

절삭공구와 절삭유가 가공부위 표면거칠기에 미치는 영향에 관한 연구

최성윤*, 권대규**.#

*경남대학교 대학원, **세이테크, 대표

A Study of the Effectives for Surface Roughness by Cutting Angle and Cutting Fluid

Sung-Yun Choi*, Dae Kyu Kwon#**

*Graduate School, Kyungnam Univ., **SAY TECH, CEO.

(Received 18 September 2017; received in revised form 14 November 2017; accepted 19 December 2017)

ABSTRACT

In this report, Cutting of metals are basically existence of fundamentally important cutting method. It is necessary task for the advanced technical production which are need more precision and efficient to over an idealistic surface roughness. This study is resulted through cutting the row materials of SM45C, in the diluted solubility water type of cutting fluids twenty times and forty times as many as that water, by variable in the velocity, feed rate, depth of cut, comparing the examine under same cutting conditions.

Key Words : Surface Roughness(표면거칠기), Cutting Fluids(절삭유)

1. 서 론

산업현장에서 절삭가공은 생산기술의 기본 적인 방법이며, 가공품질 향상과 생산성향상을 위하여 적절한 절삭유제의 선정은 능률적이고 정밀하며 이상적인 표면거칠기를 가진 제품생산을 가능하게 하는 중요한 요소라 할 수 있다.

표면거칠기는 절삭가공 과정에서 필연적으로 발생 하는 규칙적이거나 불규칙적인 요철을 말하며, 가공면 의 표면거칠기는 가공면의 기복, 광택, 잔류응력, 가공 변질층, 화학적 성질 등으로 평가될 수 있는데, 이것은 단순한 외적 미관 뿐 아니라 내마멸성, 내식성, 피로강

도 및 치수 정밀도등 제품의 기능면에서도 많은 영향을 미치게 한다.

이와 같은 영향으로 인하여 많은 학자들에 의해 관련 연구가 진행되어 K.V.Olsen^[1], P.G.Petropoulos^[2] 등은 표면거칠기를 계산할 수 있는 실험식을 발표 하였다.

공구의 날끝 형상과 이송량에 의한 기하학적 표면거 칠기는 구성 날끝, 절삭기구의 불안정한 요소나 열변 형, 진동, 떨림, 날끝의 결손이나 마멸등의 원인으로 인하여 실제 가공면 조도에 비해 대단히 양호하다.^[3,4] 절삭가공시 칩 과 공구 경사면에서 발생하는 열은 공구 수명, 공작물의 형상치수, 가공면 조도뿐만 아니라 절 삭력 등에도 많은 영향을 미치게 한다.^[5,6,7] 이와 같은 영향을 감소시키기 위해, 절삭가공시 발생하는 열을 냉각시킴과 동시에 가공경사면과 여유면의 마찰을 윤활시켜 줄 수 있는 절삭유를 기계가공에 사용하게 되었다.^[8,9,10,11]

Corresponding Author : saytech@hanmail.net

Tel: +82-55-249-2712, Fax: +82-505-999-2160

본 논문에서는 산업현장에서 널리 사용되고 있는 물에 20배희석한 농도의 수용성 절삭유가 가공 표면거칠기에 미치는 영향을 비교 검증하기 위하여 30배로 희석하는 습식절삭과 절삭유를 사용하지 않은 건식절삭을 행 할 때의 표면거칠기를 측정하고 절삭속도와 이송 및 절삭깊이에 따른 수용성 절삭유의 효과를 측정하여 분산분석^[12]으로 주요인자들의 영향을 파악하여 산업 현장에서 활용할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 절삭유의 특징

2.1 절삭유의 효과

절삭유의 사용효과는 절삭조건에 따라 다소 차이는 있으나 대체로 절삭가공시 절삭저항을 줄일 수 있고 절삭온도를 낮게 할 수 있으므로 절삭속도를 더 한층 높일 수 있다. 금속절삭에서 절삭유의 사용효과를 계수 K_O 로 표시하면 다음과 같다.

$$K_O = V_W / V_O$$

여기에서

V_W ; 절삭유를 사용했을 때의 절삭속도

V_O ; 절삭유를 사용하지 않았을 때의 절삭속도이다.

절삭유 효과계수 K_O 는 Table 1과 같다.

2.2 절삭조건에 따른 표면거칠기의 영향

2.2.1 구성날끝의 생성

연성이 큰 재료를 100m/min 이하의 속도로 절삭하면 공구 날 끝에 피삭재보다 단단한 층상의 물질이 1/10-1/200초 간격으로 부착되어 발생-성장-분열-탈락의 주기를 반복하면서 날끝을 대신하여 피삭재를 절삭하는 것으로 가공물의 표면거칠기를 거칠게하고 절삭저항을 증대시키는 결과를 가져온다.

선삭 가공에 있어서 절삭속도 방향의 가공면 조도에 관한 절삭속도특성으로써, 구성날끝 발생 구역에서 가공면 표면거칠기가 대단히 거칠어짐을 알 수 있으며, 절삭유의 냉각작용이 구성날끝 발생 구역을 고속 방향으로 이동시키고 표면 조도도 양호하게 됨을 알 수 있다.

Table 1 Modulus of effect in using cutting fluid

Metal		K_O
Steel ($\sigma_b = 40 \sim 50kg/mm^2$)		1.25
Steel ($\sigma_b = 50 \sim 70kg/mm^2$)		1.20
Steel ($\sigma_b = 80 \sim 100kg/mm^2$)		1.15
Malleable cast iron	Soft	1.20
	Mild	1.15
	Hard	1.05 ~ 1.10

2.2.2 절삭속도와 절삭각의 영향

앞에서 설명한 바와 같이 절삭속도가 커지면 구성날 끝이 발생하지 않을 뿐 아니라 가공물의 표면거칠기도 양호하게 된다.

연강을 피삭재로 하고 고속도강 제1종 바이트에 의해 절삭 깊이가 0.06mm의 다듬질 절삭을 하였을 때 원주방향의 조도(최고높이 H_{max})가 절삭속도에 따라서 변하는 양상을 표시하였다. 또, 절삭각(α)이 작아질수록 칩의 변형이 작아지며 예리한 커터에 의하여 절삭하는 것이 되고 구성날끝 크기도 점점 작아지므로 다듬질면이 양호하게 된다.^[14]

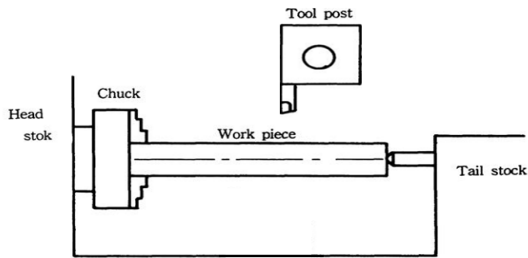
2.2.3 절삭 깊이의 영향

연강을 절삭깊이가 증대에 따른 표면거칠기의 크기를 나타낸 것이다. 절삭 깊이가 증가하면 칩의 형상은 유동형에서 전단형 또는 경작형, 균열형으로 변화하게 되므로 가공물의 표면거칠기는 나빠진다. 같은 유동형 칩을 내고 절삭될때라도 절삭깊이의 증대에 따라서 칩의 변형이 커지거나 구성날끝이 커지기 때문에 가공물의 표면거칠기도 불량하게 된다.^[14]

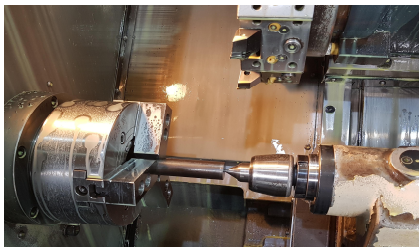
3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

본 실험에 사용된 선반은 두산인프라(주) Lynx 200을 사용 하였으며 실험장치는 Fig. 1와 같고 절삭유 펌프의 세부규격은 Table 2와 같다.



(a) Experimental schematic diagram



(b) Experimental photo

Fig. 1 Experimental schematic diagram & photo for lathe

Table 2 Coolant pump specification

Item	Specification
Manufacturer	A-Ryung machinery Co.,Ltd
Type	Acp-100F
Quantity(1/min)	47
Pipe size	3/8 B

3.2 실험재료 및 절삭공구

3.2.1 실험재료

본 실험에 사용한 재료는 기계 구조용 탄소강재 (SM45C)로써 각종 기어, 축, 체인, 롤러, 금형, 핀 등 기계가공 부품에 일반적으로 널리 사용하고 열처리 등을 통하여 기계적 성질을 쉽게 향상할 수 있는 재질로써 그 화학적 성분과 기계적 성질은 Table 3, 4와 같다.

Table 3 Chemical composition of testing material

Composition	C	Si	Mn	P	S
Rate(%)	0.42 - 0.48	0.15 - 0.48	0.60 - 0.90	0.030 ≥	0.035 ≥

Table 4 Mechanical properties of testing material

Mechanical property	Tensile strength (kg/mm^2)	Percentage of elongation (%)	Yield point (kg/mm^2)	Hardness (H_B)
Value	70 ≤	17 ≤	50 ≤	201 - 269

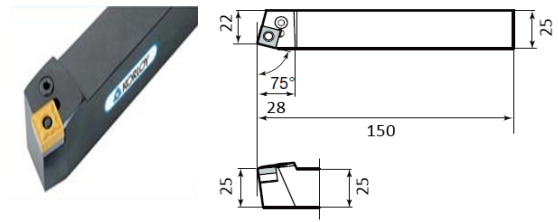


Fig. 2 Cutting tool geometry

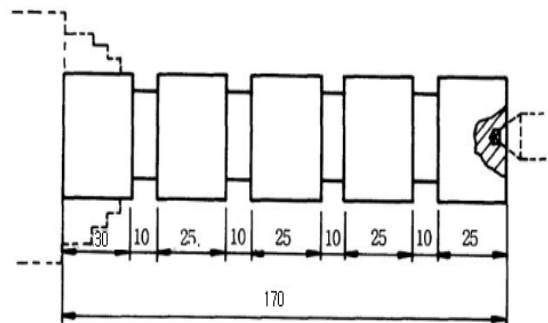


Fig. 3 Specimen dimension

3.2.2 절삭공구

실험에 사용된 절삭공구는 산업현장에서 선반가공에 널리 사용하는 PSBNR/L 2525M12의 홀더에 한국야금에서 생산된 Insert cutting tool, 4NU-CNGA의 Tip(Tialn코팅)을 사용 하였으며 Fig. 2와 같다.

3.2.3 시험편 제작

본 실험은 기계구조용 탄소강(SM45C)을 Fig. 3과 같이 전체길이 170mm로 가공하고, 소재의 직경을 Table 5와 같이 실험 선반에서 주어진 R.P.M.과 본 실험을 위하여 선정한 절삭속도(50, 100, 200 m/min)에 맞도록 3종류(기준치± 0.002의 공차)로 구분하여 4개의 단으로 총 90개를 제작 하였다. 그리고 실험에

사용한 절삭유는 산업현장에서 가장 널리 사용하는 한국 셸 석유 주식회사에서 연삭 및 절삭작업용으로 생산한 수용성 절삭유 Shell Dromus Oil BS에 산업현장에서 가장 많이 사용하는 비율인 물을 20배 희석한 경우와 실험을 통한 결과 비교가 용이하도록 절삭유를 사용하지 않는 건식가공과 30배로 희석하는 3가지 수준으로 나누어 사용하도록 하였다.

3.2.4 실험방법

제작한 시편을 Fig. 4과 같이 선반의 연동척과 심압대의 베어링 센터로 고정하고 바이트 날끝은 공구대에서 50mm 돌출시켰으며 바이트 측면의 날끝은 시편의 길이 방향과 직각이 되도록 고정하였다. 시편의 센터로 정확히 하기 위하여 0.2mm 절삭한 후 Table 5과 같은 절삭조건으로써 실험을 하였다. 또한 절삭한 시편의 표면 거칠기 값을 정확히 하기 위하여 동일 시편을 120°위상으로 3개 부위를 측정하여 평균값을 취하였다.

Table 5 Measurement size of material

Cutting speed	50	100	200
Diameter of work piece	0.42 - 0.48	0.15 - 0.48	0.60 - 0.90

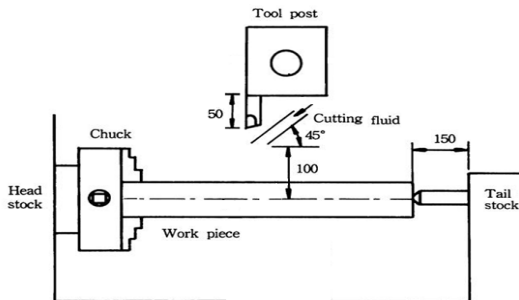


Fig. 4 Schematic diagram test specimen by lathe

Table 6 The condition of cutting test

Cutting fluid	Cutting speed (m/min)	Depth of cut (mm)	Feed rate (mm)
Dry	50	0.5	0.045
Wet (20:1)	100	1	0.090
Wet (30:1)	200	2	0.179

Table 7 Results of surface Roughness

Feed rate (mm/rev)	Cutting fluid	Depth of cut(mm)		
		0.5	1	2
0.045	Dry	15.45	18.25	13.35
	Wet(20:1)	10.60	14.95	12.88
	Wet(30:1)	15.51	16.46	14.89
0.090	Dry	11.71	20.43	22.83
	Wet(20:1)	7.44	10.83	7.57
	Wet(30:1)	10.57	11.17	10.83
0.179	Dry	15.69	16.15	22.41
	Wet(20:1)	12.17	12.44	11.25
	Wet(30:1)	11.25	13.00	12.75

Cutting speed: 100m/min

3. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 선삭가공에서 절삭유가 가공면의 표면거칠기에 어떠한 영향을 미치는가를 고찰하기 위하여 수용성 절삭유에 물을 20배와 30배로 희석하고 기계구조용 탄소강재(SM45C)를 절삭한 후 건식 절삭시의 가공면 표면거칠기와 비교하여 수용성 절삭유의 효과를 검토하는데 그 목적을 두었으며 실험조건은 Table6에 나타내었다.

절삭속도 100m/min의 절삭 깊이의 변화에 따라 표면 거칠기를 측정된 결과는 Table7과 같다.

Fig. 6과 Fig. 7에서 나타난바와 같이 건식절삭의 경우 절삭 깊이가 클수록 표면거칠기가 거칠어지는 경향을 나타내었으며, Fig.7의 습식절삭의 경우에 표면 거칠기는 절삭깊이와 Feed rate의 변화에도 불구하고 가공면의 표면거칠기변화는 적은 것으로 나타났다.

Fig. 5와 Fig. 6의 그림에서 나타난바와 같이 절삭깊이 1mm, 이송0.09mm/rev이하에서 표면거칠기가 다소 거칠어지는 경향을 보이고 있다.

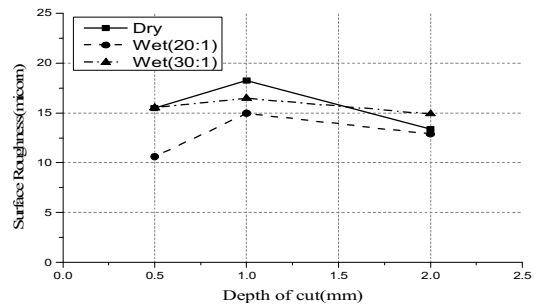


Fig. 5 Variation of surface roughness depending on feed rate (cutting speed:100m/min, feed rate:0.045mm/rev)

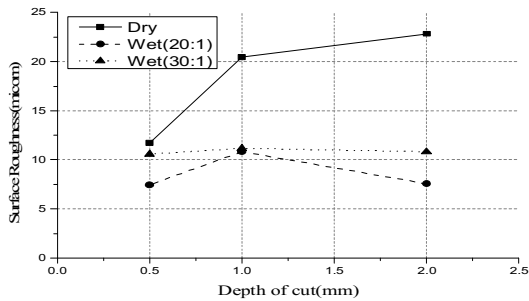


Fig. 6 Variation of surface roughness depending on feed rate (cutting speed:100m/min, feed rate:0.09mm/rev)

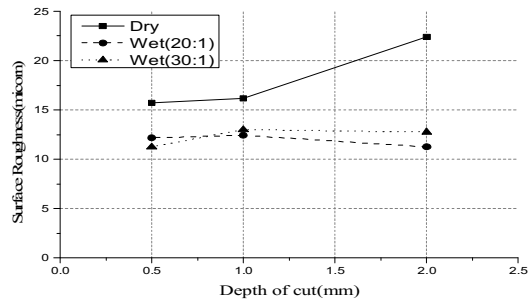


Fig. 7 Variation of surface roughness depending on feed rate (cutting speed:100m/min, feed rate:0.179mm/rev)

Table 8 Results of surface Roughness

Source	DF	Sea SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Feed rate	2	21.309	21.309	10.655	1.39	0.271
Cutting fluid	2	185.356	185.356	92.678	12.13	0.000
Depth of cut	2	33.485	33.485	16.742	2.19	0.138
Error	20	152.773	152.773	7.369		
Whole	26	392.923				

S=2.76381

R-Squared(제공)
=61.12%

R - Squared
(correction)
=49.45%

Table 8 과 같이 가공면 표면거칠기 측정 실험을 통하여 각각의 인자 중 Cutting fluid가 가장 영향을 미치는 인자로 볼 수 있다.

Fig. 8은 주효과도에서 가공면 표면거칠기를 낮출 수 있는 인자별 수준의 배치이고 분석한 결과 Feed rate, Depth of cut은 주효과도에서 제시하는 수준을 선택하면 양호한 표면거칠기를 얻을 수 있다.

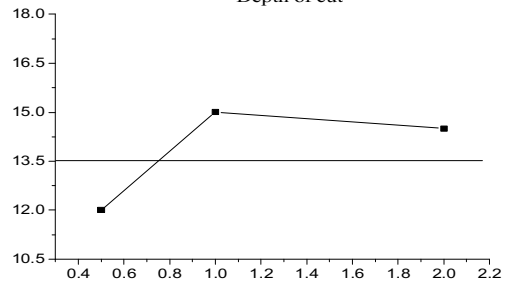
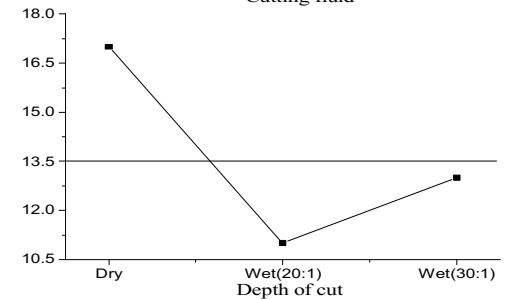
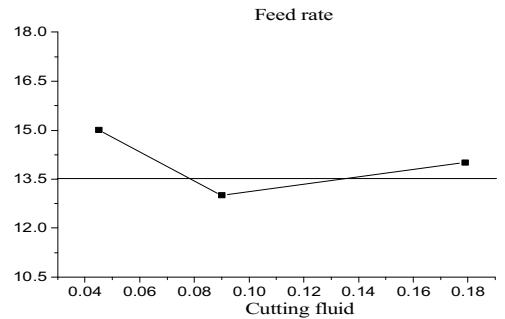


Fig. 8 Main effects plot (mean data)

(Feed rate : 0.090 mm/rev, Cutting fluid : Wet(20:1), Depth of cut : 0.5 mm)

4. 결론

본 실험에 의하여, 절삭속도와 절삭깊이 및 이송량의 변화에 따라 건식절삭과 습식절삭의 가공면 표면거칠기를 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 저속(속도50m/min), 저이송(0.045mm/rev) 절삭시 (절삭깊이 1mm) 물을 20배로 희석한 절삭유에서 가장 양호한 표면거칠기(3.44microm) 를 얻을 수 있었다.
2. 절삭유의 냉각 및 윤활효과에 의하여 구성 날끝 임계속도가 표면거칠기에서 구성날끝 임계 속도보다 고속측에서 생성됨을 알았다.

3. 실제의 표면거칠기는 이송량이 증가할 수록 기하학적 표면거칠기에 근접하게 되고 그 비는 적게는 4배, 크게는 20배 이상 거칠게 나타났고, 건식절삭은 습식절삭(희석비율 20:1)에 비하여 약 3배 이상 거칠게 나타내고 있었다.

4. Feed rate, Depth of cut은 가공면 표면거칠기에 영향을 주는 인자이며 동일조건인 가공인 경우 건식절삭보다 습식절삭이, 습식절삭에서도 희석비율이 20:1의 절삭유를 사용할 경우 표면거칠기가 양호한 것으로 나타났다.

REFERENCES

1. Olsen, K. V., "Surface Roughness on Turned Steel Component and the Relevant Mathematical Analysis", *Prod. Engr.* 47, pp. 595~606, 1968.
2. Petropoulos, P. G., "The Effect of Feed Rate and Tool Nose Radius on Roughness of Oblique Finish Turned Surface", *Vol. 23, No. 3*, pp. 299~310, 1973.
3. Tobias, S. A. and Fisheick, W., "The Chatter of Lathe Tools under Orthogonal Cutting Conditions", *Trans. ASME*, Vol. 170, pp. 232~264, 1956.
4. Ramaswami, R., "The Effect of the Built-up Edge on the Wear of Cutting Tools", *Wear* 18, pp. 1~10, 1971.
5. Trigger, K. J. and Chao, B. T. "An Analytical Evaluation of Metal-Cutting Temperatures", *Trans. ASME*, pp. 57~66., 1951.
6. Cook, N. H., Nayak, P. N., "The Thermal Mechanics of Tool Wear", *Trans. ASME*, pp. 93~100, 1966.
7. Cook, N. H., "Tool Wear and Tool Life", *Trans. ASME*, pp. 931~937, 1973.
8. Shaw, M. C., Pigott, J. D. and Richardson, L. P., "The effect of the Cutting Fluid upon Chip-Tool Interface Temperature", *Trans. ASME*, Jan., pp. 45~56, 1951.
9. Kececioglu, D., Sorensen, A. S., "Comparative Effect of Land and Crater Wear on Tool Life when Dry Cutting, Mist Cooling and Flood Cooling", *Trans. ASME*, pp. 49~52, 1962.
10. Ramaiyengar, H. S., Salmon, T., Rice, W. B., "Some Effects of Cutting Fluid on chip Formation in Metal Cutting", *Trans. ASME*, Feb., pp. 36~38., 1965.
11. Konig, W., Diederich, N., "Cutting Fluid Improve Tool-Life of Carbide Tools by chemical Teactions", *CIPP*, Vol. XVII, pp. 17~28., 1969.
12. Kwon, D. K., Wang, D. H., "A Statistical Study on the Blasting Conditions when Micro Blasting for Rotating Aluminum Rodl," *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, Vol. 16, No. 2, pp. 135-141, 2017