

밀링 가공 중 절삭력의 진동

Vibration of Cutting Forces during Milling Machining

전 재 현* · 홍 중 한* · 김 진 오†

Jae Hyeon Jeon*, Jong Han Hong* and Jin Oh Kim†

1. 서 론

기술의 융합에 의해 새로운 기술이 출현하는 추세에서, 기계기술과 IT(정보통신)기술의 융합이 시도되고 있다. 그러한 노력의 일환으로 'M2M기반 지능형 자율생산기계 연구'를 진행하고 있다. 이는 machine-to-machine 통신기술을 생산기계에 적용하는 내용이다⁽¹⁾.

이때 필요한 모니터링 기술서로 가공 공정에서 발생하는 동적 절삭력을 측정하여 가공 상태를 파악하고자 한다⁽²⁾. 본 논문은 밀링 가공에서 발생하는 절삭력 진동과 가공 파라미터의 관계를 실험을 통해 확인한다.

2. 절삭력 진동의 이론적 배경

2.1 가공 파라미터

밀링 가공에서 파라미터는 가공 공구와 피삭재의 재질, 공구와 피삭재가 이루는 각도에 의해 결정된다. 단위면적당 절삭력인 비절삭력은 다음과 같다⁽³⁾.

$$P_s = K_\alpha K_\phi P_{s0} \quad (1)$$

여기서 K_α 는 칩과 공구 사이의 경계각(α) 계수, K_ϕ 는 피삭재의 취부각(ϕ) 계수, P_{s0} 는 $\alpha=0^\circ$, $\phi=90^\circ$ 일 때의 비절삭력(kgf/mm^2)으로 피삭재, 이송 속도, 절삭 깊이로 정해지는 계수이다. 이 계수들은 경험식에 의하여 결정된다.

절삭력은 비절삭력에 절삭단면적을 곱하여 kgf 단위로 다음과 같이 나타낸다⁽³⁾.

$$P_t = P_s \times f_t \sin \theta \times t \quad (2)$$

여기서 f_t 는 1날당 이송 거리, θ 는 날 끝의 회전각, t 는 절삭 깊이이다.

2.2 동적 절삭력

식 (1)과 식 (2)에 의하여 계산되는 가공 절삭력은 정적이다. 실제 절삭 시에는 절삭력이 변화한다. 정적 절삭력을 기준으로 진동하는 절삭력 성분을 동적 절삭력으로 나타낸다.

절삭력의 진동은 대개 절삭 상태의 변화와 공구 형상에 때문에 발생한다. 절삭 상태는 피삭재의 재질에 영향을 크게 받으며, 스피들의 회전 속도, 피삭재의 이송 속도, 절삭 깊이에 따라 변화한다.

3. 절삭력 진동 측정

3.1 측정 장치

실험 장치를 Fig. 1에 개략도로 보인 바와 같이 두 부분으로 구성하였다. 즉, 밀링머신의 회전 속도를 측정하는 부분과 피삭재로 전달되는 동적 절삭력을 측정하는 부분이다. 회전 속도를 측정하는 Tachometer는 Sampo사의 DT6234B모형을 사용하였다. 밀링 머신에 사용된 공구는 2F-코팅 엔드밀(YG-1, SG8A01010)로 직경이 1mm 인 2날 평 엔드밀이다. 피삭재(Cu, 99.3%)로 전달되는 동적 절삭력을 힘 센서(PCB, M2201B01)로 측정하고 신호 처리를 통해 변화하는 힘의 크기와 동적 절삭력의 진동수를 확인하였다.

2.2절에서 설명한 동적 절삭력과 가공 파라미터의 관계를 파악하고자 회전 속도, 이송 속도, 절삭 깊이를 5단계로 구분하여 실험하였다. 이때 절삭 방향은 힘 센서를 압축하는 방향으로 하고, 정확한 실험을 위해 평 엔드밀을 활용하여 평면 가공을 한 후 실험을 실시하였다.

† 교신저자; 정회원, 숭실대학교 공과대학 기계공학과
E-mail : jokim@ssu.ac.kr

Tel : (02) 820-0662, Fax : (02) 820-0668

* 정회원, 숭실대학교 대학원 기계공학과

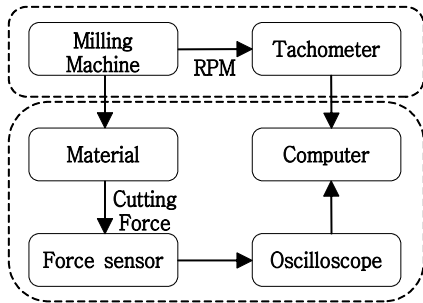


Fig. 1 Block diagram of experimental set-up

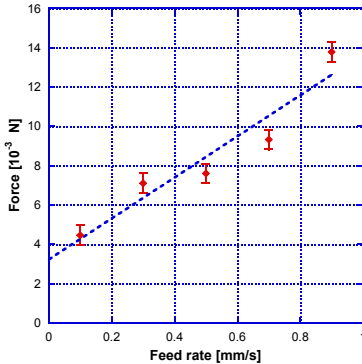


Fig. 2 Dynamic cutting-forces measured at specific feed-rates with fixed cutting-depth 70 μ m

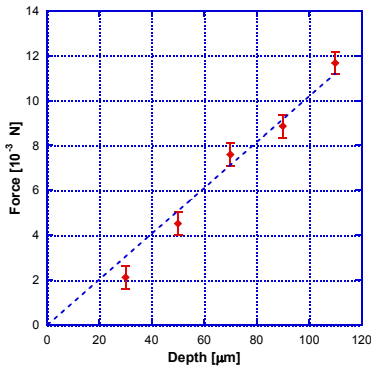


Fig. 3 Dynamic cutting-forces measure at specific cutting-depth with fixed feed-rate 0.5 mm/s

3.2 측정 결과

힘 센서에서 측정된 결과를 신호 처리하여 동적 절삭력과 각 파라미터와의 관계를 Figs. 2~3에 나타내었다. 점선은 측정 데이터를 직선 맞춤하여 나타낸 것이다. Table 1에서 동적 절삭력의 진동수는 회전 속도에 해당하는 진동수의 2배에 해당된다. 이는 2날 엔드밀의 특성으로 한 번 회전 동안 두 번의 절삭력이 가해지기 때문이다.

Table 1 Fundamental frequency and force magnitude of dynamic cutting-forces

Rotating speed (RPM)	Cutting force	
	Frequency (Hz)	Force (10^{-3} N)
1800	60	5.48
2400	80	6.88
3000	100	7.60
3600	120	7.97
4200	140	2.86

Figs. 2~3을 통해 동적 절삭력의 크기는 이송 속도와 절삭 깊이가 증가함에 따라 선형적으로 증가하는 경향을 확인하였다.

4. 결론

밀링 가공에서 동적 절삭력은 이송 속도와 절삭 깊이에 선형적으로 비례하고, 동적 절삭력의 진동수는 회전 속도와 날의 개수에 비례함을 확인하였다. 이러한 분석 결과로부터, 가공 공정에서 발생하는 동적 절삭력을 예측하고 이를 통해 가공 상태를 확인 가공 공정 모니터링 기술에 적용할 수 있다.

후 기

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 "IT융합 고급인력과정 지원사업"의 지원으로 수행되었음 (NIPA-2012-C6150-1101-0004).

참고문헌

- (1) Kim, B. H., Ahn, H.-J., Kim, J. O., Yoo, M., Cho, K. J., Choi, D. S., 2010, "Application of M2M technology to manufacturing systems," Proceedings of ICTC 2010, pp. 519-520.
- (2) 전재현, 홍종환, 정순일, 조래준, 오세환, 박春光, 김진오, 유명식, 2011, "IT융합 지능형 자율생산 기계 연구를 위한 진동센서 활용", 한국소음진동공학회 2011 춘계학술대회 논문집, pp. 714-715.
- (3) 노상래, 유원일, 2007, 최신 기계공작법, 북두출판사, pp. 202-210.