

에너지 저감 관점에서의 공작기계 친환경 기술 동향 Trends of Eco-Technology for Machine Tool in Energy Reduction

*#김형중¹, 최재성¹, 우일¹, 현용탁¹

*#H. J. Kim(hyungjung.kim@doosan.com)¹, J. S. Choi¹, I. Woo¹, and Y. T. Hyun¹

¹두산인프라코어 기술본부

Key words : Machine Tools, Eco-Technology, Energy Reduction

1. 서론

세계적으로 지속되는 자연 자원의 고갈로 인해, 에너지를 사용하기 위한 경제적인 부담은 생필품의 비용 증가보다 더 빠르게 증가하고 있다[1]. 또한, 에너지 소비 수요에 따른 에너지의 발전은 이산화탄소 배출(carbon dioxide emission)과 기후변화(climate change)에 주 요인 중 하나로 지적되고 있다. 그 결과 기후변화협약(climate change convention)에서는 이산화탄소 배출을 세계적으로 규제하기 시작했으며, 제조업에서도 이로 인한 에너지 소비 저감(energy consumption reduction)에 대한 필요성이 증가하고 있다.

본 논문에서는 공작기계(machine tool)의 에너지 소비 저감을 위한 최근의 기술 동향에 대해서 기술하였다.

2. 공작기계의 에너지 소비

터닝(turning), 밀링(milling) 등에 사용되는 공작기계의 환경 영향(environmental impact)에 대한 연구들에서 대부분의 환경 영향이 전기 에너지 소비에서 기인하는 것으로 확인이 되었다[1]. 따라서, 공작기계의 전기 에너지 소비를 저감하는 것은 운영 측면에서의 비용뿐만 아니라 환경 영향을 감소시키는 효과를 갖는다. 공작기계의 에너지 소비는 크게 세가지 상태로 구분된다[2]: 유희상태(idle mode), 실행상태(run-time mode), 가공상태(production mode). 에너지 소비 저감을 위해서는 이러한 소비 상태에서 각 부품의 기능과 공정 조건에 대한 종합적인 지식이 필요하다. 다음 절에서는 에너지 저감을 위한 요소 기술들에 대해서 정리하였다.

3. 공작기계 에너지 소비 저감 기술 동향

공작기계는 기계구조부와 전기적 구동 부품들이 합쳐진 조립품으로서 에너지 소비 저감을 위해서는 개별 부품에 대한 에너지 저감뿐만 아니라 공작기계의 운영 및 가공 방법, 에너지 소비 특성 자체에 달성할 수 있는 에너지 소비 저감을 고려할 수 있다. Table 1 은 에너지 소비 저감 기술을 각 분류별로 보여준다[3].

Table 1 Eco-Technology for machine tool

| Main category | Sub item |
|---------------|--|
| 규제 및 표준 | Eco-design directive, ISO 14995-1, ISO 50001, CE 마크, Eco-machine 인증 제도(일본) |
| 가공 기술 | 건식 가공, 냉풍/질소 원용 가공, 미스트/MQL 가공, 레이저 보조 가공 |
| 부품 기술 | 고효율 스피들/모터, 에코 절삭유, 칩 분쇄, 에너지 저장 및 재활용 |
| 최적 설계 기술 | 열 변형 저감 구조, 경량화, 유압 리스화, 설치 공간 절약 |
| 운영 기술 | 주 전원/사용자 화면 및 작업등/칩 컨베이어/유압 펌프 등 관리 |
| 예측 및 최적화 | 에너지 소비 모니터링/분석/예측 및 최적화 |

3.1 규제 및 표준

교토 의정서(Kyoto Protocol)와 같은 기후 변화 협약에 의해 이산화탄소 배출 및 에너지 사용에 대한 각종 기술규제들의 도입이 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 유럽, 일본,

미국 등을 중심으로 공작기계에 대한 에너지 효율 인증제도를 도입하여 공작기계의 에너지 소비 저감에 대한 기술개발을 유도하고 있다. 대표적인 예로 에코디자인 지침(Eco-design directive), ISO 14995-1/50001 등이 있다.

3.2 가공 기술

가공 기술 측면에서의 에너지 소비 저감 방안은 작업 환경을 개선함과 동시에 에너지를 절감하는 방향으로 개발되어 왔으며, 특히 기존에 사용되던 절삭유의 단점을 보완하는 대체 기술에 대해 주로 연구되었다. 절삭유(coolant) 사용을 줄이거나 완전히 배제하는 건식 가공, 냉풍 가공, 질소 원용 가공(cryogenic machining), MQL(Minimum Quantity Lubrication) 가공과 레이저 보조 가공(Laser-Assisted Machining, LAM)이 이에 해당된다.

3.3 부품 기술

공작기계의 구성 요소 중에 에너지 사용 비중이 큰 스핀들, 서보 모터, 쿨런트, 유압 장치와 기타 부품들에 대한 고효율 기술 개발이 MTB(Machine Tool Builder) 및 부품업체를 중심으로 활발하게 이루어지고 있다. 고효율 모터, 친환경 절삭유, 모터 에너지 회생 및 저장 기술, 칩 분쇄 기술 등이 소개되고 있다.

3.4 최적 설계 기술

구조해석을 통해 공작기계 고유의 기능과 함께, 제품 수명 주기 내에 다양한 사용 환경 및 운전 조건에 대응하여 에너지 소비 및 환경 오염 발생을 절감할 수 있는 기술들이 연구 및 개발 되고 있다. Okuma 사의 Genos, DMG/Mori-Seiki 사의 Eco 시리즈, X class 등이 있다.

3.5 운영 기술

공작기계의 사용 전력량은 가공부뿐만 아니라 보조 유닛 및 대기상태의 소비 전력량의 비중이 크다. 따라서, 기본 작동 전력과 부대 장치의 전력 소비를 줄이는 것이 중요하게 다뤄지고 있다. DMG 사의 Energy

Save kit, Siemens 사의 PROFlenergy, Mazak 사의 고효율 LED 등의 사례가 있다.

3.6 예측 및 최적화 기술

에너지 소비량을 분석, 예측하여 최적화 하기 위한 연구 및 기술 개발이 활발하게 이뤄지고 있다. 특히, 에너지 저감에 있어서 사전 예방측면의 접근으로 제품의 통합적인 전력사용 관리에 대한 사례가 나타나고 있다. Siemens 사의 SIMATIC Powerrate, Rexroth 사의 Energy System Design 등이 에너지 소비의 모니터링과 분석 솔루션으로 소개되었다.

4. 결론

공작기계의 에너지 소비 저감을 통한 효율 향상은 다양한 부품들의 특성뿐만 아니라 이들의 통합적인 최적화 관점에서 달성이 가능하다. 최근의 에너지 소비 저감 기술들은 적용 대상에 있어 개별 부품 및 공정에서 공작기계 및 전사용 주기로 확대되고 있다. 또한 방법적인 측면에 있어 사후 관리보다 사전 예방 측면이 강조되고 있다. 이러한 동향을 바탕으로 새로운 공작기계뿐만 아니라 기존의 공작기계들을 아우를 수 있는 효과적인 에너지 저감 전략의 개발은 필수적이다.

참고문헌

1. Kara, S. and Li, W., and Min, S., "Unit process energy consumption models for material removal processes," *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, **60**, 37-40, 2011.
2. Behrendt, T., Zein, A., and Min, S., "Development of an energy consumption monitoring procedure for machine tools," *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, **61**, 43-46, 2012.
3. 김형중, 최재성, 우일, 현용탁, "공작기계 친환경 에너지 저감 기술 동향," 두산 인프라코어 기술조사보고서, 2012.