

선삭가공의 피삭재에 따른 표면거칠기의 비교 분석

박동근¹, 이준성^{1*}

¹경기대학교 기계시스템공학과

Comparison of the Surface Roughness according to the Workpiece Materials of Turning Operations

Dong-Keun Park¹, Joon-Seong Lee^{1*}

¹Dept. of Mechanical System Engineering, Kyonggi University

요약 선삭작업에서 가공 여유각 변경은 가공특성을 변화시킨다. 본 연구에서는 피삭재로 기계구조용탄소강, 크롬몰리브덴강, 스테인리스강을 선택하여 정해진 가공조건으로 재질들의 특색이 어떻게 변화하는지 나타내었다. 피삭재의 재질별 표면거칠기를 알아보기 위하여 측정식 표면 거칠기 측정기로 측정된 결과 인장강도가 높은 피삭재가 표면거칠기 값이 좋게 나왔다. 또한, 가공 이송속도 0.07 mm/rev와 0.10 mm/rev를 비교하였을 경우, 0.07mm/rev일 때가 재질과 관계없이 표면거칠기가 매우 좋게 나타났다. 선삭 여유각 변경에 따른 표면거칠기를 종합하여 분석하여 보면 3가지 재질 모두 0.9°일 때 가장 좋은 거칠기 값을 보였으며 0.3°일 때 가장 나쁜 거칠기 값을 보였다.

Abstract The turning clearance angle changes the machining characteristics. In this study, three workpiece materials, machine structural carbon steel, chrome-molybdenum steel and stainless steel, were examined. The experiments revealed how the features of selected materials changed when they were processed with machining operation. To find the surface roughness of workpiece materials, the workpiece materials, which have a higher tensile strength, showed a much better surface roughness in the surface roughness tester. Moreover, the process feed rate was compared between 0.07 mm/rev and 0.10 mm/rev. When the process feed rate was 0.07 mm/rev, the surface roughness has superior results without reference to the quality of the materials. According to this research on the turning clearance angle, the best roughness value was observed when the quality of the materials were 0.9°, whereas the worst roughness was observed when quality of the materials was 0.3°.

Key Words : Workpiece Materials, Feed Rate, Surface Roughness, Turning Operation

1. 서론

자동화 공작기계의 가공방식과 절삭 속도 제어를 통한 제품의 완성도를 높이기 위한 노력들을 많이 하고 있다. 또한 절삭공구의 형태가 부착 식에서 교환 식으로 변화하는 과정에 바이트의 인선각 변화에 절삭성의 최적화 및 절삭조건에 따른 공구수명 및 표면도조에 미치는 영향 등의 연구가 수행된 바 있다[1,2].

제품의 가공정밀도를 판정하는 기준의 하나로 표면거

칠기가 활용되고 있다. 그러나 표면거칠기의 예측은 실제로 절삭인자가 많아 이론식으로 접근하기가 어려운 실정이다[2]. 점차적으로 변화되는 모습을 분석하면 몸으로 느끼고 눈으로 직접 결과를 확인할 수 있는 과정에서 점차 방향을 바꾸어 유한요소법을 이용한 절삭공구의 온도 분포 해석이나 정밀 절삭을 위한 시뮬레이션 및 이송속도 스케줄링 시스템 개발 등 수학적이고 분석적인 방향을 진행하고 있는 실정이다[3,4]. 또한 다른 측면으로 본다면 이제 단면적인 실험[5]이나 연구는 점차로 줄어들

*Corresponding Author : Joon-Seong Lee(Kyonggi Univ.)

Tel: +82-31-249-9813 email: jslee1@kyonggi.ac.kr

Received September 25, 2014

Revised (1st October 17, 2014, 2nd October 29, 2014)

Accepted February 12, 2015

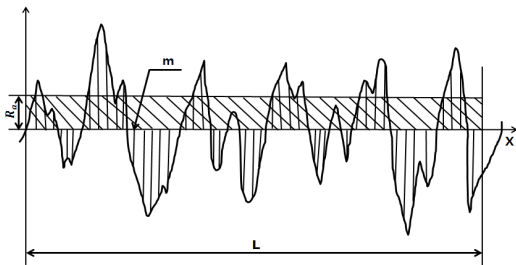
고 시스템적이며 다면적인 실험이 수행되어야 함을 알 수 있으며, 절삭가공에서의 인선각도, 가공속도, 재료 등을 복합적인 실험을 통하여 연구할 필요가 있다. 본 연구에서는 이제까지 수행되지 않았던 선삭 여유각 변경에 따른 피삭재의 가공특성 변화에 대한 연구를 살펴보고자 피삭재의 재질에 따른 표면거칠기 및 정밀도를 비교 분석하고자 하였다. 피삭재로는 대표적인 강의 하나인 SM45C와 성질이 다른 합금강인 SCM415, 비철금속재료인 STS303 등 3종류의 재료를 선택하였다. 우선 가공깊이와 여유각 변경에 따른 산술 평균 거칠기와 10점 평균 거칠기를 비교 분석한다. 또한, 가공깊이별 가공 정밀도와 절삭가공 여유각 변경에 따른 정밀도를 비교분석하고자 한다.

2. 표면거칠기

본 연구에서 표면거칠기는 측정대상물의 표면으로부터 임의로 채취한 요철 부분에서의 측정된 값으로 측정대상물의 표피에 대한 정밀도와 매우 밀접한 관계가 있다. 표면거칠기를 측정하는 방법으로는 표준 편과의 비교에 의한 비교 측정법, 측정식 측정법, 광절단식 측정법이 있다.

표면거칠기를 수치로 평가하는 파라미터로 단위는 (μm)를 사용하고 거칠기 곡선의 최대 높이(R_{max}), 거칠기 곡선의 산술 평균 거칠기(R_a), 거칠기 곡선의 10점 평균 거칠기(R_z)의 3가지 종류의 측정방식을 이용하고자 한다.

Fig. 1의 표면거칠기 곡선에서 산술 평균 거칠기(R_a)는 평균 선의 방향에 기준 길이만큼 뽑아내어, 그 표본부분의 평균 선 방향에 X축을, 세로배율 방향에 Y축을 잡고 곡선을 $y=f(x)$ 로 나타내며 식 (1)과 같이 그 값을 표시할 수 있다[6].

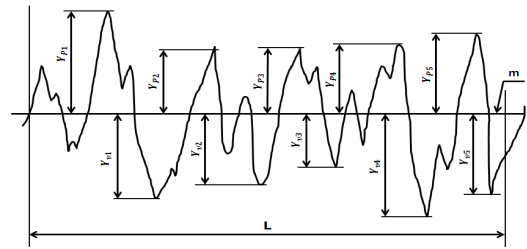


[Fig. 1] Arithmetic mean roughness

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^L |f(x)| dx \quad [\mu\text{m}] \quad (1)$$

$$(dx \approx \frac{|h_1| + |h_2| + \dots + |h_n|}{N})$$

10점 평균거칠기(R_z)는 거칠기 곡선에서 샘플링한 기준 길이 내의 가장 높은 쪽의 5번째 까지 선행 평균거칠기 값과 5번째 골 바닥 점을 지나는 평균 선을 그어 두 직선 거리로 R_z 를 나타낸다. Fig. 2는 10점 평균거칠기를 구하는 방법을 나타내고 식 (2)와 같이 그 값을 표시할 수 있다[6].



[Fig. 2] Ten point average roughness

$$R_z = \frac{|Y_{P1} + Y_{P2} + \dots + Y_{P5}| + |Y_{V1} + Y_{V2} + \dots + Y_{V5}|}{5} \quad (2)$$

3. 가공 및 측정 장비

본 연구를 위하여 피삭재를 가공하기 위해서 사용한 장비는 매우 정밀하고 사용에 전문성이 요구되는 장비로 CNC 터닝 센터(SKT200 Series)이다. CNC 터닝센터는 일반 보통 선반보다 수치제어프로그램을 내장한 소형컴퓨터가 부착되어 가공 수치제어코드를 입력하여 자동 가공하는 장비이며 자동공구 교환장치 및 무단변속기 등의 최첨단 장치가 부착되어 있으며 2축이 동시에 작동되는 볼트 및 구형가공 등을 쉽게 할 수 있어 다품종 소량생산과 대량생산에 사용된다[7,8].

본 연구의 가공장비는 Fig. 3과 같은 현대 위아 공작기계에서 판매하는 터닝센터로써 연구용 피삭재를 가공용으로 사용하였다.

측침식 표면거칠기 측정기(roughness testing machine, 모델명: Kosaka SE-3500)는 [Table 1]과 Fig.

4에 측정 장비의 사양 및 장비의 형상을 나타내었다. 측정 면을 검출기로 긁어 유닛을 통하여 전기적, 기계적, 광학적 방법으로 확대하여 거칠기를 측정 데이터와 프린터로 결과 값을 보여주고 있으며 본 연구에서 이 방식을 채택하여 실험하였다.



[Fig. 3] CNC turning center SKT200 series

[Table 1] Kosaka SE-3500 specifications

Model		Contents
Type		KOSAKA SE 3500
Standards		JIS(2001/94/82), DIN, ISO, ASME, etc
Measuring	range	Z : 600 μm X : 100 mm
	magnification	Z : 50~500,000 X : 1~5,000
	speed	0.05 ~ 2 mm/s
Z traverse range		250 mm
Recording		Free layout



[Fig. 4] Stylus type surface roughness tester

사용된 시험재료에 대한 기초 가공용 CNC데이터를 코딩하고 각 재료별로 정삭가공을 위한 코딩작업을 다시 하여 실험데이터를 얻고자 하였다. [Table 2]는 선택 시험재료에 대한 기계적 성질을 나타낸 것이다.

실질적인 연구와 측정에 사용될 시편을 제작하기 위해서 시편용 가공조건을 결정하여야 한다. SM45C, SCM415, STS303 등의 3종류 재료에 대해 가공 깊이를

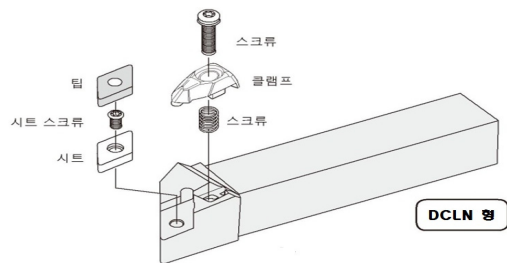
0.1 mm, 0.2 mm, 0.3 mm로 결정하고 가공에 따른 이송 속도를 0.07 mm/rev, 0.10 mm/rev 으로 각각 결정하였다.

[Table 2] Material properties

Materials	SM45C	SCM415	STS303
Specific gravity [g/cc]	7.85	7.85	8
BHN	170	197	160
RHN (B Scale)	86	92	83
Max. tensile strength [MPa]	585	731	620
Yield Stress [MPa]	505	380	240
Young's Modulus [GPa]	205	205	193
Poisson's ratio	0.29	0.29	0.25

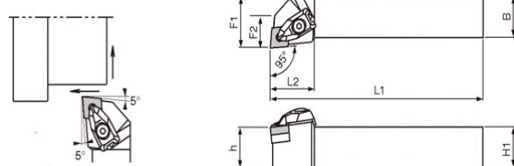
본 실험에 사용된 절삭공구는 DCLN형[9] 홀더로 Fig. 5에 인서트 공구의 명칭을 표시하였다. 또한, Fig. 6은 실험용 DCLN 2525M-12 인서트 규격을 표시한 것이다.

인서트 바이트의 인선높이, 절인 경사각, 전면 여유각 등이 동시에 변화가 되는 팁 받침인 시트의 각도를 최초 가공하지 않은 0.0°, 그리고 -0.3°, -0.9°로 받침 시트를 가공하여 3종류의 재료를 각각 18개씩 54개의 시험편을 가공하였다.



[Fig. 5] Shape of holder and name of part

규격	재고							치 수 (mm)							기 기	부 품				
	R	L	베	B	L1	L2	F1	F2	홀드 세트	스크류	스프링	시트	시트 스크류	편지		판지				
DCLN	2020K-09	●	●	20	20	125	25	25	20	CP-2D	CS-2D	SP-2D	DC-32	SB-300TR	LW-2.5	FF-10				
	2525M-09	●	●	25	25	150	25	32	18											
	2020K-12	●	●	20	20	125	33	25												
	2525M-12	●	●	25	25	150	33	32	20	CP-3D	CS-3D	SP-3D	DC-44	SB-400TR	LW-3	FF-15				
	3225P-12	●	●	32	25	170	32	32	0.8											



[Fig. 6] Standard of insert holder DCLN 2525M-12

4. 실험 결과

4.1 재료별 거칠기 비교

본 실험에서는 최대 높이 거칠기 값을 제외하고 산술 평균 거칠기 값과 10점 평균거칠기 값을 가지고 비교 분석하였다. 물론, 최대높이와 10점 평균거칠기 값을 비교한 결과 그 값이 한 치의 오차도 없이 동일하게 나타났다.

1) 먼저 재료별 거칠기 값을 비교한 결과 값으로 [Table 3]은 재료별 산술 평균 거칠기(Ra) 값을 재료별 가공 깊이별로 측정된 결과 값이다. 이 값을 기준으로 Fig. 7에 feed = 0.07, 0.01 mm/rev로 가공한 결과 값을 함께 나타내었다. 이 그림을 살펴보면 다음과 같이 몇 가지 결과를 얻을 수 있었다.

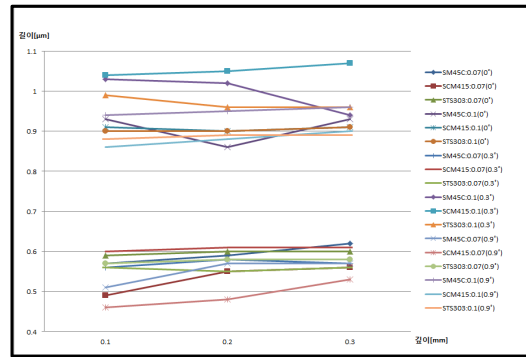
첫째, 재료별 산술 평균 거칠기(Ra) 결과 값을 순차 함께 방식으로 확인한 결과 [Table 4]와같이 가장 좋은 거칠기 값이 나온 SCM415, 다음으로 STS303, 그리고 표면 거칠기가 가장 나쁜 결과 값이 나온 SM45C로 확인되었다.

둘째, 절인 경사각을 배제하고 가공 속도만을 기준으로 표면거칠기를 비교한 결과는 가공 이송속도 0.07mm/rev일 때 STS303 → SM45C →SCM415 순으로 STS303이 세 가지 재질 중 가장 나쁜 거칠기 값을 보이고, 가공 이송속도 0.10 mm/rev일 때 SM45C → SCM415 → STS303 순으로 확인되었다.

셋째, Fig. 7와 같이 재료별로 전체 통합하여 산술평균 거칠기를 비교 관찰하여 보면 이송속도에 따라 거칠기 값이 확연히 다르게 나타나고 이송속도가 적으면 거칠기 값이 좋아짐을 알 수 있었다.

[Table 3] Measurement data of Ra

Workpiece		Ra(Arithmetic mean roughness)					
Material	Depth	Feed = 0.07			Feed = 0.10		
SM45C	0.1	0.57	0.56	0.51	0.93	1.03	0.94
	0.2	0.59	0.58	0.57	0.86	1.02	0.95
	0.3	0.62	0.57	0.57	0.93	0.94	0.96
SCM415	0.1	0.49	0.60	0.46	0.91	1.04	0.86
	0.2	0.55	0.61	0.48	0.90	1.05	0.88
	0.3	0.56	0.61	0.53	0.91	1.07	0.90
STS303	0.1	0.59	0.56	0.57	0.90	0.99	0.88
	0.2	0.60	0.55	0.58	0.90	0.96	0.89
	0.3	0.60	0.56	0.58	0.91	0.96	0.89

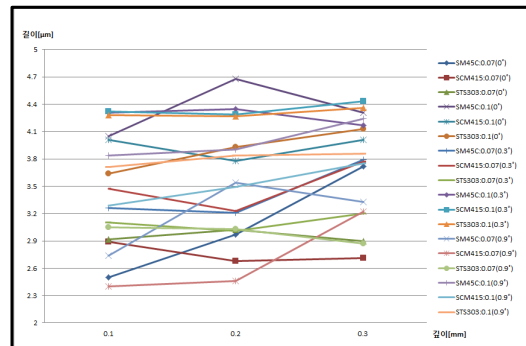


[Fig. 7] Ra on different materials

[Table 4] Ra on sequential total method

Workpiece		Ra									
Material	Depth	Feed = 0.07					Feed = 0.10				
SM45C	0.1	3	5	7	15	40	5	2	4	11	37
	0.2	3	5	6	14		9	2	4	15	
	0.3	1	5	5	11		5	4	2	11	
SCM415	0.1	8	1	9	18	54	6	1	9	16	45
	0.2	8	1	9	18		5	1	8	14	
	0.3	7	2	9	18		6	1	8	15	
STS303	0.1	2	5	3	10	37	7	3	8	18	51
	0.2	2	7	4	13		6	3	7	16	
	0.3	3	7	4	14		6	2	9	17	

2) 다음으로 [Table 5]는 재료별 10점 평균거칠기(Rz) 값을 재료별 가공 깊이별로 측정된 결과 값이다. 이 결과 값들을 함께 비교하여 Fig. 8에 나타내었다. 이 결과를 보면 산술 평균거칠기(Ra)와 다른 결과 값을 얻을 수 있었다.



[Fig. 8] Rz on different materials

첫째, 위와 동일한 방식으로 확인한 결과 [Table 6]과 같이 가장 좋은 결과 값을 순서대로 나온 재료별로 보면, SCM415 → STS303 → SM45C로 산출 평균거칠기(Ra)와 같은 결과로 확인되었다.

[Table 5] Measurement data of Rz

Workpiece		Rz(Ten point average roughness)					
Material	D	Feed = 0.07			Feed = 0.10		
SM45C	0.1	2.50	3.26	2.74	4.05	4.31	3.84
	0.2	2.97	3.21	3.54	4.68	4.35	3.90
	0.3	3.72	3.79	3.33	4.31	4.17	4.24
SCM415	0.1	2.89	3.47	2.40	4.01	4.32	3.29
	0.2	2.68	3.23	2.46	3.78	4.29	3.49
	0.3	2.71	3.77	3.22	4.01	4.43	3.75
STS303	0.1	2.92	3.10	3.05	3.64	4.28	3.71
	0.2	3.02	3.01	3.03	3.93	4.27	3.84
	0.3	2.90	3.20	2.87	4.13	4.36	3.86

[Table 6] Rz on sequential total method

Workpiece		Rz(Ten point average roughness)									
Material	D	Feed = 0.07					Feed = 0.10				
SM45C	0.1	8	2	7	17	36	4	2	6	12	32
	0.2	7	3	1	11		1	2	6	9	
	0.3	3	1	4	8		3	4	4	11	
SCM415	0.1	6	1	9	16	51	5	1	9	16	53
	0.2	8	2	9	19		8	3	9	20	
	0.3	9	2	5	16		7	1	9	17	
STS303	0.1	5	3	4	12	47	8	3	7	18	48
	0.2	5	5	4	14		5	3	7	15	
	0.3	7	6	8	21		6	2	8	16	

둘째, 가공 속도만을 기준으로 본다면 feed = 0.07 mm/rev일 때와 feed = 0.10 mm/rev일 때 SCM415 → STS303 → SM45C 순으로 동일한 결과 값이 확인되었을 뿐만 아니라 이 결과는 재료별 특색이 명확히 확인되었다.

위의 두 항목결과를 종합해 보면 산출 평균 거칠기 값과 10점 평균거칠기 값을 비교 분석한 결과 수치에 대한 약간의 차이는 있으나 재료별 거칠기 값은 SCM415 → STS303 → SM45C 순으로 동일하게 나왔음을 알 수 있었다.

4.2 각도별 거칠기 비교

가공 후 측정된 각도별 표면거칠기를 [Table 7]과 [Table 8]과 같이 재료에 따른 각도별로 구분하여 Ra(산술 평균 거칠기)와 Rz(10점 평균거칠기) 값을 비교하여 분석하고자 한다.

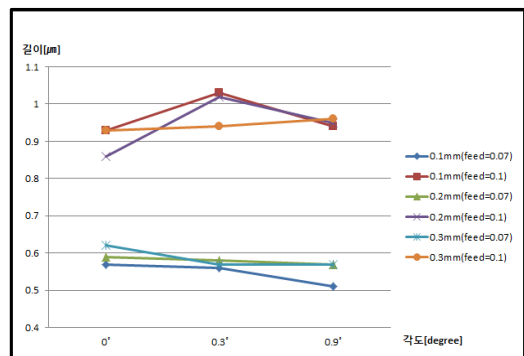
절삭공구인 인서트 홀더에 팁 받침인 시트를 판매상 태 그대로 두고 가공한 상태 즉, 0.0° 네거티브 경사각으로 본다면 -6.0° 상태일 때 각도를 기준으로 -6.3°, -6.9°로 한 재료 거칠기 비교 상태를 두 종류로 나누어 하나는 Ra, 다른 하나는 Rz로 재료별 각도 기준으로 자료를 정리하여 Fig. 9~Fig. 14에 나타내었다.

[Table 7] Measurement data of Ra on angle

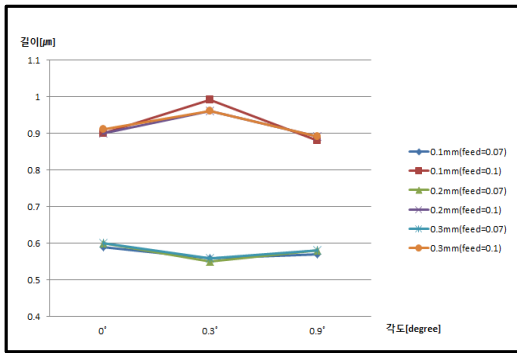
Workpiece		Ra(Arithmetic mean roughness)					
Material	θ	Feed = 0.07			Feed = 0.10		
SM45C	0.0°	0.57	0.59	0.62	0.93	0.86	0.93
	0.3°	0.56	0.58	0.57	1.03	1.02	0.94
	0.9°	0.51	0.57	0.57	0.94	0.95	0.96
SCM415	0.0°	0.49	0.55	0.56	0.91	0.90	0.91
	0.3°	0.60	0.61	0.61	1.04	1.05	1.07
	0.9°	0.46	0.48	0.53	0.86	0.88	0.90
STS303	0.0°	0.59	0.60	0.60	0.90	0.90	0.91
	0.3°	0.56	0.55	0.56	0.99	0.96	0.96
	0.9°	0.57	0.58	0.58	0.88	0.89	0.89

[Table 8] Measurement data of Rz on angle

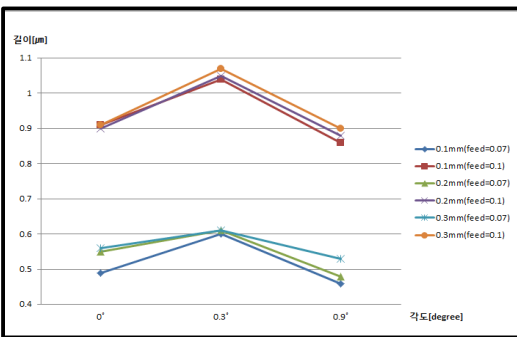
Workpiece		Rz(Ten point average roughness)					
Material	θ	Feed = 0.07			Feed = 0.10		
SM45C	0.0°	2.50	2.97	3.72	4.05	4.68	4.31
	0.3°	3.26	3.21	3.79	4.31	4.35	4.17
	0.9°	2.74	3.54	3.33	3.84	3.90	4.24
SCM415	0.0°	2.89	2.68	2.71	4.01	3.78	4.01
	0.3°	3.47	3.23	3.77	4.32	4.29	4.43
	0.9°	2.40	2.46	3.22	3.29	3.49	3.75
STS303	0.0°	3.02	2.90	3.64	3.93	4.13	4.13
	0.3°	3.10	3.01	3.20	4.28	4.27	4.36
	0.9°	3.05	3.03	2.87	3.71	3.84	3.86



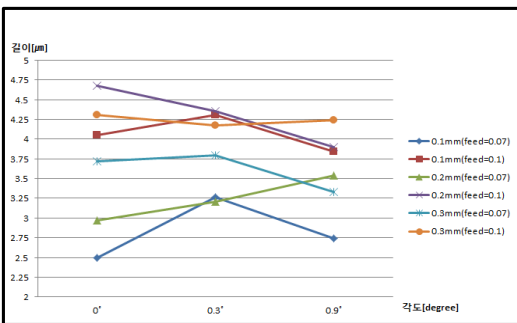
[Fig. 9] Ra of SM45C on angle



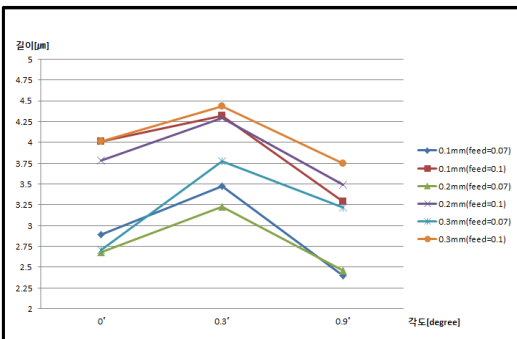
[Fig. 10] Ra of STS303 on angle



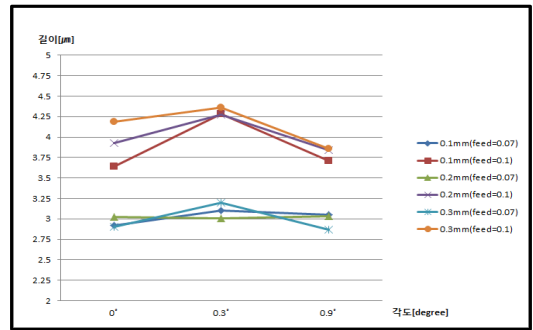
[Fig. 11] Ra of SCM415 on angle



[Fig. 12] Rz of SM45C on angle



[Fig. 13] Rz of SCM415 on angle



[Fig. 14] Rz of SCM415 on angle

이 그림들에서 알 수 있듯이 비교요약하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

첫째, SM45C의 경우 feed = 0.07일 때 Ra는 0.0° → 0.3° → 0.9° 순으로 거칠기 값이 좋게 변화였고 Rz는 0.3° → 0.9° → 0.0° 이었다가 feed = 0.10일 때 Ra는 0.3° → 0.9° → 0.0° 순으로 변화였고 Rz는 0.0° → 0.3° → 0.9°로 변화하였다.

둘째, SCM415의 경우 feed = 0.07일 때 Ra는 0.3° → 0.0° → 0.9°이고 Rz는 0.3° → 0.0° → 0.9°로 동일하게 변화하였으며, feed = 0.10일 때 Ra는 0.3° → 0.0° → 0.9°이고 Rz는 0.3° → 0.0° → 0.9° 순으로 거칠기 값이 두 이송 속도와 관계없이 동일하게 변화하였다.

셋째, STS303의 경우 feed = 0.07일 때 Ra는 0.0° → 0.9° → 0.3° 순으로 거칠기 값이 좋게 변화였고 Rz는 0.0° → 0.3° → 0.9°이었다가 feed = 0.10일 때 Ra는 0.0° → 0.3° → 0.9°순으로 변화였고 Rz는 0.3° → 0.0° → 0.9°순으로 변함을 알 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 선삭 여유각, 즉 가공 공구인 인서트 홀더의 절인 경사각을 변경시켜 피삭재별 표면거칠기 변화에 대하여 알아보고자 실험하였다. 3가지 재질 SM45C (기계구조용탄소강), SCM415(크롬몰리브덴강), STS303 (스테인리스강)을 선택하여 정해진 가공조건에 따라 가공하였을 경우 선택한 재질들의 표면거칠기를 비교하였다.

피삭재의 재질별 표면거칠기를 알아보기 위하여 축침식 표면거칠기 측정기로 측정한 결과 인장강도가 높은 피삭재가 표면거칠기 값이 좋게 나왔다.

표면거칠기는 SM45C → STS303 → SCM415 순으로 SM45C가 표면거칠기가 가장 나쁘게 나왔다. 또한, SM45C, SCM415, STS303이 세 가지 모두 0.9°일 때 가장 좋은 거칠기 값을 보였으며 0.3°일 때 가장 나쁜 거칠기 값을 보였다. 따라서 현재 사용되는 인서트 홀더 시트의 네거티브 각도를 -6.9°로 변경한다면 상기 실험한 재료의 종류와 관계없이 좋은 가공도가 나올 것으로 판단된다.

References

- [1] Yeom, S. H., Oh, J. U., Nam, H. C., "A study on optimum of cutting ability with change of tool rake angles", Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A56, pp. 1043-1054, 1988.
- [2] Hwang B. C., "Effects of the cutting condition on tool life and surface roughness", Master Thesis, Kyungil University, 1993.
- [3] Jeong, S. C., Kim, K. W., "A Study on Temperature Distributions of Tool Insert Using FEM", Proceedings of KAIS Annual 2003 Spring Conference, pp. 110-112, The Korea Academia- Industrial cooperation Society, 2003.
- [4] Yang, D. R., "Study on CAD/CAM and Expert System for Net Shape Manufacturing of Mechanical Parts", Master Thesis, KAIST, 2002.
- [5] Kim, K. T., Kim, W. I., "A Study on the Numerical Simulation of Surface roughness Due to cutting condition", Proc. of KSME 2007 Autumn Conference, pp. 54-56, 2007.
- [6] KSB0161, "Surface roughness-Definitions and designation", Korean Standards Association, 2009.
- [7] Ha, J. K., "The Theory of CNC Machine Tool", Human Resources Development Service of Korea, 1998.
- [8] Lee, Y. C., "CAD/CAM Script Application Techniques for Addition Axial Application of CNC M/C", J. of the KAIS, Vol. 10, No. 6, pp. 1157-1163, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2009.10.6.1157>
- [9] Kyocera Precision Tools Korea, "2012-2013 Kyocera Cutting Tool", Catalog, pp. B1-D4, 2011.

박 동 근(Dong-Keun Park)

[정회원]



- 2005년 2월 : 경기대학교 기계시스템공학과 (공학사)
- 2009년 2월 : 경기대학교 건설·산업대학원 (공학석사)
- 2014년 2월 : 경기대학교 대학원 기계공학과 (공학박사)

<관심분야>

CNC터닝센터, 공작기계, 생산자동화, CAD

이 준 성(Joon-Seong Lee)

[정회원]



- 1988년 2월 : 성균관대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 1995년 9월 : 동경대학교 (공학박사)
- 1988년 7월 ~ 1991년 7월 : 육군사관학교 교수부 기계공학과 교수
- 1996년 3월 ~ 현재 : 경기대학교 기계시스템공학과 교수

<관심분야>

최적설계, 구조물 안전성 평가, Neural Network