

# A5083 합금의 머시닝센터 가공에서 표면거칠기 특성에 관한 실험적 연구

최진우\*<sup>#</sup>

\*남부대학교 기계공학과

## Experimental Research on the Surface Roughness Characteristics in Machining Center Machining of A5083 Alloy

Jin-Woo Choi\*<sup>#</sup>

<sup>#</sup>Department of Mechanical Engineering, Nambu University

(Received 11 June 2021; received in revised form 14 July 2021; accepted 27 July 2021)

### ABSTRACT

CNC machining is used to fabricate various components. This has led to the development of processing-based industries for the production of automobile, appliances, semiconductors, and rockets. Additionally, this machining has enabled economical mass production of high-quality products in industries. Magnesium alloy with a hexagonal closed packed configuration is prone to difficulties during plastic machining, has a high oxygen affinity, and exhibits poor corrosion resistance to seawater and the atmosphere. In this research, Al alloy A5083 was used to investigate and analyze the surface roughness with a certain depth of cut fixed by the machining center (DVM-500 II) and various feed rates, speeds, and processing methods after modeling and simulated machining with Gibbs CAM.

**Key Words** : A5083(A5083 합금), Machining Center(머시닝센터), Surface Roughness(표면거칠기)

## 1. 서 론

CNC 가공은 기간산업의 여러 분야에서 우리 생활에 필요한 다양한 기계 부품을 생산하여, 자동차·가전·반도체·비행기·로켓 등의 국가 기간산업을 발전시키고 고품질, 저가격으로 제품을 대량 생산하게 하였다. 마그네슘합금은 HCP(Hexagonal Close Packed)구조로 되어 있어, 소성 가공성의 불량, 높은

산소친화력과 해수와 대기 중에서 불량한 내식성 때문에 연구가 많이 진행되지 못하다가, 여러 가지 금속과 합금화할 경우 알루미늄 합금의 2/3, 티타늄(Ti)합금의 1/4, 철강 재료의 1/5 정도의 밀도를 가진다는 것이 알려져 자동차산업과 전자산업의 경량 구조물 분야에서 주목을 받게 되었다.<sup>[1,2]</sup>

현재 CNC 공작기계의 다양한 가공 기술 및 축적된 절삭가공 DATA를 바탕으로 정밀도와 생산성을 높이기 위한 연구가 다수 진행되고 있다.<sup>[3,4]</sup>

특히, 제품 품질에서 요구되는 표면거칠기를 확보하는 것은 그 부품의 기능적인 특성을 비추어 볼

# Corresponding Author : ace7629@kopo.ac.kr  
Tel: +82-51-330-7763, Fax: +82-51-332-4801

때 대단히 중요한 의미를 가지며 표면거칠기를 향상 시키기 위한 절삭조건 최적화는 고속정밀 가공 기술의 발달과 함께 더욱 중시되고 있다.<sup>[5]</sup>

연구에 사용된 저 Mg 포함 Al합금 5083은 비열처리용으로 강도, 인성 및 내식성이 양호하여 열처리를 하지 않아도 가공경화로 인해 일정 강도를 얻을 수 있으며, 가볍고 경도가 커서, 일 평면 커팅 금형 및 용접이 용이하여 선박용재, 차량용기, 용접구조용재 등에 널리 쓰인다.

Al합금 5083의 가공에서 절삭성은 절삭공구와 가공기술의 수준에 따라 가공정밀도와 생산성에 중요한 영향을 미치게 되며, 표면거칠기는 마찰, 마모, 내식성, 치수정밀도와 밀접한 관계를 가지므로 품질 및 생산성 증대에 큰 영향을 미친다.<sup>[6]</sup>

머시닝센터 가공에서 CAD/CAM 시스템은 설계단계에서 가공과 기타 정보를 동시에 처리한다. 그러므로 설계가 끝남과 동시에 NC 데이터가 출력되며, 이 가공정보는 NC DATA에 저장된다.

본 연구는 볼 엔드밀을 이용하여 금형의 표면거칠기를 비교 분석하기 위하여 상향 및 하향 절삭으로 레이스 컷(Lace cut) 0°와 45°로 공구경로를 설정하였다. 황삭은 평면커터(face cutter)로 가공하고, 정삭은 습식가공 조건으로 초경 볼 엔드밀을 이용하여 고정된 절삭 깊이에서 회전수와 이송 속도를 달리하여 레이스 컷 0°와 레이스 컷 45° 각각의 이송 속도별 표면거칠기 및 절삭 특성을 규명하고자 하였다.

## 2. 실험방법 및 조건

### 2.1 실험장치

본 실험에서는 가공을 위해 Gibbs CAM 소프트웨어를 사용하여 시편 모델링을 하였으며, 그 후 NC 데이터를 생성하고 얻은 정보를 USB 메모리에 저장하여, Fig. 1과 같이 수직머시닝센터 (DVM-500 II)에 전송하였다. 또한 황삭용 8날  $\phi 80$  평면커터로 가공하고, 정삭용으로는 2날  $\phi 8$  초경 볼 엔드밀 (HHB2080)을 사용하였으며, A5083, W20×L70×20의 시편을 직선 및 곡면 가공 후 Fig. 2와 같은 표면거칠기 측정기로 중심선 평균 거칠기( $Ra, \mu m$ )를 측정하였다. Table 1은 실험에 사용된 장비의 규격이다.



Fig. 1 Machining center (DVM-500 II)

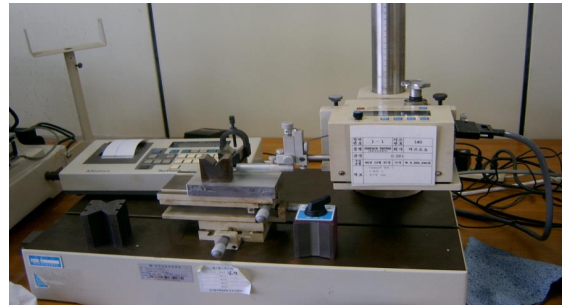


Fig. 2 Surface tester 402

Table 1 Experimental devices

Instrument	Specification
Machining center	Doosan DVM-500 II
CAM Software	Virtual Gibbs CAM V6.11
Surface Tester	Mitutoyo Surface Tester 402

### 2.2 실험방법

본 실험에서는 A5083을 Fig. 3과 같이 레이스 컷 0° 및 레이스 컷 45°로 가공하기 위하여 시편 2개를 준비하였다.

Fig. 4는 절삭실험을 수행하기 위하여 생성한 공구경로의 가공 시뮬레이션으로, 가공된 표면 황삭 공정(surface rough process)을  $\phi 80$  평면 커터로 0.5mm 가공 후, 정삭 공정 가공여유를 0.05mm로 하고,  $\phi 8$  초경 볼 엔드밀(HHB 2080) 2날, 스핀들의 회전수는 각각 2000, 2500(rpm), Feed rate는 각각 600, 625, 650, 675, 700, 725(mm/min), 정삭 여유량 0.05mm, 사이드 스텝 0.2mm로, 일정 스텝(절삭각도 0°, 45°인 XY스텝)으로 가공하였으며, 가공

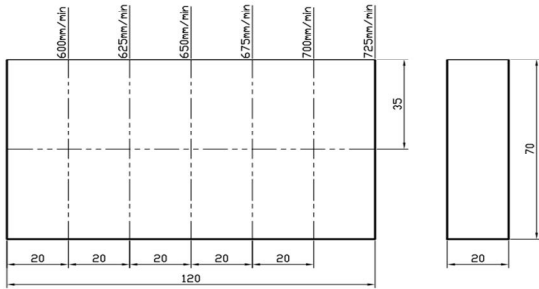


Fig. 3 Dimension of test piece

Table 2 Experimental Conditions

Item	Conditions
Workpiece(mm)	W120×L70×t20, A5083
Cutting tool spec.	Carbide ball end mill: 2F, ø8 (HHB2080), face cutter: ø80 8-tooth
Side step(mm)	0.2
Depth of cut(mm)	0.05
Surface roughness depth(mm)	0.5
Surfacing process	Lace Cut 0° Lace Cut 45°
Rotational speed(rpm)	Surfacing: 1000 Conditions: 2000, 2500
Feed rate(mm/min)	Surfacing: 300 Conditions: 600~725
Cutting environment	Wet

경로를 설정한 후, 공작물의 면적(W20×L70×t20)을 12등분 하여 이송속도를 각각 변경하면서 가공하였다.

Fig. 4에서 (a)는 이송속도를 300mm/min로 하고 레이스 컷 0°를 가공하기 위한 초기 엔드밀의 진입지점이며, b~d로 가공경로를 완성 후, 레이스 컷 45°를 가공하기 위하여 e~h의 가공경로를 거치게 된다.

측정 오차를 줄이기 위하여 표면거칠기 측정기로 중심선 평균 거칠기(Ra, um)를 3회 측정하여 평균을 내었으며, 각각의 절삭조건은 Table 2와 같다.

Table 3은 실험재료인 인장강도 275MPa의 A5083의 성분을 나타낸 것이다.

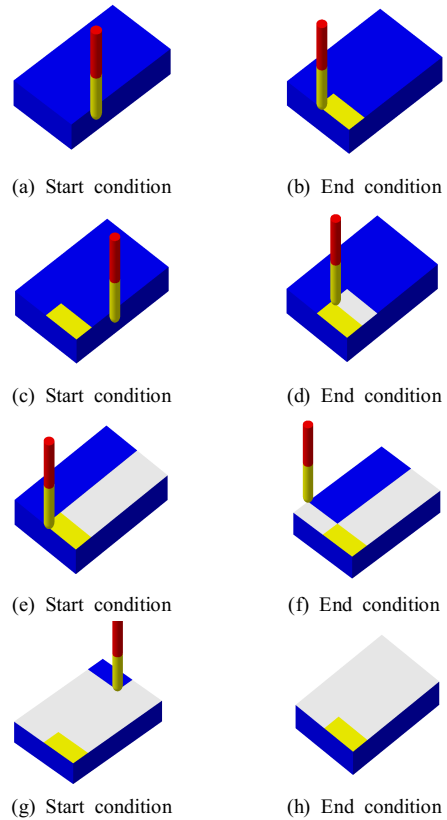


Fig. 4 Simulation of tool path

Table 3 Chemical compositions of A5083

Elements	Mg	Mn	Cr	Si	Ti
wt(%)	4~4.9	0.4~1.0	0.05~0.25	under 0.4	under 0.15

### 3. 실험 결과 및 고찰

가공방식에 있어서 사이드 스텝량을 0.2mm 간격으로 주고, 가공경로가 레이스 컷 0°일 때, 진입은 상향 절삭으로 하고, 진출은 하향 절삭으로 하는 혼합가공을 하였으며, 또한 레이스 컷 45°의 진입은 하향 절삭으로, 진출은 상향 절삭으로 가공하여 상향-하향 절삭을 혼합하였다.

공구보정은 CAM 가공 특성상 G40으로 공구경보정을 취소하여, 절삭 거리에 대한 공구의 마멸

과 가공경로에 따라 표면거칠기의 변화를 측정하였으며 프로그램 길이는 4594m와 가공시간은 34분 14초로 1개의 시편을 가공하였으며, 각 구간별 표면거칠기를 측정하여 그래프로 나타내었다.

Fig. 5는 금형 제작에서,  $\phi 80\text{mm}$  8날 페이스 커터로 황삭가공 한 후,  $\phi 8$  초경 볼 엔드밀로 정삭가공 하는 공구경로를 생성하여 가공한 결과를 보여준다.

A5083은 Al 합금으로써 Mg이 첨가되어 가공면의 광택이 비교적 좋지 않으며, Fig. 5의 좌측 공작물은 2000rpm, 우측 공작물은 2500rpm으로 가공하였으며, 이송 속도는 하단(우측표시부분)으로부터 600mm/min, 625mm/min, 650mm/min, 675mm/min, 700mm/min, 725mm/min 순으로 가공하였다. 또한 Fig. 5의 좌, 우측 각각의 공작물에 대하여 좌측 왼쪽 공작물의 세로방향 1/2의 우측은 레이스 컷 0°로 가공하였고, 세로방향 1/2의 좌측은 레이스 컷 45°로 가공하였다.

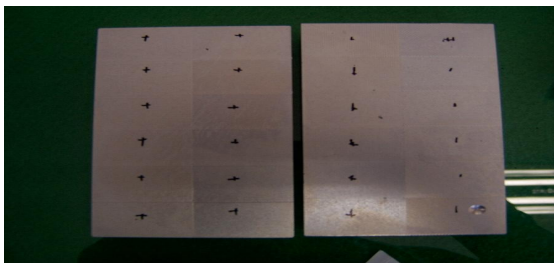


Fig. 5 Photo of cutting test piece

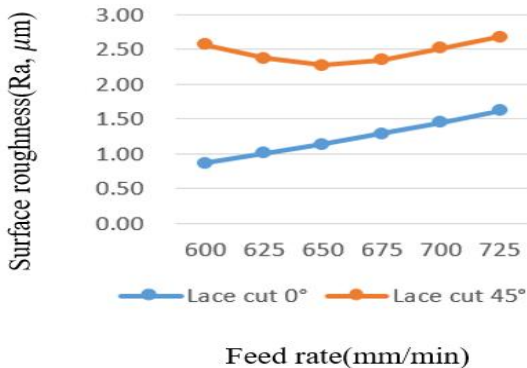


Fig. 6 Comparison of surface roughness from 2000rpm

가공시간은 머시닝센터에 공작물을 고정된 후부터 설정하고 세팅 시간은 제외하였으며, 급속이송 속도는 10000mm/min로 설정하였다. 황삭 가공 조건은 깊이 0.5mm, 사이드 스텝량을 0.2mm, 회전수 2000rpm 및 2500rpm, 정삭 여유 0.05mm를 주고 이송 속도의 변화를 주었다.

표면거칠기 시험기의 정확한 세팅을 위하여 수준기로 수평을 맞춘 후 컷오프 값을 0.8mm, 기준 길이는 컷오프 값의 5배, 한계값을 25 $\mu\text{m}$ 로 설정하여 측정하였다.

Fig. 6의 그래프는 2000rpm에서 레이스 컷 0°와 레이스 컷 45°의 표면거칠기를 비교한 것으로, 이송 속도 600mm/min 부근에서 표면거칠기는 레이스 컷 0°에서 0.87 $\mu\text{m}$ 이고 레이스 컷 45°에서는 2.57 $\mu\text{m}$ 로 그 차이가 크나 이송속도가 빨라지면서 점차 그 차이가 감소하고 650mm/min 이상에서는 상호 평행한 상태가 된다.

Fig. 7은 2500rpm에서의 이송속도변화에 따른 레이스 컷 0°와 레이스 컷 45°를 비교한 그래프이다. Fig. 6의 2000rpm과 비교할 때, 650mm/min까지는 비슷한 표면거칠기를 나타내고 675mm/min에서는 급격히 그 차이가 감소한 후 평행 상태가 된다. 2000rpm 실험과 비교하면 2500rpm에서는 레이스 컷 0°와 레이스 컷 45°의 표면거칠기 차이가 2000rpm에 비하여 작음을 알 수 있다. Fig. 8 그래프는 레이스 컷 0°에서 2000rpm과 2500rpm을 비교한 것이다. 레이스 컷 0°일 때 2000rpm과 2500rpm에서는 600mm/min에서 각각 0.87 $\mu\text{m}$ 와 0.91 $\mu\text{m}$ 로 별 차이가 없으나 725mm/min에서는 1.62 $\mu\text{m}$ 와

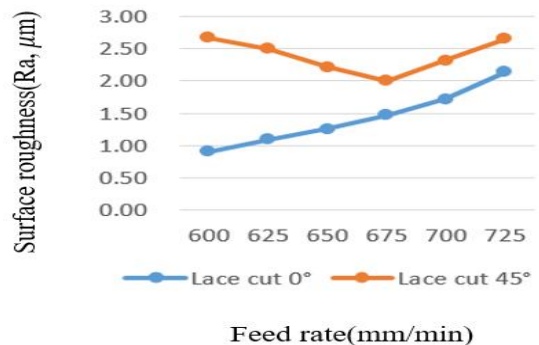


Fig. 7 Comparison of surface roughness from 2500rpm

2.14 $\mu\text{m}$ 로 점차 그 차이가 벌어짐을 알 수 있다. Fig. 9는 레이스 컷 45°에서의 이송 속도별 표면거칠기의 비교이다. 이송 속도별 차이는 크지 않으나 이송 속도가 675mm/min일 때, 2.35 $\mu\text{m}$ 와 2.00 $\mu\text{m}$ 로 2500rpm이 오히려 표면거칠기가 우수함을 알 수 있다.

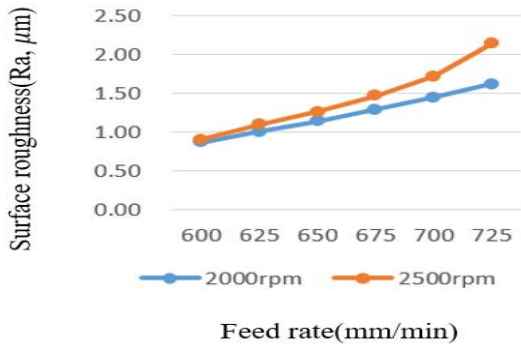


Fig. 8 Comparison of surface roughness in Lace Cut 0°

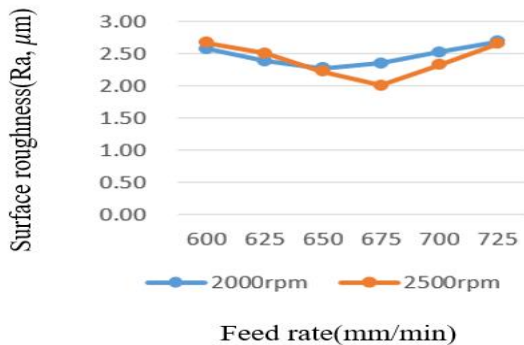


Fig. 9 Comparison of surface roughness in Lace Cut 45°

Table 4 Lace Cut 0° and Lace Cut 45° comparison of the surface roughness( $\mu\text{m}$ )

F (mm/min)	S (rpm)	Lace Cut 0°		Lace Cut 45°	
		2000	2500	2000	2500
600		0.87	0.91	2.57	2.67
625		1.01	1.10	2.38	2.50
650		1.14	1.26	2.27	2.22
675		1.29	1.47	2.35	2.00
700		1.45	1.72	2.52	2.32
725		1.62	2.14	2.68	2.65
Mean roughness ( $\mu\text{m}$ )		1.23	1.43	2.46	2.39

Table 4는 Fig. 6 ~ Fig. 9의 데이터를 정리하고 정량적인 평균값을 나타낸 것으로 레이스 컷 0°와 레이스 컷 45°의 표면거칠기 비교 결과 레이스 컷 0°가 1.23 $\mu\text{m}$  및 1.43 $\mu\text{m}$ 로 2.46 $\mu\text{m}$  및 2.39 $\mu\text{m}$ 를 나타낸 레이스 컷 45°보다 우수하였다. 또한 1.23 $\mu\text{m}$  및 2.46 $\mu\text{m}$ 를 나타낸 회전수 2000rpm이 1.43 $\mu\text{m}$ 와 2.39 $\mu\text{m}$ 를 나타낸 회전수 2500rpm보다 평균값에서 좀 더 양호한 가공 특성을 보였다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 알루미늄 합금 압출 형재인 A5083을 가공하기 위하여 Gibbs CAM 소프트웨어를 이용하여 2000rpm 및 2500rpm으로 정삭 여유분을 0.05mm만큼 남기고 정삭용 초경 2날  $\phi 8$ (HHB2080) 볼 엔드밀(carbide round endmill)을 이용하여 레이스 컷 0°와 레이스 컷 45°로 DVM-500 II 머시닝센터를 이용하여 가공한 결과 다음과 같은 실험 결과 및 결론을 얻었다.

1. 이송속도 변화에 따른 표면거칠기의 변화를 볼 때, 2000rpm 및 2500rpm로 회전할 때 600mm/min에서 표면거칠기가 가장 우수하였다.
2. 회전수의 변화에 대한 표면거칠기 변화를 볼 때, 2000rpm이 2500rpm보다 대부분 표면거칠기가 우수하다.
3. 레이스 컷 0°와 레이스 컷 45°를 비교하여 볼 때, 레이스 컷 0°가 레이스 컷 45°에 비하여 표면거칠기가 우수함을 알 수 있다.
4. 위와 같이 1~3의 실험 결과로 볼 때 A5083 합금의 표면거칠기는 이송 속도, 회전수 등 절삭조건과 더불어 가공 방향 및 가공 방법에 따른 영향을 받게 되며, 특히 회전수와 이송 속도를 달리하여 레이스 컷 0°와 레이스 컷 45° 각각의 이송 속도별 표면거칠기 및 절삭 특성을 규명함으로써 금형가공 등 산업현장에서 유용한 데이터로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

#### REFERENCES

1. Han, K. T., Kim, C. Y. and Yang Y. M., "An Experimental Research on the Surface Roughness

- Characteristics of STD11 using CNC Milling Machine", The Korean Society for Power System Engineering, No. 6, pp. 193-198, 2007.
2. Song, Y. H., Kim, S. J., Lee, Y. S. and Yoon, E. Y., "Plate Forging Process for Near-net Shaping of Mg-alloy Sheet", The Korean Society for Technology of Plasticity, No. 2, pp. 35-42, 2021.
  3. Beak, S. Y., Kong, J. S., Jung, S. T. Kim, S. H. and Jin, D. S., "A Study on the Simulation for Prediction of Cutting Force in Milling Process", The Korean Society of Mechanical Engineers, pp. 353-359, 2017.
  4. Shin, K. S., "Effect of Surface Roughness on Cutting Conditions in CNC lathe C-Axis Milling Arc Cutting", The Korean Society of Manufacturing Process Engineers, No. 8, pp. 99-105, 2014.
  5. Jang, S. M., "A Study on Surface roughness in High speed face milling machining of A12024", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 15, No. 2, pp. 603-608, 2014.
  6. Chun, S. H., "A Study on the Application of ANN for Surface Roughness Prediction in Side Milling AL6061-T4 by Endmill", The Korean Society of Manufacturing Process Engineers, No.5, pp. 55-60, 2021.