

CNC선반가공에서 노오즈 반경과 냉각방법에 따른 알루미늄7075의 표면 거칠기에 관한 연구

노영호*:#

*(주)성원테크

A Study on Surface Roughness of Aluminum 7075 to Nose Radius and Cooling Method in CNC Lathe Machining

Young-Ho Noh*:#

*Quality Assurance Team, Sung Won Tech Company Limited

(Received 5 December 2015; received in revised form 9 December 2015; accepted 11 December 2015)

ABSTRACT

Current world aircraft industry studies on the precision of the product are in active progress. Particularly in terms of improving the quality of processed products in terms of the surface roughness of the dimensional accuracy, fatigue strength, and corrosion resistance, which affect a lot of research on surface roughness, has been investigated. In this study of aluminum alloy, 7075 aircraft aluminum is used in a cutting CNC lathe machine for the cutting speed and feed rate according to the cutting experiments that were conducted. Additionally, the machine tool of the cooling method soluble cutting oil, insoluble cutting oil by cooling, and cooling the workpiece by cutting surface roughness will be investigated. Through the method and soluble cutting oil coolant cooled by the cutting speed increases, the value of surface roughness showed a regular result. Tool nose radius of 0.8 mm than 0.4 mm picture of when approximately 50 of the surface roughness values were less.

Key Words : Surface Roughness(표면 거칠기), Aluminum Alloy 7075(알루미늄 합금 7075), CNC Lathe Machine(CNC선반), Cutting Speed(절삭 속도), Feed Rate(이송 속도), Soluble Cutting Oil(수용성 절삭유), Insoluble cutting Oil(비수용성 절삭유), Nose Radius(노오즈 반경)

1. 서 론

최근 국내 항공산업은 우리기술로 만든 국산헬기 수리온, 고등훈련기 T-50 및 전투기 FA-50의 생산에

따른 항공기산업이 호황을 맞이하고 있다. 또한 건국 이래 최대 무기 도입 프로젝트인 한국형 전투기(KF-X) 개발사업이 시행됨에 따라 항공산업의 전성기를 맞이 할 것으로 예측된다.

항공산업에서 많이 사용하는 부품은 고정밀부품으로 고정밀화에 관한 연구가 활발하게 이루어지고

Corresponding Author : a-grass@hanmail.net

Tel: +82-55-830-8338, Fax: +82-55-830-8369

있다. 특히 제품의 품질향상측면에서 가공표면의 표면 거칠기는 제품의 치수정밀도, 피로강도, 마멸성, 내식성 등에 많은 영향을 미치므로 표면거칠기에 관한 연구는 지속적으로 이루어져야 한다.

특히 항공기 및 정밀기계부품은 고도의 신뢰성과 안정성이 요구되기 때문에 부품의 재료선정과 가공에 고도의 정밀이 필요하다. 따라서 산업체에서는 숙련된 노동력과 알루미늄 절삭가공에 관한 연구가 절실하게 필요하다.

현재 절삭재료에 따른 절삭가공표면의 표면 거칠기는 절삭조건과 공구의 노오즈 반경(nose radius) 및 공구의 현상에 따른 영향이 크게 부각되었다¹⁻³⁾.

Greenhow 등⁴⁻⁷⁾은 절삭 속도 및 이송의 변화가 가공면의 표면 거칠기와 절삭저항에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 또한 Shaw⁸⁾는 공구수명과 가공면의 표면 거칠기에 영향을 주는 절삭변수인 절삭 속도와 이송의 최적의 조건을 제시하였다.

상기한 것과 같이 CNC선반가공에 있어서 가공 표면 거칠기에 관한 연구가 많이 행하여 왔으나 알루미늄7075와 알루미늄 합금금속의 절삭 연구가 국내에서는 아직 미진한 실정이다.

본 연구에서는 최근 항공기 및 정밀기계 부품에 많이 사용되는 알루미늄7075의 절삭가공에 있어서 CNC선반의 절삭 깊이, 절삭 속도, 공구 이송 속도와 공구 냉각제에 따른 절삭실험을 실시하였다. 또한 공구의 반경이 0.4 mm, 0.8 mm로 절삭되어진 가공물 표면 거칠기 특성을 조사하는 것이 목적이다.

2. 실험장치 및 조건

2.1 실험장치

본 실험은 알루미늄7075의 CNC선반가공에서 절삭조건, 공구의 냉각제, 공구의 노오즈 반경에 따른 가공물 표면을 고찰하기 위한 것으로 실험에 사용된 CNC선반, 절삭공구, 시험편, 수용성절삭유, 비수용성 절삭유, 조도측정기 및 실험방법은 다음과 같다.

Fig. 1은 실험에 사용한 CNC선반으로 국내 D사의 CNC선반으로 밀링기능이 장착이 되어있어 기존



Fig. 1 CNC lathe machine

Table 1 The specification of CNC lathe machine

Item	Specification
Type	Lynx220LM
Max. spindle speed(rpm)	6,000
Spindle bore diameter(mm)	90
Max. cutting feed rate(mm/min)	24,000
Max. feed rate(mm/rev)	500
No. of tool station(st)	24
Cutting axis	X, Z, C
Controller	Fanuc 0i-TD

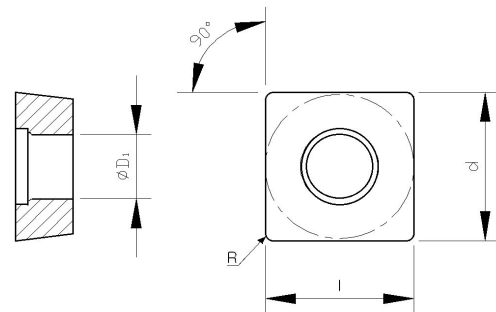


Fig. 2 CNC lathe machine insert tip

X, Z, 축 및 C축을 가공할 수 있으며, 주요 제원은 Table 1과 같다.

실험에 사용한 절삭공구는 국내 T사에서 생산된 알루미늄용 단면 인서트 SCGT120404 FI 및 SCGT 120408FI로 노오즈 반경이 각각 0.4 및 0.8 mm를 인서트 홀더 SSSCR/L2020K12에 장착하여 절삭시험에 사용하였으며, 팁의 형상 및 치수를 Fig. 2와

Table 2에 나타내고 있다.

본 실험에 사용된 알루미늄 합금 7075는 알루미늄 합금 7000계열로서 기계적 성질이 대단히 우수한 구조용 경량소재로 기존 항공기 주재료인 2000 계열보다 강도가 매우 높으며, 현재 알루미늄 합금 중 최고의 강도를 유지하고 있어 항공기용 고강도 및 내식성 재료로 널리 사용되고 있다.

시편의 크기는 직경 50 mm, 길이 150 mm로 128 개의 시험편을 제작하여 시험에 사용하였다. 시험편의 화학적 성분과 기계적 성질을 Table 3 및 4에 나타내었다.

Table 2 Dimensions of insert tip

	I	d	t	R	ΦD ₁
SCGT120404	12.3	12.7	4.76	0.4	5.5
SCGT120408	11.9	12.7	4.76	0.8	5.5

Table 3 Chemical composition of work-piece aluminum alloy 7075(wt%)

Zn	Cu	Mg	Fe	Si	Cr	Mn	Ti	Al
6.1	2.0	0.8	0.5	0.4	0.35	0.2	.0.2	balance

Table 4 Mechanical properties of aluminum alloy 7075

Tensile strength, ultimate(MPa)	570
Tensile strength, yield(MPa)	505
Elongation, break(%)	9
Elasticity modulus(GPa)	7.2
Shear strength(N/mm ²)	151.9
Poisson's ratio	0.33

Table 5 Chemical composition of soluble cutting oil

Properties	CAS No.	Value (%)
Deionized water	7732-18-5	20 ~ 30
Mineral oil	64742-65-0	5 ~ 20
Carboxylic acid	142-22-0	5 ~ 15
Carboxylic acid	693-23-2	2 ~ 8
Alkanol amine	693-23-2	20 ~ 30
Fatty amide	102-71-6	5 ~ 15
PEG oleate	68155-20-4	4 ~ 10

절삭가공 시 시험편과 공구냉각에 적용된 수용성 및 비수용성 절삭유는 국내 K사의 고속가공 알루미늄용으로 본 연구에서는 물을 혼합하지 않은 100%의 원액을 사용하였고, 각각의 물성 값은 Table 5, 6 및 7에 나타내고 있다.

Table 6 Physical properties of soluble cutting oil

Test items	Test method	Value
Specific gravity @15/4°C	ASTM D1298	1.0002
Color	ASTM D1500	Bluish green
Surface tension (dyne/cm)	KSM 2525	35.4
Non-volatile content(%)	KSM 2525	53.6
Ph (3.3 % solution)	KSM 0011	9.19
Foaming	KSM 2525	0.0
Corrosion	KSM 2525	Pass

Table 7 Physical properties of insoluble cutting oil

Test items	Test method	Value
Specific gravity, @15/4°C	ASTM D1298	0.8456
Color	ASTM D1500	10.5
Viscosity, cSt @40°C	ASTM D445	11.77
Pour Point(°C)	ASTM D97	-12.5
Flash Point(°C)	ASTM D92	186
Corrosion(100°C×1hr)	KS M2018	1a

Table 8 Cutting conditions

Cooling method	Soluble cutting oil, insoluble cutting oil
Spindle speed(m/min)	100, 150, 200, 250
Feed rate(mm/rev)	0.05, 0.1, 0.15, 0.2
Depth of cut(mm)	0.1, 0.2, 0.3, 0.4
Nose radius(mm)	0.4, 0.8

2.2 실험방법

CNC선반에서 시험편을 주축대 유압척과 심압대에 견고하게 고정하여 절삭시 떨림이 발생하지 않게 하였다.

실험조건인 절삭에 앞서 CNC선반의 터렛에 장착된 다른 공구로 1차 절삭한 후 절삭조건에 따라 프로그램을 작성하고 입력한 후 2차 절삭시험을 실시하였다. 절삭공구는 1회 사용하여 절삭하였고 절삭 시험 조건은 Table 8과 같다.

Fig. 2는 표면 거칠기 측정시스템을 나타내고 있으며, Table 9는 조도측정기의 주요제원을 나타내고 있다. 표면 거칠기의 정확한 측정을 위해 수준기로 수평을 맞춘 후 컷 오프 값 0.8 mm, 기준길이는 2.5 mm, 범위 값은 80 μm 로 설정하였으며, 가공된 시험편에 절삭유의 응고방지를 위해 알콜로 1차 세척하고 측정시 이물질 제거를 위해 2차로 세척한 후 V-Block위에 올려놓고 절삭방향의 직각으로 드

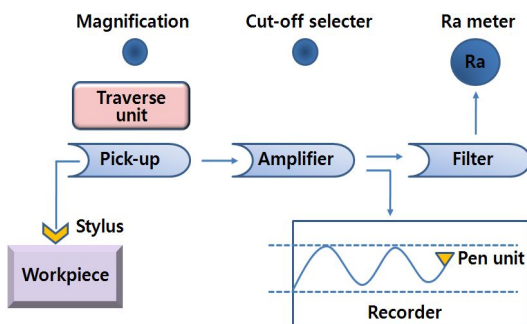


Fig. 3 Measuring instrument of surface roughness

Table 9 Specification of surface roughness measuring instrument

Item	Specification
Model	Mitutoyo SURF-TEST SV-414
Limit indication, $R_y(\mu\text{m})$	600
Cut off value(mm)	0.08 ~ 8
Basic range(mm)	0.25 ~ 8
Stylus force(N)	0.00392
Driving speed(mm/s)	0.02 ~ 1.2
Tip radius(μm)	5

라이브 이송장치를 자동으로 작동하여 측정하였다.

측정된 표면 거칠기 값으로부터 10점 평균 거칠기(R_z), 최대높이(R_y), 중심선 평균 거칠기(R_a)를 측정하는 다음 그 중 중심선 평균 거칠기 값을 선정하여 3회 측정된 값을 평균으로 산출하여 데이터로 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

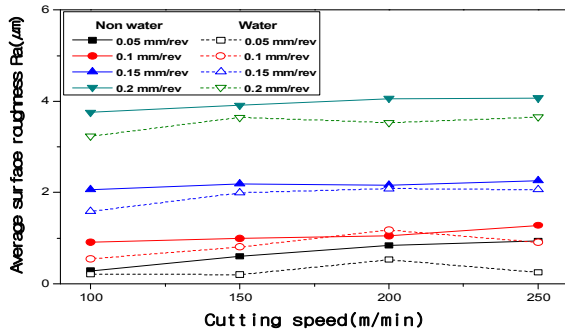
Fig. 4, 5는 절삭공구 인스트 팁의 노오즈 직경이 0.4, 0.8 mm일 때 절삭공구의 냉각방식을 비수용성 절삭유에 의한 냉각과 수용성 절삭유일 경우, 절삭공구 이송 속도를 파라미터로 하여 절삭 속도에 따른 표면 거칠기 특성을 나타내고 있다.

Fig. 4, 5의 (a), (b), (c), (d)로부터 절삭 속도가 100에서 250 m/min로 증가할수록, 가공 면의 표면 거칠기는 거의 일직선으로 변화가 없다. 그리고 노오즈 반경이 0.8 mm일 때 보다 0.4 mm일 때 최소 148.2 %, 최대 179.4 %, 평균 163.8 % 표면 거칠기가 높게 나타내고 있다. 이러한 것은 동일한 절삭 조건에서 절삭속도의 차이에 의한 표면 거칠기 상태변화보다는 노오즈 반경과 이송속도가 표면 거칠기에 주 영향을 나타내는 인자이고 이송속도가 증가 할수록 표면 거칠기는 이송속도의 제곱에 비례하고 노오즈 반경에 반비례하는 현상을 나타내고 있다.

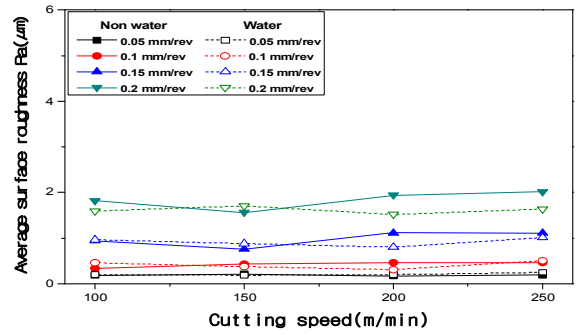
Fig. 4의 (a), (b)에서는 수용성 절삭유보다 비수용성 절삭유의 표면 거칠기가 최대 173.18 %, 평균 122.98 % 높게 표면 거칠기를 나타내고 있다. 이것은 절삭중 발생하는 열이 비수용성절삭유보다 수용성절삭유가 윤회특성이 우수하기 때문에 공구의 냉각효율이 높다고 판단된다.

Fig. 6, 7은 절삭공구 인스트 팁의 노오즈 직경이 0.4, 0.8 mm일 때 절삭공구의 냉각방식을 비수용성 절삭유에 의한 냉각과 수용성 절삭유일 경우, 절삭 깊이를 파라미터로 하여 절삭공구 이송 속도에 따른 표면 거칠기 특성을 나타내고 있다.

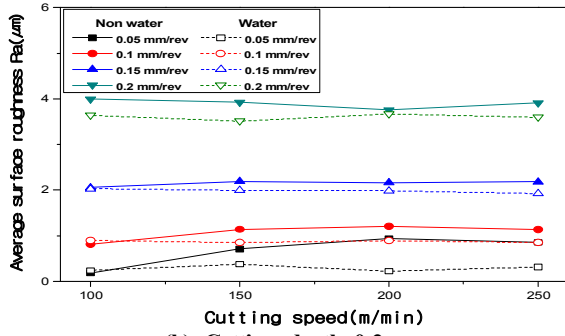
Fig. 6, 7의 (a), (b), (c), (d)로부터 절삭 공구 이송 속도가 0.05에서 0.2 mm/rev으로 증가 할수록, 가공 면의 표면 거칠기는 비례적으로 증가하며, 노



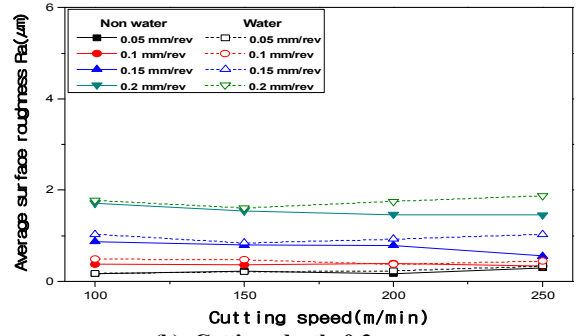
(a) Cutting depth 0.1 mm



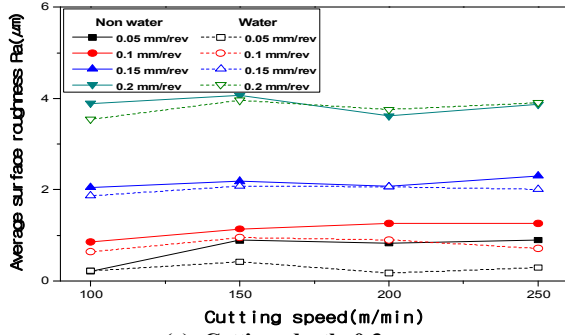
(a) Cutting depth 0.1 mm



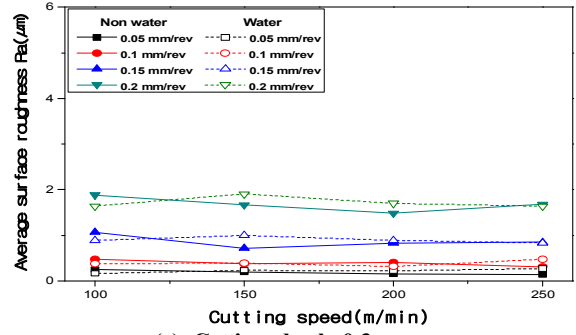
(b) Cutting depth 0.2 mm



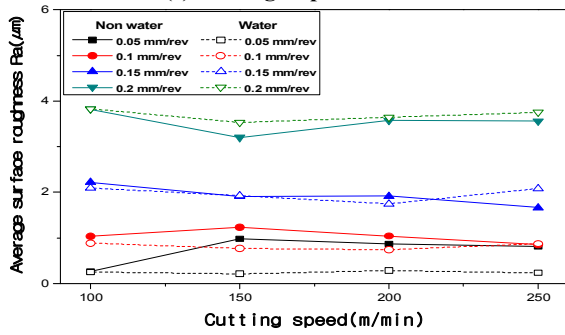
(b) Cutting depth 0.2 mm



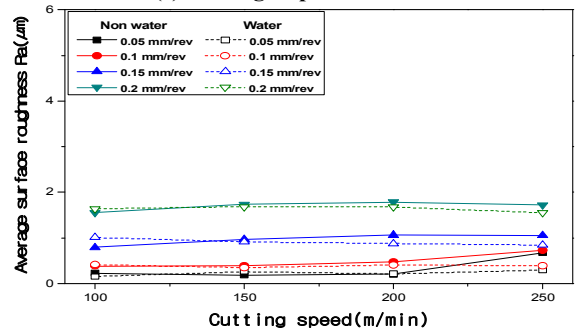
(c) Cutting depth 0.3 mm



(c) Cutting depth 0.3 mm



(d) Cutting depth 0.4 mm



(d) Cutting depth 0.4 mm

Fig. 4 Surface roughness according to spindle speed in nose radius 0.4 mm

Fig. 5 Surface roughness according to spindle speed in nose radius 0.8 mm

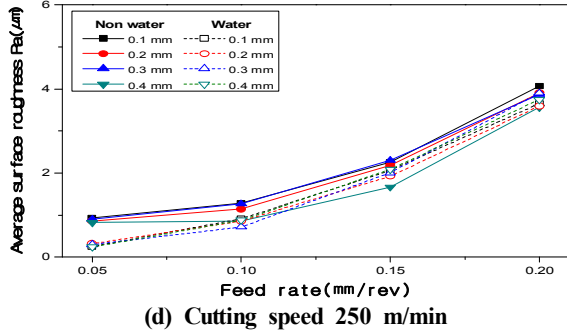
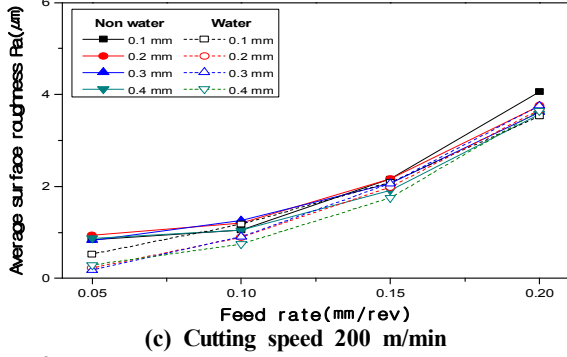
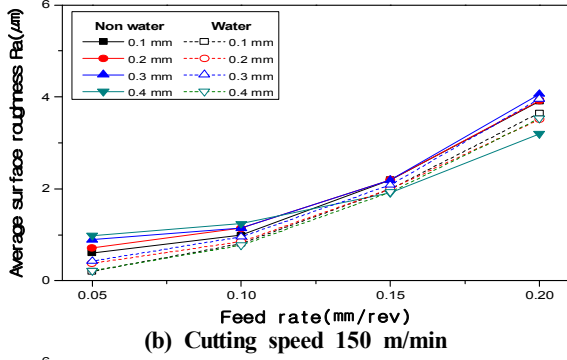
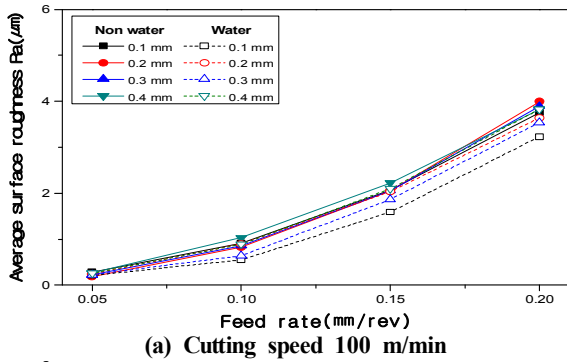


Fig. 6 Surface roughness according to feed rate in nose radius 0.4 mm

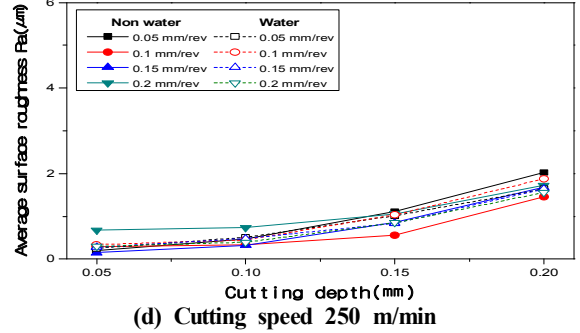
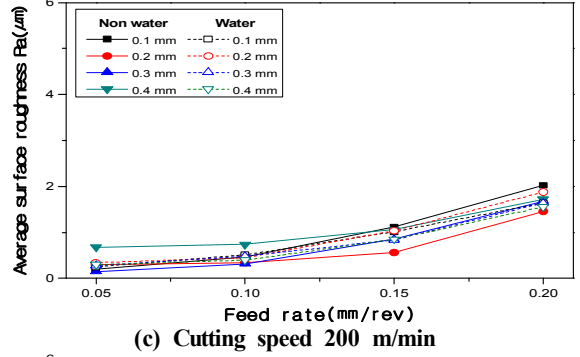
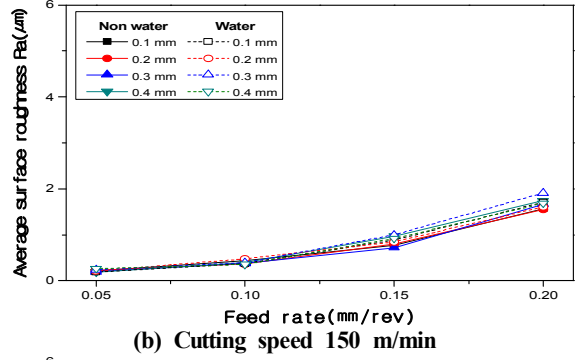
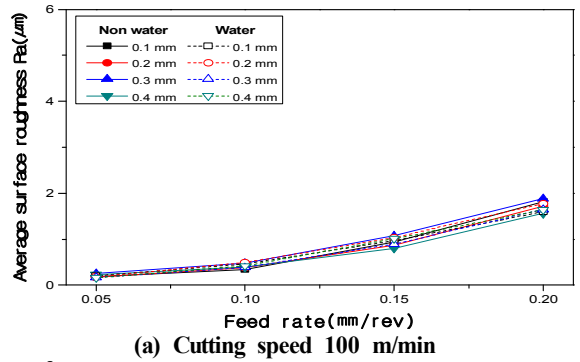


Fig. 7 Surface roughness according to feed rate in nose radius 0.8 mm

오즈 반경이 0.8 mm일 때 보다 0.4 mm일 때 절삭 공구 이송 속도가 0.05에서 0.2 mm/rev으로 증가 할 수록 표면 거칠기의 비례적 증가율이 절반정도 낮은 것을 보여주고 있다. 또한 절삭 속도가 150에서 250 m/min로 증가할수록 비수용성 절삭유와 수용성 절삭유의 표면 거칠기의 절삭 깊이에 따른 표면 거칠기의 값의 차가 커지는 것을 보여주고 있다.

4. 결론

본 연구는 알루미늄7075의 CNC선반 가공시 다양한 절삭조건에서 공구의 냉각제, 공구의 노오즈 반경, 절삭 깊이에 따른 가공물 표면 거칠기 변화에 미치는 영향을 비교하여 다음과 같은 주요한 결과를 얻었다.

1. 비수용성 절삭유에 의한 냉각과 수용성 절삭유에 의한 냉각방식 모두 절삭공구 이송 속도가 증가할수록 가공의 표면 거칠기 값이 감소하였다
2. 비수용성 절삭유에 의한 냉각보다 수용성 절삭유에 의한 냉각방식이 가공의 표면 거칠기 값이 적게 나타났다.
3. 비수용성 절삭유에 의한 냉각과 수용성 절삭유에 의한 냉각방식 모두 절삭 속도가 증가할수록 거의 일정한 가공의 표면 거칠기 값이 나타났다.
4. 공구의 노오즈 반경이 0.4 mm보다 0.8 mm일 때의 가공의 표면 거칠기 값이 약 50 %정도 적게 나타났다.

REFERENCES

1. Petropoulos PG , "The Effect of Feed rate and of Tool Nose Radius on Roughness of Oblique Finish turned Surface", Wear, Vol. 23, pp. 299~310, 1973.
2. ShawM. C. , Crowell J. A. , "Finish Machining", Annals of CIRP, pp. 5~21, 1965.
3. Taylor, J., "Advance in Machine Tool Design and

- Research", Pergamon Press, pp. 225 ~ 243, 1963.
4. Greenhow, J. N. , Rubenstein, C. , "The Dependence of Cutting Force on Feed and Speed in Orthogonal Cutting with Worn Tools" Int. J. Mach. Tool Des. Res. Vol. 9, pp. 1 ~ 16, 1969.
5. Schulz, H. Hock, St., "High speed of Dies and Moulds-Cutting Conditions and Technology", CIRP, Vol. 43, pp. 63 ~ 67, 1994.
6. Shamoto, E., Hatinas, Y., "Prediction of Shear Angle in Orthogonal Cutting with Maximum Shear Stress and Technology", Vol. 1, ASME, PP. 121 ~ 128, 1997.
7. Mustafizur Rahman, Md. Shamsuddin Chowdhung, "Influence of Different Tool Materials on High speed Machining of Hardened Tool Steel", The 5th International Conference on Die and Mould Technology, pp. 25~30, Singapore Expo, 21 to 23 March 2000.
8. Shaw M. C. "Optimum Selection of Machine Tool: Speed and Feeds", Int. J. Mech. Des. Res. Vol. 5, pp. 25~34, 1965.