

OMM을 이용한 평면 가공면의 오차 원인 분석 Analysis of Error Source on Machined Surface using OMM

*박성필¹, 김대형², #양승환¹

*S. R. PARK¹, T. H. KIM², #S. H. YANG(syang@knu.ac.kr)¹

¹경북대학교 기계공학부, ²두산인프라코어 주식회사

Key words : Machining error, Machined surface, OMM

1. 서론

최근 공작기계의 초정밀 및 대면적화에 대한 요구가 증가하고 있다. 하지만 기하학적 오차 및 가공오차 등에 의해 초정밀 및 대면적화의 구현에는 한계가 있다. 그러므로 오차 요인의 분석 및 제거는 필수적이다. 이러한 오차 요인 중 공작기계 자체 오차인 기하학적 오차에 대한 연구는 많이 이루어졌다.¹ 또한 열 및 동적 오차에 대한 연구도 수행된 바 있다.²⁻³ 하지만 가공면의 형상오차에 영향을 주는 오차 요인의 분석에 대한 통합적 연구는 미비하다.

본 연구는 가공면의 형상오차에 영향을 주는 요인을 분석하는데 목적을 두고 있다. 형상오차는 가공하는 순간 가공조건 및 환경에 의해 형성된다. 이러한 가공조건 및 환경 중에 가공 위치에는 독립적이지만 가공이 이루어지는 동안 변하는 요인에 대한 영향을 분석하고자 한다. 이렇게 형상오차에 영향을 주는 요인을 정략적으로 분석하여 지배적인 오차 요인을 선정하는 기준을 제시함으로써 형상오차 원인의 효율적인 제거가 가능하다.

2. 형상오차 요인 분류 및 분석 방법

먼저 가공면의 형상오차에 영향을 주는 요인을 분석하기 위해서 각 요인을 분류할 필요가 있다. 이러한 요인에는 많은 요소가 있지만 크게 4개의 영역으로 분류할 수 있으며 표1과 같다. 표1에서는 오차 요인이 (1) 가공 위치(Position)와 (2) 시간(Time)의 변화에 영향을 받는지에 따라 그 기준을 두어 분류하였으며 Group A1은 PDTI(Position Dependent and Time Independent)한 그룹, Group A2는 PDTD(Position Dependent and Time Dependent)한 그룹, Group B1은 PITI(Position Independent and Time Independent)한 그룹 및 Group

B2는 PITD(Position Independent and Time Dependent)한 그룹이다.

가공면의 형상오차는 가공 시점에서의 상태, 즉 표1에서 분석한 요인들에 의해 정해진다. 이러한 요인들로 인해 목표로 하고 있는 형상정밀도를 달성하지 못했을 경우 지배적으로 영향을 미치는 요인을 찾아 제거할 필요가 있다. 여기서 Group A1은 기하학적 오차가 주된 요소로 이는 3D 오차맵⁴을 이용하여 형상오차에 주는 영향의 추정이 가능하다. Group A2는 가공 위치에 따라 가공 깊이의 변화가 주된 요소로 황삭을 통하여 이에 대한 영향을 최소화 할 수 있다. Group B1은 가공 조건의 공칭값으로 최적의 가공 조건을 찾는 연구는 많이 이루어졌다. 마지막으로 Group B2는 본 연구에서 분석하고자 하는 오차 요인으로 아래에 분석 방법을 제시한다.

Group B2에 의해 형성되는 가공면의 형상 오차는 제어 불가능한 요소로 그 영향이 크기에 따라 목표로 하고 있는 가공면의 형상 정밀도를 달성하지 못하기도 한다. Group B2의 영향을 분석하기 위해 측정 데이터에서 Group A1, A2 및 B1의 영향을 분리해야 한다. 먼저 OMM을 이용하여 가공면을 측정하게 되면 Group A1에 의한 영향은 분리된다.⁵ Group A2는 황삭의 과정을 거쳐 가공 위치마다 동일한 가공 깊이를 구현 할 수 있다. Group B1 요인에 의해 나타나는 형상오차는 그 크기가 일정하게 발생하므로 측정 데이터의 평균으로 제거 가능하다. 이렇게 Group B2의 영향만 남은 형상

Table 1 Classification of error source

Group A1	기하학적 오차 등
Group A2	가공 깊이 변화 등
Group B1	가공 깊이, 스핀들 회전 속도 등
Group B2	온도 변화, 진동, 스핀들 회전 속도 변화 등

Table 2 Machining conditions

Material	AL6061
Spindle speed	2000 rpm
Feedrate	100 mm/min
Depth of cut	100 μm
Coolant	None
Tool	ϕ 12 flat endmill

오차 데이터에 대해 통계적인 방법을 이용하면 Group B2 요인의 영향이 정략적으로 파악된다.

3. 가공 실험 및 측정 방법

가공은 3축 공작기계를 이용하였으며 평면 가공을 하였다.⁵ 가공면의 측정은 앞서 언급한 바와 같이 기하학적 오차의 영향에 의해 생기는 가공면의 형상오차를 분리하기 위해 OMM 시스템을 이용하였으며 캡센서를 이용하여 구성하였다.⁶ 여기서 기하학적 오차의 정확한 분리를 위해서 (1) 캡센서의 측정 지점과 (2) 측정 과정에서 생기는 열오차를 고려해야 한다. 본 연구에서 사용한 공구(평엔드밀) 끝단의 형상은 가공면의 형상오차에 영향을 주는 요인으로 가공경로 상에 측정 지점을 두어 이러한 영향의 제거가 가능하다. 또한 측정 과정에서 생기는 열오차는 측정 경로를 정 및 역방향으로 측정하여 이를 평균함으로써 최소화 할 수 있다.

표3은 OMM으로 측정된 데이터에서 Group B1의 영향을 제거한 데이터이다.⁵ 이 데이터를 이용하여 표준편차를 구하면 $\sigma = 0.454 \mu\text{m}$ 가 된다. 이 통계량을 이용하여 $(1-\alpha) \times 100$ %의 신뢰도로 Group B2 요인에 의한 형상오차의 범위를 구하면 식(1)와 같다.

$$d = 2z_{\alpha}\sigma \tag{1}$$

실험 데이터를 이용하여 주오차 요인을 분석하면 α 가 0.05일 경우 95%의 신뢰도를 가지며 1.783

Table 3 Measured data of surface (Unit: μm)

Index	C1	C2	C3	C4	C5	C6
R1	-0.801	-0.730	-0.425	0.150	0.106	-0.004
R2	-0.590	-0.775	-0.439	0.265	0.064	0.206
R3	-0.524	-0.647	-0.340	0.338	0.278	0.239
R4	-0.191	-0.247	-0.029	0.760	0.539	0.431
R5	0.070	-0.270	-0.178	0.886	0.502	0.569
R6	-0.142	-0.358	-0.071	0.601	0.442	0.311

μm 범위로 Group B2 (온도 변화 및 진동 등) 요인이 형상오차에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 기하학적 오차의 영향에 의해 생성되는 가공 형상은 3D 오차맵⁴을 통하여 예측되는데 이에 대한 크기를 앞서 구한 1.783 μm 와 비교하면 형상오차에 영향을 주는 주요인을 파악할 수 있다.

4. 결론

가공면의 형상오차에 영향을 주는 가공조건 및 환경 중에 가공 위치에는 영향을 받지 않지만 가공이 진행되는 동안 영향을 받는 조건에 대하여 분석하는 방법을 제시하였다. 본 연구에서는 평면 가공을 하였으며 OMM을 이용하여 측정하였다. 분석 결과 가공면의 형상오차에 95%의 신뢰도로 1.783 μm 의 영향을 미쳤다.

후기

본 연구는 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단(No. 2010-0018890)과 지식경제부가 주관하는 전략기술개발사업의 지원으로 진행되었으며 지원 기관에 감사드립니다.

참고문헌

1. 권성환, 이동목, 박성령, 양승한, "5축 공작기계의 기하학적 오차 보정에 관한 연구," 한국정밀공학회 2009년도 추계학술대회 논문집, 577-578, 2009.
2. 황석현, 이진현, 양승한, "CNC 공작기계에서 열 변형 오차 보정 시스템의 고장진단 및 복구," 한국정밀공학회지, 17(4), 135-141, 2000.
3. 박성령, 권성환, 양승한, "기하학적 오차를 고려한 서보 게인 불일치 보정: 시뮬레이션," 한국정밀공학회 2010년도 춘계학술대회 논문집, 127-128, 2010.
4. 박성령, 양승한, 김태형, "초정밀 미세 형상 가공기의 체적 오차 맵 생성 알고리즘 구현," 한국정밀공학회 2009년도 춘계학술대회 논문집, 1037-1038, 2009.
5. 박성령, 양승한, 김태형, "가공면에서의 가공 오차 분석 및 평가," 한국정밀공학회 2010년도 춘계학술대회 논문집, 473-474, 2010.
6. 박성령, 양승한, "기하학적 오차를 제외한 가공면의 오차 측정 방법," 한국정밀공학회 2009년도 추계학술대회 논문집, 579-580, 2009.