

## 자동차 엔진 캡 소재의 절삭 특성에 관한 연구

### A Study on the Machining Characteristics of Engine Cap Materials for a Automobile

채 왕석(원광대 대학원) 김 동현(원광대 기계공학과)

W.S CHAE(Grad. School,Wonkwang Univ.) D.H KIM(Wonkwang Univ.)

#### ABSTRACT

In this paper, We have analyzed dynamic characteristics of cutting force.

Test materials are used in the tempered carbon steel and non-tempered carbon steel.

The obtained results are as follows:

1. Cutting force is smaller non-tempered carbon steel than tempered carbon steel when feed speed make a change.
2. Specific cutting force is smaller non-tempered carbon steel than tempered carbon steel when cutting depth make a change.

**key words:** tempered carbon steel(중탄소강), non-tempered carbon steel(비조질강)

cutting force(절삭 저항), specific cutting force(비절삭 저항)

#### 1. 서 론

최근 산업 사회는 다양한 분야에서 생산 원가의 절감을 통하여 경쟁력을 한층 더 강화하고 있다.

생산 원가를 절감하는 방법은 여러 가지가 있지만 그 중에서도 소요 공정을 단축하여 생산 비용의 절감, 에너지 절감, 납기 단축 등으로 경쟁력 향상을 시도하고 있는 것이 현실이며 이에 따른 연구 개발이 활발히 진행되고 있다.

특히 소재 산업에서는 원가 절감이 필연적으로 요구되어 졌으며, 실 예로 제조 원가 절감을 통한 경쟁력 강화를 위하여 열처리 공정을 생략하고도 열처리 공정에서 부여되는 소재의 소요 강도 및 연성과

제반 기계적 특성을 얻을 수 있는 비조질강의 개념이 1975년부터 독일에서 소재 제조의 원가 절감 측면에서 관심과 연구가 시작된 후 미국과 일본 등으로 확산되었으며 1979년 제 2차 석유 파동 위기를 계기로 이에 대한 관심과 연구가 집중<sup>(1)</sup>되었고 국내에서도 자동차 제조 회사 및 관련 소재 공급 회사에 대해 비조질강의 연구가 필연적으로 요구되었다.

비조질강의 개발 초기에는 단조시 고열로 인한 조직의 변형으로 용접성 및 충격 인성이 저하되어 저 부하용의 부품 등으로 사용이 제한<sup>(2)</sup>되었으나 최근에는 소재 개발에 대한 활발한 연구로 적용 범위가 점차 확대되어 가고 있다.<sup>(3,4)</sup>

본 연구에서는 중탄소강과 자동차 엔진 캡의 소재로 쓰이는 직접 절삭용 비조질강을 비교 소재로 하여 실재 선삭 가공 시험을 통하여 발생되는 동적 특성을 비교 검증하여 실제 산업 현장에서 절삭 조건의 설정을 위한 자료로서 제안, 제시하고자 한다.

## 2. 관계 이론

비조질강은 생략되는 조직 열처리의 공정 내용에 따라 직접 절삭용 비조질강, 열간 단조용 비조질강, 냉간 단조용 비조질강 등 3가지로 대별된다.

비조질강은 제조시 합금 원소의 조절에 따라 각종 기계적 특성을 변화시킬수 있는데<sup>(5)</sup> 중요한 합금 원소의 특성을 살펴보면 C는 고주파 담금질(quenching)의 유무 또는 인성 요구 여부에 따라 변화하며 고주파 담금질을 하여 강인성이 요구되어지는 경우에는 탄소량을 감소시켜 페라이트(pearlite)량을 감소시키므로 인성을 향상시킨다.<sup>(6)</sup> Mn은 매우 효과적인 고용 강화 원소이며 Si는 고용 강화 및 내식성이 있어 보통 0.15~0.35 wt% 정도가 첨가되어 있으며 S는 절삭성 향상에 효과적인 원소로 0.05 wt% 첨가시 인성이 향상되고 강 중에 망간이 적정량 존재하고 있고 S는 망간 유화물(MnS)을 형성하고 이 망간 유화물은 절삭 가공시 응력 집중원 및 미소균열 발생원으로 작용하여 칩 파쇄를 용이하게 하며 망간 유화물의 체적분율이 증가함에 따라 칩 파쇄성이 향상되고<sup>(7)</sup> V는 석출 강화와 결정립 미세화를 위하여 첨가되고 강도에 큰 영향을 미친다.

절삭성은 가공 재료를 절삭 할 때 절삭 하기 쉬운 정도를 의미하며 절삭성은 절삭 기능 뿐 아니라 생산 능률이나 원가관리까지도 포함된다.

절삭 저항에 영향을 미치는 인자는 절삭 속도, 절삭 깊이와 이송, 공구각, 절삭 면적 등이 있다.

절삭 속도는 최근에 절삭 공구재의 발달과 함께 고속 절삭이 행하여 침에 따라 절삭 저항에 큰 영향을 갖고 있다는 것을 알게 되었다.

선삭에서 절삭 단면적은 공작물 1회전에 대한 이송과 절삭 깊이의 곱으로 표시되며 이송에 따라 침의 두께가 변화하고 절삭 깊이에 따라 침의 폭이 변화 한다. 또 이송에 대한 주 절삭력의 변화는 이송이 커짐에 따라 점점 증가률이 떨어지고 절삭 깊이와 주 절삭력의 관계는 거의 선형적으로 상승한다.<sup>(8)</sup>

## 3. 실험

### 3-1. 실험재 및 실험 장치

#### 1). 실험재 종류

실험재는 범용으로 쓰이는 중탄소강 (Sample A)과 자동차 부품 중 엔진 캡 소재로 쓰이는 비조질강 (Sample B) 등 2가지 소재로 하였다.

실험재의 제조 공정은 세강 공정에서 원자재(고철)를 전기로에서 용해하고 로외 정련과 진공 탈가스 및 부원료 투입 공정을 거쳐 연속 주조 공정에서 브룸(Bloom)으로 제조되고 압연 공정에서 주문 사양에 따라 압연 및 정정 작업으로 비조질강이 제조되고 열처리 공정으로 중탄소강이 제조된다.

실험재의 화학 성분 및 기계적 성질은 Table 1, Table 2와 같다.

Table.1 Chemical composition of determined samples (wt%)

sample com -ponent	A	B
C	0.468	0.425
Si	0.226	0.224
Mn	0.716	1.376
P	0.007	0.012
S	0.016	0.048
Cr	0.138	0.153
V		0.109
Cu	0.150	0.078
Ni	0.086	0.053
Mo	0.019	0.020
Al	0.015	0.030
Sn	0.013	0.006

Table 2 Mechanical properties of determined samples

Item	Sample	A	B
Yield strength (Kg/mm <sup>2</sup> )		35.63	58.23
Tensile strength (Kg/mm <sup>2</sup> )		67.23	84.07
Elongation (%)		26.33	20.6
Reduction of area (%)		43.37	40.13
Hardness (H <sub>B</sub> )		206	241
Impact value (Kg-m)		2.01	2.81

## 2). 실험 장치

본 실험에서 사용된 실험 장치 및 기기에 대한 사양은 Table. 3과 같다.

Table. 3 Experimental apparatus and tools

TESTER	SPEC.
Free cutting tester	HL380 WHA CHEON (Korea) Spindle speed: 45~1800rpm Range of feeds 0.06~0.84
Tool dynamometer	TYPE-9257B KISTLER Range of force F <sub>x</sub> , F <sub>y</sub> : -5~5KN F <sub>z</sub> : -5~10KN Sensitivity F <sub>x</sub> , F <sub>y</sub> : 7.5PC/N F <sub>z</sub> : -3.5PC/N

## 3-2. 실험 방법

본 연구에서는 선삭시 절삭 깊이 및 이송의 영향을 고찰하기 위하여 이송과 주 절삭 저항과의 관계 및 절삭 깊이와 비 절삭 저항과의 관계를 평가 기준으로 하였으며 절삭성 시험은 선반에 공구 동력계(Tool dynamometer, KISTLER 9257B)를 사용하였고, 바이트 훌더는 PCLNR2020-K12, 인서트 템은 TiCN이 코팅된 WC 초경 공구인 CNMG120408의 KT300을 각각 사용하였다.

각 실험재는 먼저 스케일을 제거하고 선삭 회전시험장을 없애기 위하여 표면을 1mm 깊이로 예비 절삭 후 절삭 속도를 510rpm, 710rpm, 1,010rpm으로 하고, 이송 속도를 0.228 mm/rev, 0.264 mm/rev, 0.314 mm/rev으로 하였으며 절삭 깊이를 1mm, 2mm, 3mm로 하였다.

절삭 저항은 매 조건마다 측정 시간을 총 10초로 하고 매 1초마다 10개의 저항값의 평균치로 하여 주분력, 배분력, 이송 분력 등 3분력을 각각 측정하였다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4-1 이송과 절삭 저항과의 관계

Fig. 1은 비교 실험재인 중탄소강(Sample A)과 비조질강(Sample B)에 대하여 절삭 깊이가 2mm일 때 절삭 속도에 따른 이송의 변화에 대한 주절삭 저항의 변화를 보여주고 있다.

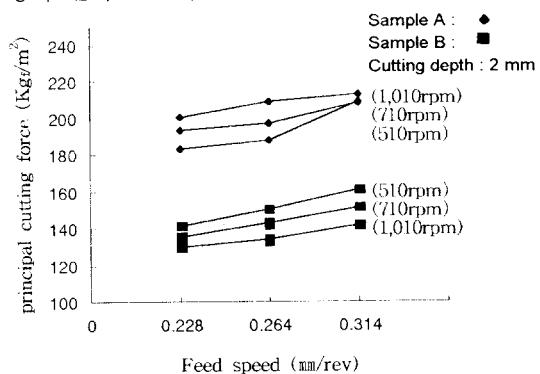


Fig. 1 Feed speed versus principal cutting force of each sample

비교 실험재간의 이송의 변화에 따른 주 절삭 저항값은 중탄소강이 비조질강 보다 높은 것으로 나타나

비교 실험재간 절삭성은 비조질강이 중탄소강 보다 우수한 것으로 판단되었고, 이것은 소재의 제조 당시 S 함량의 차에 의해 절삭 공구의 마모면에 망간 유화물(MnS) 층을 형성하여 공구와 칩 간의 마찰을 감소시키고 절삭 온도 및 절삭 저항을 낮추어 공구 마모를 감소시킨 것에 기인된 것으로 판단 된다.

비교 실험재 모두 이송량이 증가함에 따라 주 절삭 저항값이 비례적으로 증가하는 것으로 나타났으며, 절삭 속도 및 이송의 변화에 따른 주 절삭 저항값을 고찰하면 중탄소강의 경우 절삭 속도가 510rpm에서 710rpm, 1,010rpm으로 증가함에 따라 이송의 증가에 따른 주 절삭 저항 값이 비례적으로 증가하였으나 비조질강의 경우 절삭 속도가 1,010rpm에서 710rpm, 510rpm으로 감소함에 따라 이송의 증가에 따른 주 절삭 저항 값이 비례적으로 증가한 것으로 나타났다.

이것은 비교 실험재간 절삭성을 비교한 것과 마찬가지로 S 함량의 차에 의해서 기인된 것으로 판단되어 지나 향후 보다 심도있는 연구 및 고찰이 요구된다.

#### 4-2 절삭 깊이와 비절삭 저항과의 관계

Fig.2는 비교 실험재인 중탄소강(Sample A)과 비조질강(Sample B)에 대하여 절삭 속도가 710rpm이고 이송 속도가 0.264 mm/rev일 때 절삭 깊이와 비절삭 저항과의 관계를 보여주고 있다.

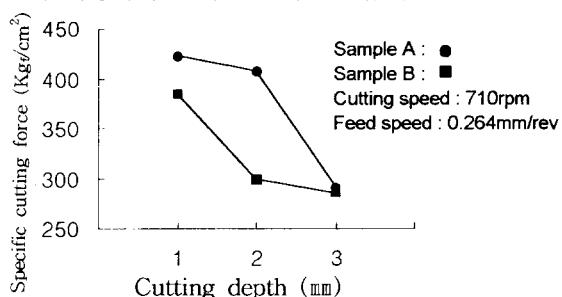


Fig. 2 Cutting depth versus specific cutting force of each sample

비교 실험재간의 절삭 깊이의 변화에 따른 비절삭 저항은 중탄소강이 비조질강 보다 높은 것으로 나타났으며 두 실험재 모두 절삭 깊이의 감소와 함께 비절삭 저항이 증대하는 것으로 나타났다.

이것은 절삭 가공시 절삭 공구(바이트)의 영향이 절삭 깊이의 감소와 함께 크게 나타나는 현상 즉, 절삭에 대한 치수 효과에 기인된 것으로 판단된다.

#### 5. 결 론

법용으로 쓰이는 중탄소강과 자동차 부품 중 엔진 캡 로드 소재로 사용되고 있는 직접 절삭용 비조질강의 실험재에 대한 선삭 가공시 절삭 특성을 비교 실험한 결과 다음과 같은 결론을 내렸다.

1) 절삭성은 비조질강이 중탄소강보다 우수한 것으로 나타났으며, 두 실험재 모두 이송 속도가 증가함에 따라 비례적으로 절삭 저항 값이 증가하였고 중탄소강은 절삭 속도가 증가 함에 따라 절삭 저항 값이 증가하고 비조질강은 절삭 속도가 감소 함에 따라 절삭 저항 값이 증가하였다.

2) 절삭 속도와 이송 속도가 일정 할 때 비절삭 저항은 중탄소강이 비조질강보다 높은 것으로 나타났으며 두 실험재 모두 절삭 깊이의 감소와 함께 비절삭 저항이 증가하는 것으로 나타났다.

따라서 비교 실험재중 비조질강이 중탄소강에 비해 자동차 엔진 캡 가공시 우수한 품질과 저렴한 생산비로 소재 공급이 가능하다고 판단된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] H. Hashimoto, Y. Serino, Y. Aoyama and K. Hashimoto, Technical paper SAE, 820125, 1982
- [2] S. Niwa, I. Machida, T. Kato, N. Uyehara and Y. Tanaka, Technical paper SAE, 810426, 1981
- [3] 池田宏, 特殊鋼, 36, 20, 1987
- [4] D. J Naylor, Iron making and Steelmaking, 16, pp 246-251, 1989
- [5] Robert, H. Aborn, "Role of Additiveses in the Machinability of Steel", International symposium on Influence of Merallgargy on Machinability of Steel, Tokyo, pp 381-395, Sep. 1977
- [6] T. Gladman, I. D McIuor, and F. B Pickering, JISI, Vol 210, pp916, 1972
- [7] I. Nomura, et al, Technical paper, SAE, 890511, 1989
- [8] 徐南燮, 金屬 切削 理論 東明社, pp52-88, 1988