기의 성형 재현성을 확인 할 수 있었다.

## 후 기

본 연구는 “초박형 광학부품용 고속사출성형기 부품기술 모니터링 시스템기술지원” 및 “Direct Writing 기법을 이용한 미소부품 제조기술개발” 과제지원으로 진행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 안태호, 2005, 회전수 조절형 사출성형기 유압 장치, 특허청, 특허번호 제 0509380 호 pp. 1~6.
- [2] K. K. Ahn, 2005, A Study on the Energy Saving Hydraulic Control System Using Hydraulic Pump/Motor, 유공압시스템학회지, 제 2 권, 제 2 호, pp 8~12