

SCM440 경화 처리강의 선삭저항에 관한 연구

윤종학*, 정기영**, 홍성희***

A Study on the Turning of SCM440 Hardened Steel

Yoon Jonghak*, Jung Kiyoung**, Hong Seong-heui***

Abstract

In this paper, hardened SCM440 material and annealed SCM440 material are for cutting experiments by the cutting condition which is chosen respectively, by tool three components of cutting force are recorded using multicorder. Then the surface roughness for various force are measured by Roughness Tester. The results of the experiment are summarized as follow. The hardened material cut by ceramic tool(BX20) gives the highest radial component values among the cutting resistance, radial component is increased higher for the higher cutting speed, even though vertical component and axial component tend to decrease. But when the annealed material was cut, increase in cutting speed results in the increase of three component forces. Since ceramic insert tip used the experiment hardly affect Built-up Edge and heat, the cutting resistance decrease slightly, regardless of the increased of cutting speed. The hardened material has higher three component force value than the annealed material because the material of high hardness is increased cutting resistance. The lowest cutting forces for hardened material and annealed material are shown in the cutting speed of 60m/min and 180m/min respectively.

Key Words : Hardened Material(경화강), Three Component Forces(3분력), Built-up Edge(구성인선), Cutting Resistance(절삭저항)

1. 서론

기계 가공에 의해 생산된 제품들은 전 산업 분야에서 중요한 요소를 차지하고 있으며 각 부품의 내구성 증대와 수명 연장은 경제적인 측면에서 대단히 중요한 요소를 갖

는다. 따라서 고경도 재료 등 난삭재¹⁻³⁾에 대한 가공이 점차적으로 증가하고 있으나 난삭재의 절삭가공에 대한 가공특성이나, 효율적이고 능률적인 가공을 위한 연구의 해석은 아직도 부족한 점이 많은 실정에 있다. 따라서 이와 같이 고경도화 되어 가는 피삭재를 가공하기 위한 기술적

* 서울산업대학교 기계공학과
** 성남기능대학 생산자동화과
*** 서울산업대학교 산업대학원 기계공학과

인 해석과 개발은 생산현장의 가공기술 측면에서 볼 때 큰 비중을 차지한다고 볼 수 있다.¹⁴⁻¹⁶ 특히 경화 열처리 강재의 최종 다듬질가공은 일반적으로 대부분 입자 가공인 연삭가공에 의존하고 있으나 이것을 절삭가공으로 적용할 수 있다는 것은 현실적으로 대단히 어려운 실정이었다. 현재 이 분야에 대한 이론적인 연구는 상당한 수준에 이르렀으나 산업현장에서 단순 경험에 의존하는 경향이 지배적이며 경험에 의존할 경우 선삭후 불필요한 후처리 가공공정을 필요로 하게 되며 생산성 저하와 품질향상 저하의 원인이 되기도 한다. 따라서 Ceramic Tool은 고온 경도 및 내화특성과 표면조도가 우수하고 열처리된 고경도 재료의 황삭에서 정삭까지 뛰어난 절삭 가공 특성을 지니고 있다. 그러나 실제 절삭 가공시 절삭 가공 기구의 불안정한 상태나 열변형, 진동, 떨림, 날 끝의 마멸, 결손 등 여러 가지의 복합적인 원인으로 가공면의 거칠기는 이론치와 많은 차이가 있다. 또한 가공면의 거칠기는 기계재료의 성질과 공작물의 재료조직에 의해서도 다르다는 것을 알 수 있다.¹⁷⁻¹⁹

따라서 본 연구에서는 축이나 기어소재에 폭 넓게 사용하고 있는 구조용 합금강중에서 Cr-Mo강재인 SCM440을 선택 경화 열처리를 한것과 열처리를 하지 않은 것을 선정된 절삭조건에 의해 절삭력과 표면거칠기를 분석하여 최적 절삭조건을 알아 보고자 하였다.

2. 실험

2.1 실험재료 및 공구

실험 재료는 구조용 합금강재인 SCM440을 사용하였으며, 실험에 사용된 재료의 화학적 성분분석 및 기계적 성질은 Table 1, 2와 같으며 시험편 형상은 Fig. 1과 같이 $\phi 50\text{mm}$, 길이145mm의 재료를 정확한 동심도와 원통도를 위해 시험편 양쪽 단면에 센터 드릴 가공을 하여 제작

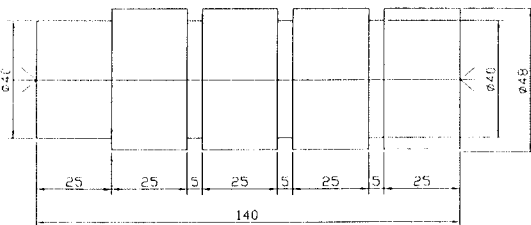


Fig. 1 Specimen Dimension

Table 1 Chemical Compositions of SCM440

Compositions	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
%	0.41	0.22	0.69	0.14	0.01	0.15	0.08	1.02	0.16

Table 2 Mechanical Properties of SCM440 Materials

Materials	Mechanical properties	Yield Strength (Kg/mm ²)	Tensile Strength (Kg/mm ²)	Elongation (%)	Hardness(HRc)	
					Raw	Hardened
SCM440		79.8	96.7	17.5	31	58

Table 3 Dimension of Insert Cutting Tool

Type	Model	Thickness	Edge Length	Clearance Angle	Nose Radius
BX20	TNGN	4.76	16	0°	0.4

하였다. 공구는 고온경도와 내식성이 우수하고 가공면의 치수정밀도가 높으며 사상면의 표면조도가 우수하고 열처리된 고경도 피삭재의 절삭가공에 적합한 3각 형상의 세라믹 인서트팁(BX20TNGN 160404 Korloy Co. Ltd)을 선택하였으며 규격은 Table. 3과 같다.

2.2 시험편 가공

Fig. 1과 같은 시험편은 $\phi 50 \times 140\text{mm}$ 로 가공하였고 정확한 동심도와 원통도를 주기 위하여 시험편의 양쪽 단면은 중앙에 센터드릴로 센터가공을 하였으며 경화 처리 시험편은 $\phi 48.3\text{mm}$ 로 일차 가공을 한 후 820℃에서 1시간 동안 가열 유지하여 수조에서 급냉 처리한 다음 $\phi 48\text{mm}$ 로 열처리를 하지 않은 시험편은 처음부터 $\phi 48\text{mm}$ 로 양센터 작업을 하였으며 오차범위는 $\pm 0.01\text{mm}$ 로 가공 하였다.

2.3 실험장치

본실험에 사용된 실험장치는 Fig. 2와 같으며 BX20 세라믹 Insert tip을 Clamping시킨 Tool holder를 Tool dynamometer에 고정시키고 Fig. 1과 같은 형상치수로 가공한 시험편을 양센터로 견고하게 고정된 다음 절삭실험을 Tool dynamometer → Dynamic strain amplifier → Multi-corder에 3분력을 기록하였다.

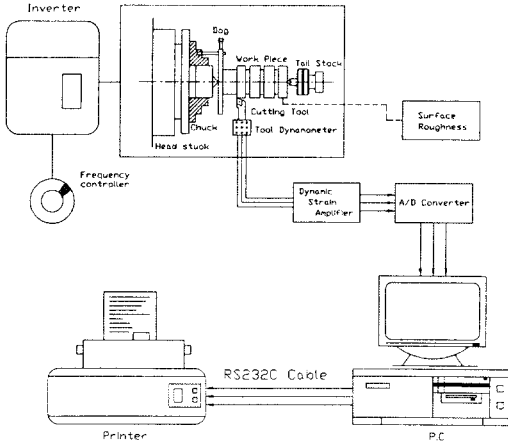


Fig. 2 Experiment Devices

이때 필요한 절삭속도를 얻기 위해 인버터(In-verter starvert-is3) 주파수를 변화시켜 Table. 4에서 필요한 회전수를 선정하여 압전소자형 공구동력계(Kistler 9257B)에서 측정된 절삭력을 Multi channel charge amplifier(type 5019A)를 통해 A/D변환기에 의해 디지털 전압신호로 변환시켰으며 Multi channel charge amplifier 측정시스템은 Fig. 3과 같다.

또 절삭실험을 실시한 시험편의 가공면 표면거칠기를 측정하기 위하여 Fig. 4와 같은 Surface roughness tester를 사용하였다.

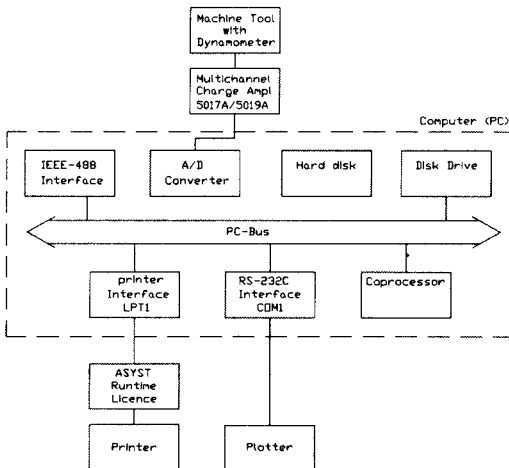


Fig. 3 Diagram of measuring system

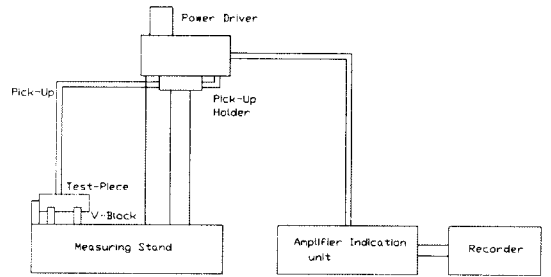


Fig. 4 Measuring instrument of surface roughness

2.4 인버터(Inverter) 사용방법

본 실험에서 사용한 선반(광주남선선반 : NL400×750)의 모터 출력이 5.0HP이므로 선삭시 구동력(torque)의 부족으로 인한 과부하 현상을 방지하기 위하여 충분한 용량을 가진 7.5HP의 인버터를 사용하였다. 절삭 실험중 구동력 부족에 의한 회전수 감소현상을 우려하여 실험 조건에서 최대 절삭이 요구되는 조건(절삭깊이:0.4 mm, 이송 : 0.192mm, 절삭속도 : 60m/min)에서 확인한 결과 절삭저항도 균일하였으며, 타코미터(회전계)로 측정된 결과 회전수 등에 거의 영향을 받지 않았으며, 인버터의 운전방법은 수동운전 방식으로 전압에 의한 주파수를 변경시켜 조정된 회전수를 구하고 이 회전수에 의하여 Table. 4에 의한 선반 회전수를 구할 수 있었다. 또한 저속에서도 큰 구동력이 발생할 수 있도록 자동부스터(auto booster)의 전압, 주파수 형태(V/F Pattern)를 선택하여 저속에서의 구동력 문제를 해결하였으며 인버터의 주파수 분해능은 0.01Hz로서 범용 선반에서(137~1703rpm)도 필요한 회전수를 비교적 정확하게 구할 수 있었다.

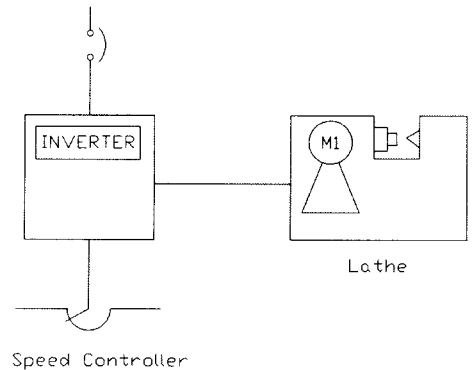


Fig. 5 Diagram of Inverter

Table 4 Cutting Condition for the Experiment

Cutting Speed(m/min)	Feed(mm/rev)	Depth of Cut(mm)
60	0.064	0.1
100	0.101	0.2
140	0.149	0.3
180	0.192	0.4

2.5 실험방법

본 실험을 위하여 가공한 시험편을 Fig. 2와 같은 실험 장치에서 양 센터에 의해 견고하게 지지하였으며 타코미터로 인버터의 주파수 변화에 따른 회전수를 측정하여 절삭속도를 확인하였다. BX20의 tool holder로 Table. 4와 같이 선정된 절삭조건으로 절삭 실험을 실시하여 각 절삭 조건에 의한 절삭의 3분력 즉, 주분력(Fv), 이송분력(Fa), 배분력(Fr)을 측정하였고 또 절삭 실험을 실시한 시험편은 가공면을 깨끗이 세척한 후 Fig. 4와 같이 roughness tester가 설치되어 있는 정반위의 V-block에 수평으로 고정시킨 다음 pick-up을 하여 recorder에 roughness curve를 기록케 하였고 120° 위상의 3위치에서 중심선 평균거칠기(Ra)를 읽어 그 평균값을 구하도록 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 절삭속도와 절삭저항

Fig. 6은 절삭깊이를 0.4mm, 이송량을 0.192mm/rev로 적용시키고 절삭속도를 60, 100, 140, 180 m/min로 변화시켜 경화강과 경화처리 하지 않은 재료의 시험편을 선삭 가공했을 때 공구동력계에 의해 측정된 결과로서 절삭속도의 변화에 따른 절삭의 3분력 변화 관계를 나타낸 그림으로서 경 화강에서는 선정된 절삭조건에서 배분력

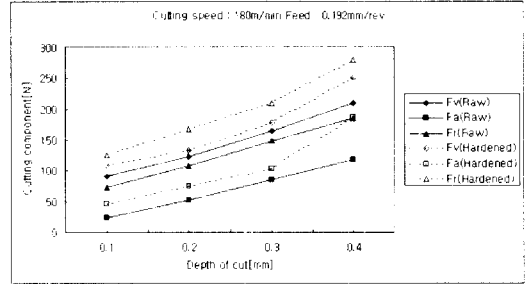


Fig. 7 Depth of cut versus cutting forces

값이 가장 크게 형성되었고 다음으로 주분력, 이송분력의 순으로 구성되고 있으나 경화처리 하지 않은 강에서는 주분력이 가장 크고, 다음으로 배분력, 이송분력의 순으로 형성 되고 있으며 절삭속도 증가에 따라 절삭저항 3분력 값이 다소 감소하는 경향을 보이고 있다. 그러나 경화강에서는 절삭속도의 증가에 따라 배분력이 증가하는 경향을 보이고 있는 것은 가공물이나 공구에 변형을 일으키기 쉬우며 치수 정밀도에 많은 영향을 미칠 것으로 판단된다.

3.2 절삭깊이와 절삭저항

Fig. 7은 절삭속도를 180m/min, 이송량을 0.192 mm/rev로 적용시키고 절삭깊이를 0.1, 0.2, 0.3, 0.4mm로 변화시켰을 때 경화강과 경화 처리하지 않은 강의 절삭깊이 변화에 따른 절삭의 3분력 변화 관계를 나타낸 것으로서 절삭깊이가 0.3~0.4mm에서는 경화강의 3분력값이 경화 처리하지 않은 강의 3분력값 보다 다소 증가하나 경화 강의 이송분력에서는 크게 증가하는 경향을 보이고 있다.

3.3 이송량과 절삭저항

Fig. 8은 절삭속도를 180m/min, 절삭깊이를 0.4 mm로

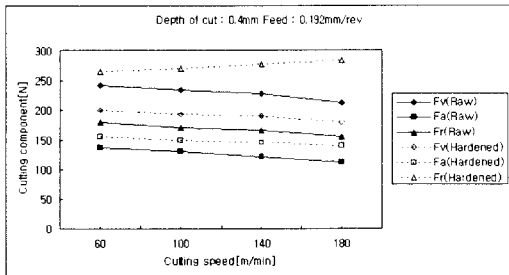


Fig. 6 Cutting speed versus cutting forces

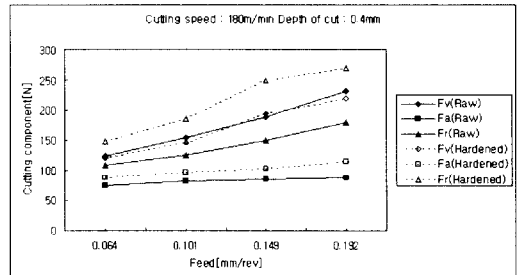


Fig. 8 Feed versus cutting forces

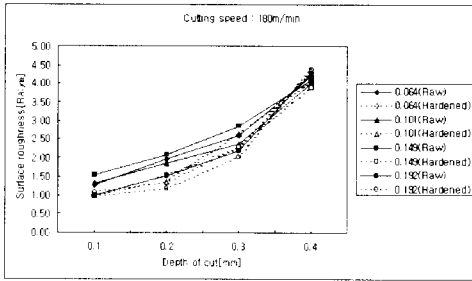


Fig. 9 Depth of cut versus surface roughness

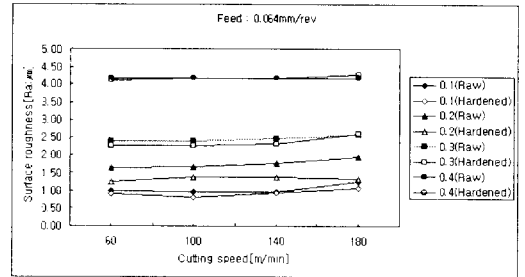


Fig. 11 Cutting speed versus surface roughness

선정하고 이송량을 0.064, 0.101, 0.149, 0.192mm/rev로 변화시켰을 때 이송량의 변화에 따른 절삭의 3분력 변화 관계를 나타낸 그림으로서 이송량과 절삭저항의 상관관계 그래프이다. 주분력과 배분력은 일반강과 유사하게 접근하고 있는 경향을 보이고 있으며, 특히 경화강에서와 같이 경도가 높은 재료일수록 배분력 값이 크게 변화하는 것을 관찰할 수가 있다.

3.4 절삭깊이와 가공면의 표면 거칠기

Fig. 9는 절삭속도 180m/min로 선정하고 절삭깊이를 0.1, 0.2, 0.3, 0.4mm로 변화시켰을 때 절삭깊이의 변화에 따른 가공면의 표면 거칠기를 나타낸 것으로서 절삭깊이 0.4mm에서 거친 표면 거칠기가 있음을 볼 때 이는 절삭깊이의 영향을 받은 것으로 보이며, 양호한 표면 거칠기 값을 얻으려면 절삭깊이를 적게하는 것이 바람직하며 본 실험에서와 같은 조건에서는 경화강에서의 표면거칠기 값이 경화 처리하지 않은 강 보다 우수하게 나타났다.

3.5 이송량과 가공면의 표면 거칠기

Fig. 10은 절삭깊이 0.4mm로 선정하고 이송량을

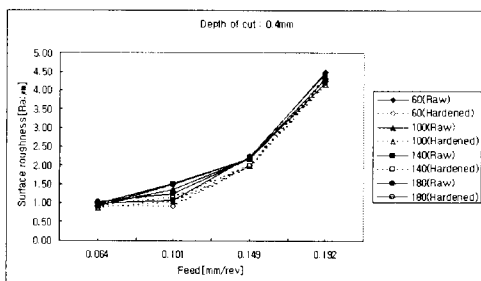


Fig. 10 Feed versus surface roughness

0.064, 0.101, 0.149, 0.192mm/rev로 변화시켰을 때, 이송량의 범위가 0.064~0.149 mm /rev 범위에서 표면 거칠기 값이 완만한 증가현상을 나타내고 있으나 이송량이 0.149~0.192mm/rev조건에서는 표면 거칠기 값이 크게 상승되는 경향을 보이고 있는 것은 절삭깊이, 이송량 등에 따라 많은 영향이 미치는 것을 알 수 있다.

3.6 절삭속도와 가공면의 표면거칠기

Fig. 11은 이송량을 0.064mm/rev로 선정하고 절삭속도를 60, 100, 140, 180m/min로 변화 시켰을 때 절삭속도의 변화에 따른 가공면의 표면거칠기를 나타낸 것으로서 일반적으로 절삭속도가 증가함에 따라 표면거칠기가 작아지나 본 실험에서는 절삭속도가 표면거칠기의 영향을 거의 받지 않게 나타난 것은 임계속도 및 구성인선의 영향을 받지 않는 것으로 판단된다.

4. 결 론

경화강과 경화 처리하지 않은 SCM440 강재를 각각 선정된 절삭 조건에 의해 절삭실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- (1) 경화 처리한 SCM440재의 절삭저항은 배분력이 가장 크게 나타나고 있으며, 이 값은 절삭속도의 증가와 함께 증가하였으나 주분력과 이송분력은 오히려 감소하는 경향이였으며 열처리하지 않은 SCM440재는 3분력이 모두 증가하는 일반강과 같은 경향이였다.
- (2) 경화 처리에 관계없이 SCM440재는 절삭깊이가 증가함에 따른 절삭저항의 증가현상이 절삭속도가 증가할 때 보다 크게 나타나므로 절삭깊이는 작게 하는 편이 나은 것으로 판단 되었다.

- (3) 같은 칩 면적을 발생할 때 절삭력은 경화강에서는 절삭속도가 60m/min에서, 경화 처리하지않은 소재에서는 180m/min에서 가장 작게 나타나고 있다.
- (4) 표면거칠기는 재료의 경화에 관계없이 절삭속도 100m/min에서 이송량 0.064mm/rev, 절삭깊이 0.1mm일 때 가장 우수했으며, 일반적으로 경화강의 표면거칠기가 우수하였다.

후 기

이 논문은 서울산업대학교 교내 학술연구비에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- (1) 狩野勝吉, “難削材의 切削加工技術” 株式會社 技術情報, 1989.
- (2) 鳴龍側彦, “難削材 加工に 關する 各種 工具の 切削性能”, JSPE, Vol.52, No.9, pp. 1528~1535, 1986.

- (3) 大西賢治, “難削材 切削と工作機械の特性”, 機械と工具, No.9, pp. 10~14, 1993.
- (4) O-chul Kwon, Jong-chan Lee, “Experimental Investigation on the Wear Mechanism of CBN Cutting Tools”, KSPE, Vol.11, No.6, pp. 86~97, 1994.
- (5) Shintani, K., “Optimum Tool GEometry of CBN Tool for continuous Turning of Carburized Steel”, Int. J. Mach, Tools Mfg., Vol.29, No.3, pp. 403~413, 1989.
- (6) Ammi, S. and Doi, M., “Wear Characteristics of Hard Tools in the Cutting of High- Carbon Steels”, Japan Soc. of Mech. Eng., Vol.59, No. 559, pp. 909~914, 3, 1993.
- (7) G. Petropoules, “The Effect of Feed Rate and Tool Nose Radius on Roughness of Oblique Finish Turned Surface”, Wear23, pp. 299~310, 1973.