

Wiper 공구에 의한 선삭가공시 표면거칠기 특성

이영문*, 류청원**, 손재환***, 김선일****, 정희철****

Roughness Characteristics of Turned Surface by Wiper Tool

Young-Moon Lee*, Chung-Won Ryu**, Jae-Hwan Son***, Sun-Il Kim****, Hee-Chul Jung****

ABSTRACT

Until a recent date, the surface finish generated in turning by the conventional cutting tool is directly related to the feed rate and the size of the tool nose radius. With this tool a large feed rate will give poorer surface finish and a large nose radius will generate a better surface finish. Recently a new concept in the tool design is introduced to achieve a better surface finish at a higher feed rate. This is the wiper tool, which has the portion of nose with infinite radius. This can remove the ridges left when the conventional tool is used. In this study two series of cutting tests with the wiper tool and the conventional tool are carried out under the various cutting conditions of cutting depth, feed rate and cutting speed. The effects of the wiper design and the cutting conditions on the surface roughness resulted are carefully examined and compared.

Key Words : Surface finish(표면마무리), Surface Roughness(표면거칠기), Wiper tool(와이프공구), Tool nose radius(공구노오즈반경), Feed rate(이송속도).

1. 서 론

최근 자동차산업, 항공기산업, 공작기계산업등에서 제품의 고정밀화를 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 정밀가공은 품질향상과 경제적인 측면에서 볼 때, 매우 중요한 과제라 할 수 있다. 특히 표면거칠기는 제품의 내마멸성, 내식성, 피로강도 및 치수정밀도에 많은 영향을 미치므로 표면거칠기 향상에 관한 연구는 지속적으로 요구되고 있다.

지금까지 이루어진 대부분의 절삭가공표면의 거

칠기에 대한 연구⁽¹⁻⁴⁾에서는 절삭조건 및 공구형상에 따른 가공표면의 이론적 및 실험적 거칠기특성에 관한 것으로, 이 때 노오즈반경(noise radius)이 거칠기를 구성하는 중요한 공구형상인자이다.

Okushima⁽⁵⁾는 선삭가공시 표면거칠기의 생성원인을 정량적으로 고찰하고, 공구마멸부를 측정하여 표면거칠기와의 관계를 제시하였으며, Venkatesh등⁽⁶⁾은 공구의 마모에 따른 열발생에 의하여 칩이 가공면에 용착됨으로서 표면거칠기가 악화된다고 주장하였다.

Greenhow등⁽⁷⁾은 절삭속도 및 이송의 변화가 가공면의 표면거칠기와 절삭저항에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 또한 Shaw⁽⁸⁾는 공구수명과 가공면의 표면거칠기에 영향을 주는 절삭속도와 이송에 대한 최적조건을 제시하였다.

상기한 바와 같이 절삭가공에 있어서 가공표면의

* 경북대학교 기계공학부

** 한국폴리텍대학 컴퓨터응용기계학과

*** 대구기계부품연구원

**** 경북대학교 대학원 기계공학과

거칠기에 관하여 많은 연구가 행하여져 왔으나, 아직도 상용 절삭조건에서 얻어지는 표면거칠기 특성에 대한 이해가 미진한 실정이다. 또한 공구형상이나 절삭조건을 적절히 선택하여 우발요인이 생기지 않는 한 표면거칠기는 이론적으로 결정할 수 있다고는 하나 실제의 거칠기 값이 이론치에서 벗어나는 경우가 많다. 본 연구에서는 선삭가공시 공구의 선단부 형상(wiper 유무)과 절삭조건에 따라 변화되는 가공 표면의 거칠기 특성을 비교 고찰하였다.

2. 절삭가공면의 표면거칠기

절삭된 가공면을 공구 현미경으로 관찰하면 수많은 요철을 볼 수 있다. 이와 같이 일정한 간격사이에 나타나는 요철의 크기를 표면조도 또는 표면거칠기(surface roughness)라 하며, 정밀도를 정하는 중요한 인자이다.

선삭가공시 피삭재의 표면거칠기는 절삭공구에 의한 이송자극과 절삭시 발생하는 구성인선 및 떨림 등에 의한 것으로 Fig. 1 에 나타낸 바와 같이 측정방향에 따라 절삭방향거칠기(A)와 이송방향거칠기(B)로 규정되며 두 방향에 따른 표면거칠기는 다르다. 일반적으로 이송방향 거칠기가 더 큰 값을 나타내므로, 이를 측정하여 선삭가공면의 거칠기로 한다.

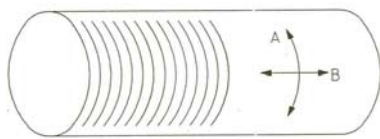


Fig. 1 Measuring direction of surface roughness in turning

공구날끝부가 가공물을 절삭할 때 이상적인 이송자극 형상은 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 공구날끝형상과 이송의 크기에 의해 기하학적 파형곡선으로 형성된다.

대부분의 경우 그림(a)에 해당하며 이 때 얻어지는 이론적 최대높이 표면거칠기(Rmax)값은 식 (1)과 같이 주어진다.

한편 Fig. 2와 같이 공구노오즈의 일부에서 노오즈 반경 $R_{wiper} = \infty$ 인 wiper형 공구로 이송량(f)이 절삭공

구 날 끝부분의 평활부의 길이와 같거나 보다 작은 조건으로 가공하면 표면거칠기 산의 형상이 평활한 면과 같은 모양으로 형성되고 이론적 최대거칠기(Rmax)값은 식 (2)와 같이 0이 된다.

$$R_{max} = R - R_{cos} \delta = R(1 - \cos \delta)$$

$$= R \{1 - \sqrt{1 - \sin^2 \delta}\} \approx \frac{R}{2} \sin^2 \delta \approx \frac{f^2}{8R}$$

(1)

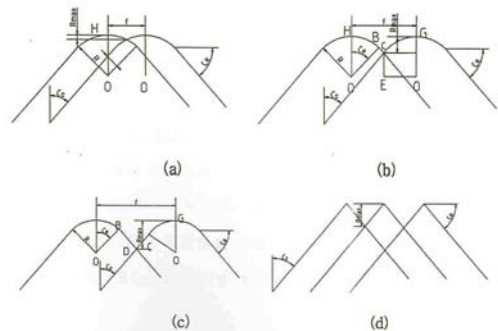


Fig. 2 Ideal surface roughnesses in turning depending on tool shape and feed.

$$R_{max} \approx \frac{f^2}{8R_{wiper}} \approx 0$$

(2)

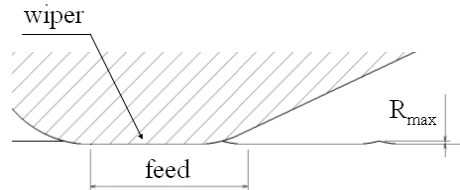


Fig. 3 Ideal finishing roughness in turning by wiper cutting tool

3. 절삭실험

3.1 실험기기

실험에 사용한 공작기계 및 표면거칠기 측정장비의 제원은 Table 1과 같다.

Table 1 Specifications of experimental equipments

Name	Description and Specification
CNC-Lathe	Model : S&T Dynamics Co. TSL-6 Swing over Bed : 460mm Distance between Center : 430mm Spindle Speed : 50~5000rpm Turret number : 12EA
Surface roughness measuring instrument	Model : Mitutoyo SURF-TEST SV-414 Limit indication : $600\mu\text{m } R_{\text{max}}$ Cut off value : 0.08~8mm Basic range : 0.25~8mm Stylus force : 0.4gf Driving speed : 0.02~1.2mm/s Tip radius : $5\mu\text{m}$

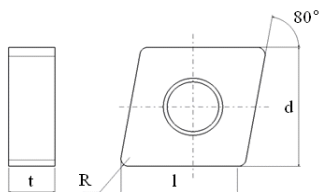
3.2 절삭공구

실험에 사용한 절삭공구는 국내 T사에서 생산된 양면 Negative Insert CNMA 120408(non wiper) 및 CNMA 120408 WT(wiper)이며, Tip의 치수 및 형상을 Table 2 및 Fig. 3에 나타낸 바와 같다.

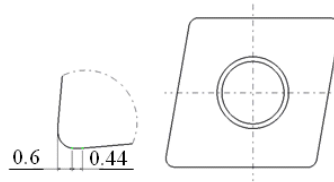
Table 2 Dimensions of insert tip

	Angle (°)	Clearance angle (°)	l	d	t	R	Wiper
CNMA 120408 TT1500	80	0	12.0	12.7	4.76	0.8	X
CNMA 120408 WT TT1500	80	0	12.0	12.7	4.76	0.8	O

툴 홀더(tool holder)는 PCLNR 2525 M12를 사용하였으며, 주요제원 및 그 기하학적 형상과 치수를 Table 3 및 4, Fig. 4에 나타내었다.



a) CNMA 120408



b) CNMA 120408 WT

Fig. 4 Turning Insert tip

Table 3 Dimensions of tool holder

Dimensions of tool holder (Unit : mm)					
H	W	L	S	h	l
25	25	150	32	25	28

Table 4 Specifications of tool holder

Specifications of tool holder					
Style	Clamping system	point angle	Entering angle	Clearance angle	Version
PCLNR 2525 M12	Hole Clamping	80°	95°	6°	Right

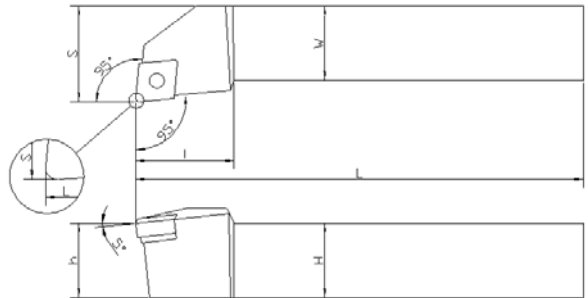


Fig. 5 Tool holder

3.3 시험편

본 실험에서 사용된 재료는 기계구조용 강인 SM45C를 사용하였으며, 시험편의 크기는 $\Phi 25 \times 100\text{mm}$ 로 각각 36개의 시험편을 제작하였다. 소재의 화학적 성분과 기계적 성질을 각각 Table 5 및 6에 나타내었다.

Table 5 Chemical composition of workpiece

Chemical composition (%)								
Material	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Fe
SM45C	0.427	0.213	0.679	0.01	0.01	0.052	0.12	Bal

Table 6 Mechanical Properties of workpiece

Mechanical properties				
Material	Yield stress (Mpa)	Tensile stress (Mpa)	Elongation (%)	Hardness (HB)
SM45C	509.6	793.8	18	225

3.4 절삭실험

Fig. 5는 CNC 선반에서 시험편 절삭 과정을 나타낸 것으로서 시험편을 주축대 유압척과 심압대로 견고하게 지지하여 절삭시 떨림을 방지하였다.

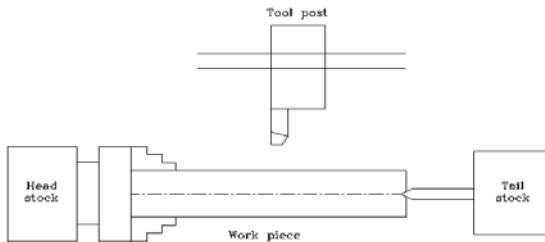


Fig. 6 Turning test by CNC lathe

Table 7 Cutting conditions

Cutting Conditions	Cutting speed (m/min)	100, 200, 300
	Depth of cut (mm)	0.4, 0.8, 1.2
	Feed rate (mm/rev)	0.2, 0.3, 0.4, 0.5

절삭조건으로는 Table 7에 나타난 바와 같이 절삭깊이를 0.4, 0.8, 1.2mm, 절삭속도 100, 200, 300m/min, 이송속도 0.2, 0.3, 0.4, 0.5mm/rev, 및 Wiper의 유무에 따라 총 72회의 절삭실험을 수행하였다.

3.5 표면거칠기 측정

Fig. 6은 표면거칠기 측정시스템을 나타낸 것으로이며, 표면 거칠기의 정확한 측정을 위하여 수준기로 수평을 맞춘 후 Cut off 값 0.8mm, 기준길이는 Cut off 값의 5배인 4mm, Range 값은 25 μ m로 설정하여, 가공된 시험편을 알콜로 세척한 후 V-Block위에 올려놓고, 120°씩 돌려가며 Pick-up을 한 후 Traverse unit를 작동하였다. 그리고 Amplifier Recorder로부터 최대높이(R_{max}), 10점 평균거칠기(R_z), 중심선 평균거칠기(R_a)를 측정한 다음 그 중 중심선 평균거칠기 값을 선정하여 4회 측정된 평균값을 data로 사용하였고, 그 시험편에 대한 표면거칠기를 측정하였다.

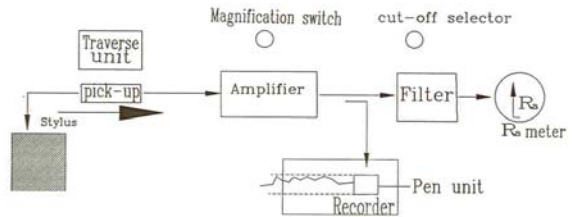


Fig. 7 Measuring instrument of surface roughness

4. 실험결과 및 고찰

Fig. 7은 절삭속도 100m/min에서 이송(feed)과 절삭깊이(depth of cut)에 따른 중심선 평균거칠기, R_a 값의 변화를 나타낸 그래프이다.

전체적으로 wiper가 있는 공구를 사용한 경우가 wiper가 없는 공구의 표면거칠기 보다 양호함을 알 수 있다.

Fig. 8은 절삭속도 200m/min에서 중심선 평균거칠기, R_a 값의 변화를 나타낸 그래프이다. wiper가 없는 인서트의 경우 이송에 따른 표면거칠기의 결과값이 큰 차이를 나타내고 있다. 절삭깊이에 따른 표면거칠기의 변화는 미소함을 알 수 있다. Wiper 형상의 인서트를 사용하여 실험한 결과 표면거칠기 값이 wiper가 없는 인서트를 사용한 경우보다 큰 폭으로 감소함을 알 수 있다. 이송에 따른 변화량은 큰 차이가 없으며 절삭깊이의 영향도 100m/min에 비해 감소하였다.

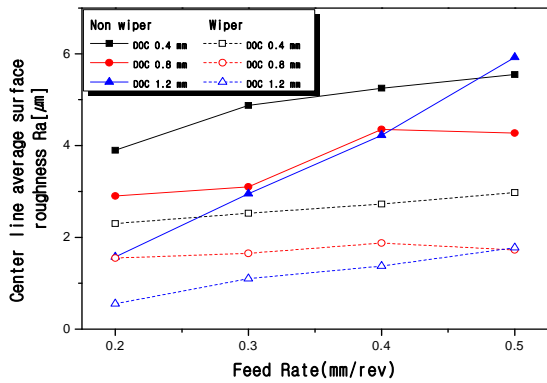


Fig. 8 Surface roughness vs. feed rate (Cutting speed 100m/min)

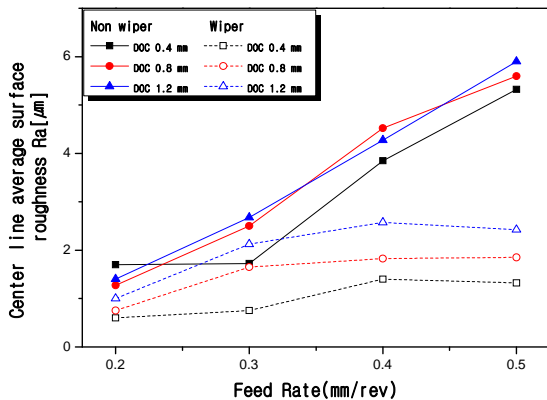


Fig. 9 Surface roughness vs. feed rate (Cutting speed 200m/min)

Fig. 9는 절삭속도 300m/min에서 중심선 평균거칠기, Ra 값의 변화를 나타낸 그래프이다.

Wiper가 없는 인서트를 사용하여 실험한 경우 선형증가 현상이 더욱 뚜렷이 나타나며 절삭깊이의 영향도 절삭속도 100m/min, 200m/min에 비하여 감소하였다. Wiper가 있는 인서트에 대한 실험 결과 역시 이송 및 절삭깊이의 영향이 감소하였다. 그러나 저이송 영역인 이송 0.2mm/rev의 경우 결과값이 다소 변동하는 것을 알 수 있으며 이는 저이송 영역에서 wiper의 역할이 불안정한 것으로 판단된다. 절삭속도의 변화에 따른 표면거칠기 결과는 wiper가 없는 인서트를 사용한 경우, 전체적으로 1.5~6μm 범위를 나타내며,

절삭속도 변화에 따라 그 차이가 크지 않았음 알 수 있다.

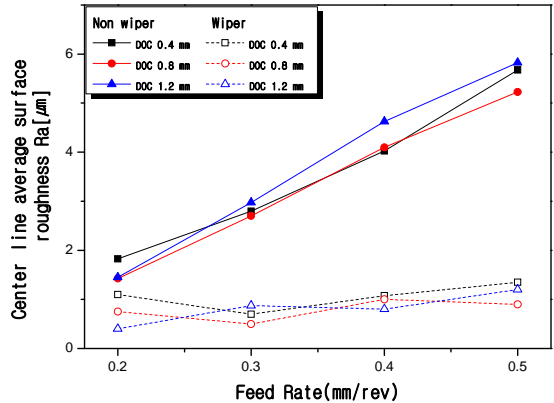


Fig. 10 Surface roughness vs. feed rate (Cutting speed 300m/min)

5. 결론

본 논문에서는 다양한 절삭조건에서 공구형상인자로서의 wiper가 표면거칠기 변화에 미치는 영향을 분석, 검토하였다.

1. Wiper가 있는 인서트를 사용한 절삭시 wiper가 없는 경우보다 훨씬 양호한 표면거칠기 값을 얻었다.
2. Wiper가 없는 공구의 경우 이송에 따라 표면거칠기 값은 선형적으로 증가하는 경향을 나타내었으며 wiper가 있는 경우 그 변화량의 정도는 낮게 나타난다.
3. 절삭 깊이에 따라 표면거칠기 값은 증가하나 절삭속도가 증가할수록 그 차이는 감소하는 경향을 나타낸다.

참고문헌

1. J. Taylor, "Advances in Machine Tool Design and Research", Pergamon Press, pp. 225-243, 1969.
2. V. Solaja, "Wear of Carbide tools and Surface

- Finish Generated in Finish Turning of Steel", *Wear* Vol. 2, pp. 40-58, 1958.
3. PG Petropoulos, "The Effect of Feed rate and Tool Nose Radius on Roughness of Oblique Finish Turned Surface", *Wear*, Vol. 23, pp. 299-310, 1973.
 4. M. C. Shaw, J. A. Crowell, "Finish Machining", *Annals of CIRP*, pp. 5-21, 1965.
 5. 奥島啓示・恒野義昭・藤田成良, "SM45C鋼の上切削する表面あちさ原因について" *精密機械*, 38巻2號, pp. 195-201, 1972.
 6. V. C. Venkatesh, M. Satehahanandam, "A Discussion on Tool Life Criteria and Total Failure Criteria and Total Failure Causes", *Annals of CIRP*, Vol. 29, No. 1, pp. 19-22, 1980.
 7. J. N. Greenhow, C. Rubenstein, "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.
 8. M. C. Shaw "Optimum Selection of Machine Tool: Speed and Feeds", *Int. J. Mech. Des. Res.* Vol. 5, pp. 25-34, 1965.