

# 밀링 머신의 가공조건에 따른 에너지 모델

## Energy Model Varied by Cutting Condition on Milling Machine

\*김민수<sup>1</sup>, #안성훈<sup>1,2</sup>, 윤해성<sup>1</sup>, 이장엽<sup>1</sup>, 조정훈<sup>3</sup>, 원재윤<sup>3</sup>

\*M. S. Kim<sup>1</sup>, #S. H. Ahn(ahnsh@snu.ac.kr)<sup>1,2</sup>, H. S. Yoon<sup>1</sup>, J. Y. Lee<sup>1</sup>, J. H. Cho<sup>3</sup>, J. Y. Won<sup>3</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 기계항공공학부 <sup>2</sup>서울대학교 정밀기계설계공동연구소 <sup>3</sup>현대위아주식회사

Key words : Cutting Condition, Energy Consumption, Energy Model, Milling Machine

### 1. 서론

전세계적으로 환경에 대한 관심이 날로 증대되며, 에너지 저감에 대한 요구 또한 더불어 증가하였다. 에너지 소비에 대한 ISO 표준 규격이 제정되는 한편, 미국에서는 연방 에너지규제위원회(Federal Energy Regulation Commision: FERC)가 2005년 제정된 에너지 정책법을 바탕으로 자국 내 에너지 시장을 모니터링하고 조사하는 작업을 수행하고 있다.

2012년 에너지관리공단의 에너지 통계 핸드북에 따르면, 우리나라는 2010년 기준으로 산업분야에서 발전에너지의 59.4%를 소비한다. [1] 기계 가공 산업 또한 산업분야의 한 축인 만큼 에너지 소비를 저감할 필요성이 있다.

가공 기계 중 하나인 밀링 머신의 경우, Fig. 1과 같은 에너지 소비 분포를 보인다.[2] 가공 시 소비되는 에너지는 크게 머시닝 조건이 변함에 따라 변동되는 것과 아닌 것, 두 종류로 분류할 수 있다. 이 때, 가공조건에 따라 변하는 에너지를 조절하여 기구적 변경 없이 비교적 쉽게 에너지 저감 효과를 기대할 수 있다.[3]

본 연구에서는 밀링 머신 중 대중적으로 사용되는 범용기에 대하여, 스피들 회전속도, Feed, Depth of Cut(DOC)의 3가지 가공 조건을 변수로 하여 가공에 소모되는 에너지를 모델링한다. 또한 이를 바탕으로 주요한 요소가 무엇인지 분석한다.

### 2. 실험 장비 셋업

가공 장비는 Hyundai WIA의 VX 400을 이용한다. 공구는 직경 3mm인 Flat-end mill tool(R216.24-03050ACC05P 1640, SANDVIK)을 사용하고, S45C를 가공한다. 가공 경로는 직선으로 slot가공을 3회 반복한다. 실험은 마모가 적은 공구를 사용한다.

기계의 강전반에 전력량계(PAC3200, SENTRON)를 설치하여, 전체 소비 에너지를 추적하고, 가속도계를 모체에 부착하여, 가공이 시작되는 시점을 알아내는 용도로 사용한다. 데이터를 수집하는 방식은 Fig. 2와 같다.

실험 조건은 Table 1의 세 수준을 바탕으로 Box-Behnken법을 이용하여 구성하였고, 3회의 반복실험을 수행하였다.

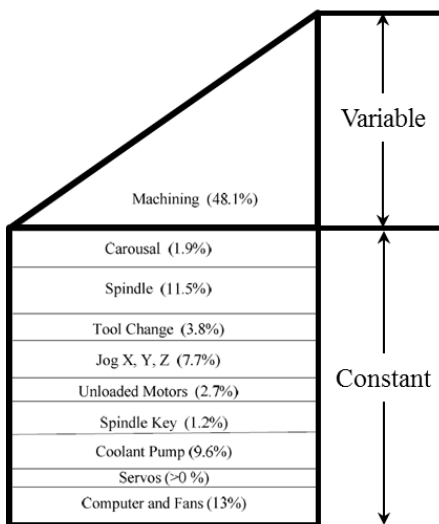


Fig. 1 Energy Consumption Chart for a Milling Process [2]

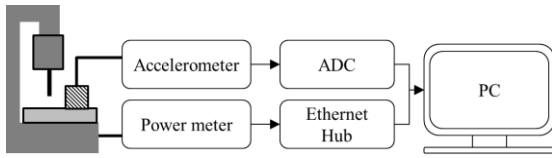


Fig. 2 Experiment set-up

Table 1 Machining condition by level

Level	-1	0	1
Spindle (RPM)	4000	6000	8000
Feed (mm/min)	377	580	774
Depth of Cut (mm)	0.4	0.7	1.0

### 3. 실험 결과

위에서 언급한 조건에 따라 실험한 결과를 바탕으로, 밀링 머신이 가공 전 사용하는 에너지와 가공 중 사용하는 에너지의 차를 이용하여 절삭 에너지를 구하였다. 절삭 에너지란 절삭 시에만 사용되는 에너지를 의미한다. 이를 각 변수에 따라 모델링 한 결과, 2 차 모델이 도출되었다.

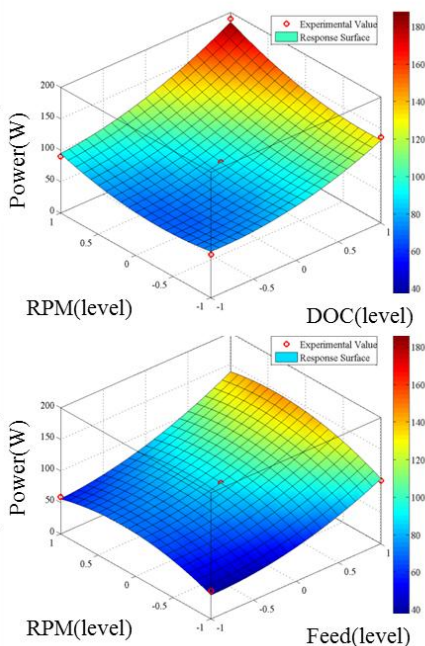


Fig. 3 Consumption power in (a) RPM and DOC (b) RPM and Feed (Depending on the level)

이 모델을 각 변수가 0 인 level 을 기준으로 그래프로 나타내면 Fig. 3 과 같다. 그래프에서 알 수 있듯이, Feed 가 일정할 때, DOC 과 RPM 이 증가함에 따라 절삭 에너지가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 또한 같은 DOC 에서는 Feed 가 증가할수록, 절삭 에너지가 상승함을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 연구에서는 범용기로 사용되는 밀링 머신을 대상으로 에너지 소모량을 측정하고, 이를 이용하여 에너지 소모 2 차 모델을 제시하였다.

이를 이용하면, 각 가공 조건에서의 에너지 소모를 예측할 수 있고 에너지 소모가 적은 가공 조건을 찾을 수 있다.

### 후기

본 연구는 2012 년도 정부(지식경제부)의 재원으로 한국생산기술연구원 (No. 2010-TD-700203-001), 현대엔지니어링의 지원과 현대위아(주)의 도움으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 에너지 통계 핸드북, 에너지관리공단, 2012
2. Deshpande, Amit, John Snyder, and Dan Scherrer. "Feature level energy assessments for discrete part manufacturing." 39th Annual SME North American Manufacturing Research Conference (NAMRC). 2011.
3. Vijayaraghavan, Athulan, and David Dornfeld. "Automated energy monitoring of machine tools." CIRP Annals-Manufacturing Technology 59.1 (2010): 21-24.