

임펠러 표면조도에 미치는 공구경로 및 자세의 영향

The Effect of Surface Roughness of Impeller by Tool Path and Posture

*오지영¹, 황종대², 정현철³, 박기범⁴, #정윤교⁵

*J. Y. Oh¹, J. D. Hwang², H. C. Jung³, K. B. Park⁴, # Y. G. Jung(ygjung@changwon.ac.kr)⁵

^{1,4} 창원대학교 대학원 기계공학과, ²창원대학교 TIC, ^{3,5} 창원대학교 기계공학과

Key words : 5-axis machining, Machining trajectory, Tool posture, Surface roughness

1. 서론

임펠러는 고속회전체로서 원심압축기를 비롯한 유체기계 내부에서 고속으로 회전하면서 유체에너지로 운동에너지로 변화시킨다. 특히 임펠러의 표면조도는 블레이드 사이를 통과하는 유체의 흐름에 영향을 주게 되므로 원활한 유동을 위하여 표면조도 개선은 필수적이다. 표면조도 개선을 위한 일반적인 절삭조건인 회전수, 이송속도, 절삭깊이 등에 관한 연구¹는 이미 연구된 바가 있으나 임펠러와 같은 5축가공품에 직접적인 영향을 미치는 가공경로나 공구자세 선정에 대한 연구는 드물다. 가공경로 및 공구자세에 대한 연구²는 수행된 바 있으나 본 연구와 같이 원심펌프용 임펠러에 관한 연구와는 차이가 있다. 원심펌프용 임펠러의 가공기술에 관한 연구³가 수행되었지만 다양한 공구경로 및 자세제어에 관한 연구는 아니었으며 임펠러에 대한 다양한 절삭조건과 공구자세에 관한 연구⁴가 수행되었으나 표면조도가 아닌 형상정밀도를 개선하기 위한 연구였다. 따라서 본 연구에서는 5축가공기를 이용하여 가공된 임펠러 표면조도를 개선하기 위하여 가공경로 및 공구자세를 실험적인 방법으로 찾고 가공 후의 표면거칠기를 비교하여 적절한 가공경로 및 공구자세를 결정하기 위한 기초자료를 마련하고자 하였다. 따라서 가공경로와 공구자세조건을 제시함으로써 임펠러의 표면조도를 개선하고자 하는데 본 연구의 목적이 있다.

2. 실험장치 및 조건

임펠러는 5축 가공으로 가공되는 5축가공품으로 70-eV 5축가공기(DMG, Germany, 최대회전수:30,000RPM)를 이용하여 가공하였다. 적용대상 임펠러는 6날 임펠러로 수력펌프에 사용되는 임펠러로서 고품질의 표면조도가 요구된다. Fig.1의 (a)는 적용대상 임펠러이고, (b)는 5축가공기를 이용하여 임펠러를 가공하는 모습이다.

각 실험에 적용된 절삭조건은 Table 1과 같고, 표면조도 측정에 이용된 표면조도계는 촉침식 표면조도계(SurfTest SU-600, Mitutoyo)이다. 표면조도 측정은 기초실험에서는 블레이드 면에 임의의 5부분을 지정하여 측정한 후 평균값을 구하고, 공구자세 조합실험에서는 각 경우의 공구자세로 Fig. 2에서 보여주는 바와 같이 해당 블레이드 표면을 허브와 인접한 부분(Hub region), 슈라우드와 인접한 부분(Shroud region) 및 중간영역 부분(Middle region)으로 나누고 각각의 부분에서 3부분씩 측정하여 평균값을 취하였다.

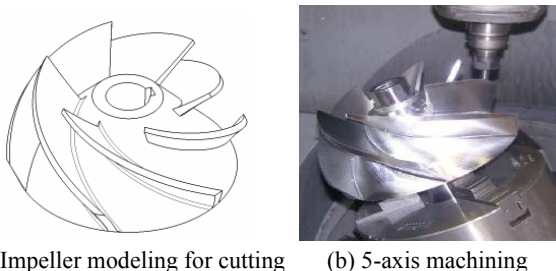


Fig. 1 5-axis NC machining for impeller

Table 1 Machining conditions

Process	Roughing	Semi-finishing	Finishing
Step over(mm)	8	1.5	0.15
Depth of cut(mm)	1	0.5	0.2
Feedrate (mm/min)	5,000	2,000	2,000
Cutter type	Φ 16 flat endmill	Φ 6 taper ball endmill	Φ 6 taper ball endmill
Rotational speed(RPM)	10,000	10,000	10,000
Workpiece	AL 6061		

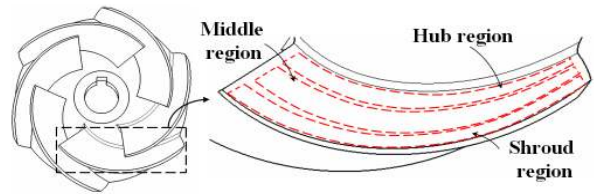


Fig. 2 Measuring region for surface roughness

3. 가공경로 및 공구자세의 선정

3.1 가공경로 선정

최적의 가공경로조건을 선정하기 위하여 임펠러의 6개 블레이드에서 각각 가공경로를 다르게 실험하였다. 가공경로는 Fig. 3과 같이 다른 경로로 하였다. 6가지의 경로는 가로방향, 양방향, 지그재그경로(Longitudinal Direction, Both way and Zig zag path, LDBZ), 가로방향, 한방향, 상향절삭(Longitudinal Direction, One way and Up cutting, LDOU), 가로방향, 한방향, 하향절삭(Longitudinal Direction, One way and Down cutting, LDOD), 세로방향, 양방향, 지그재그경로(Transverse Direction, Both way and Zig zag cutting, TDBZ), 세로방향, 한방향, 상향절삭(Transverse Direction, One way and Up cutting, TDOU), 세로방향, 한방향, 하향절삭(Transverse Direction, One way and Down cutting, TDOD)으로 생성하여 5축가공으로 블레이드를 가공하였다.

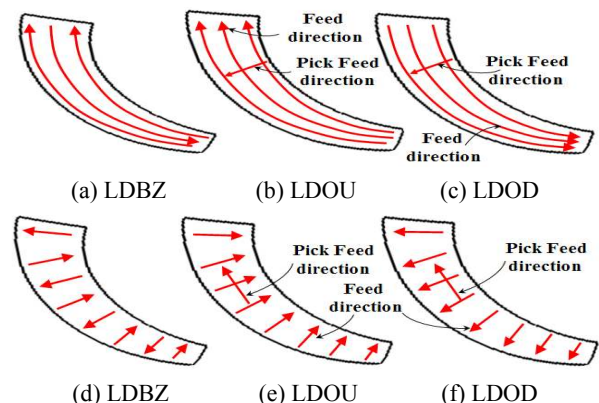


Fig. 3 Various tool path for deciding good machining trajectory type

가공된 블레이드에 표면조도를 측정한 결과 가장 양호한 표면 조도는 LDOD 경로로 가공하였을 때 $0.44\mu\text{m}$ 였다. 이에 비하여 가장 저하된 표면조도는 TDBZ 경로로 $0.7\mu\text{m}$ 의 값을 보였다. 이는 약 $0.25\mu\text{m}$ 정도 향상된 결과이다.

3.2 공구자세의 결정

가공경로의 선정실험에서 정의된 가공경로인 LDOD경로를 적용하여 공구자세를 결정하는 실험을 수행하였다. 공구자세의 결정 실험에서 리드각(Lead angle)과 틸트각(Tilt angle)은 Fig. 5에서 정의된 바와 같다. 즉 리드각은 공구가 피크피드 방향을 중심으로 하여 피드방향으로 기울어져 가공될 때의 경사각이고, 틸트각은 피드방향을 중심으로 하여 피크피드방향으로 기울어진 경사각이다.

공구자세의 선정을 위하여 실험의 기준이 되는 틸트각을 선정하는 기초실험을 먼저 수행하였다. 기준 리드각은 가공에 사용된 공구의 테이퍼 각을 고려하여 간섭을 발생하지 않는 최저 틸트각인 10° 를 고정하고 리드각을 $7^\circ, 9^\circ, 11^\circ, 13^\circ, 15^\circ$ 및 17° 로 변화시켜 주어 실험하고, 기준 틸트각은 리드각을 0° 로 고정하고 $10^\circ, 12^\circ,$

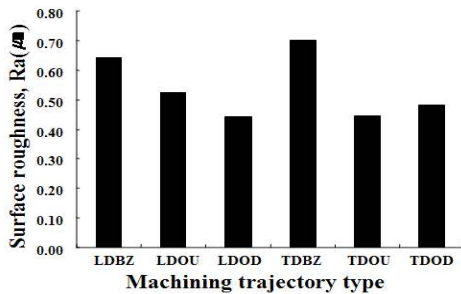


Fig. 4 Surface roughness according to machining trajectory

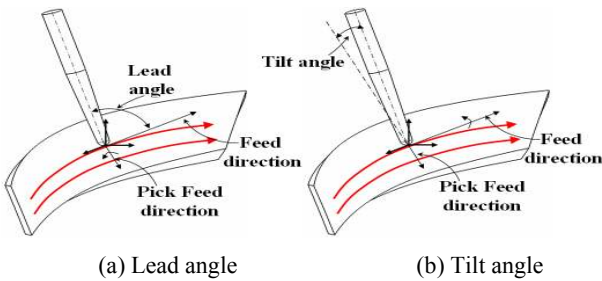


Fig. 5 Two types of inclined angle

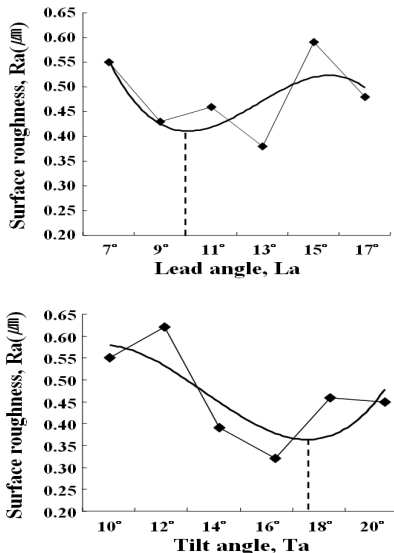


Fig. 6 Surface roughness according to tool posture

$14^\circ, 16^\circ, 18^\circ$ 및 20° 로 변화시켜 실험을 하였다. Fig. 6은 공구의 리드각과 틸트각을 변화시켜 가공하였을 때의 표면조도변화를 나타낸 그림으로 측정데이터를 커브 피팅한 결과 리드각은 10° 부근에서, 틸트각은 17.5° 부근에서 가장 양호한 표면조도값을 나타내는 것으로 추정되었다.

위의 기초실험을 통하여 얻은 기준리드각과 기준틸트각을 중심으로 틸트각과 리드각의 범위를 설정하고 두 각의 조합에 의한 공구자세 실험을 수행하였다. 틸트각이 $14^\circ, 16^\circ, 18^\circ$ 일 때 리드각 $0^\circ, 3^\circ, 6^\circ, 10^\circ, 13^\circ, 16^\circ$ 로 조합하여 총 18가지의 경우의 공구자세에 대한 실험을 수행하였으며 공구자세가 미치는 영향을 좀 더 쉽게 식별하기 위하여 스텝오버량을 2배 늘려서 가공하였다. 가공 대상이 되는 임펠러의 경우로 하여 실험한 결과 표면조도에 기초실험에서 커브 피팅하였을 때의 추측값과 달리 리드각의 크기가 작을수록 표면조도가 양호한 것으로 나타났고, 틸트각은 18° 일 때 가장 양호한 값을 나타냈다.

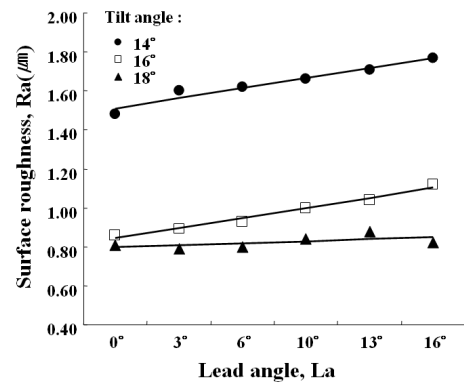


Fig. 7 Surface roughness according to tool posture based on relationship between tilt and lead angle

4. 결론

본 연구에서는 임펠러의 표면조도의 개선을 위하여 가공경로와 공구자세를 결정하기 위한 일련의 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 가공경로는 가로방향, 한방향, 하향절삭(LDOD) 일 때가 가장 양호한 표면조도를 얻을 수 있었다.
- (2) 본 연구의 조건범위 내에서의 추천 공구자세는 리드각이 적을수록, 틸트각은 18° 일 때로 결론 지을수 있다.

후기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RT104-01-03) 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. M. Fontaine, A. Devillez, A. Moufki, D. Dudzinski, "Modelling of cutting forces in ball-end milling with tool-surface inclination Part II. Influence of cutting conditions, run-out, Ploughing and inclination angle", Journal of Materials Processing Technology, 189, 85-96, 2007
2. B. Lauwers, P. Dejonghe, J. P. Kruth, "Optimal and collision free tool posture in five-axis machining through the tight integration of tool path generation and machine simulation", Computer-Aided Design, 35, 421-432, 2003
3. S. L. Chen, W. T. Wang, "Computer aided manufacturing technologies for centrifugal compressor impellers", Journal of MPT, 115, 284-293, 2001
4. 임표, 양균의, "반응표면법을 이용한 5축 임펠러 정삭 가공의 최적화", 대한기계학회논문집, 31, 924-933, 2007