

선박엔진의 Supply Unit용 SNCM420H의 절삭특성

최원식*, 성봉수+, 강창원++, 문희준++, 권주리++

(논문접수일 2010. 2. 8, 심사완료일 2010. 8. 31)

Cutting Characteristic of SNCM420H steel for Ship Engine Supply Unit

Won-Sik Choi*, Bong-Soo Sung+, Chang-Won Kang++, Hee-Joon Mun++, Ju-Ri Kwon++

Abstract

SNCM420 steel is one of the cam shaft materials which are used in the supply unit for ship engine cam shaft. In this study the assessment of cutting behavior was conducted for the SNCM 420 steel and SM45C steel with various cutting conditions as depth of cut 0.5, 1.0, 1.5, 2.0mm and feed rate 0.1~0.3m/rev. The controlled chip was produced in feed rate 0.2, depth of cut 1.0 for SNCM420 and feed rate 0.2, depth of cut 2.0 for SM45C. There is no difference cutting force between SM45C and SNCM420 steels.

Key Words : Chip Formations(칩 형상), Cam Shaft(캠 축), Cutting Force(절삭력), RTF82C Engine(RTF82C 엔진), SNCM420H (니켈 크롬 몰리브덴 강), Tool dynamometer(공구동력계)

1. 서론

국내 조선공업은 2000년대에 접어들면서, 선박엔진에는 엄청난 변화가 일어나고 있다. 바로 Sulzer 전자제어식 엔진의 적용이 그것이다. 일반적으로 엔진에 적용되는 기계식 Cam을 전자식 제어 시스템으로 변경시킴으로써 연료의 분사 및 Exhaust Valve의 개폐를 자유로이 조정하여, 모든 부하범위에서 최적의 운전을 가능케 하고 연료절감, 저소음, 저진동, 및 유해가스의 감소 등의 장점을 갖춘 환경 친화형

전자제어 엔진이 Sulzer전자제어식엔진이다. 일반적인 선박 엔진의 경우 엔진의 Load가 감소하면, 연료의 분사압력이 감소하여, 가시적 Exhaust 가스한도를 넘어서게 된다. 그러나 전자제어식 엔진은 연료의 분사압력과 분사시기가 별도로 제어되므로, 어떠한 부하범위에서도 안정되게 엔진구동이 가능하다. 기존의 엔진과 전자제어식 엔진의 구조적 차이 점은 명확하다. 엔진의 CAM SHAFT로부터 FUEL PUMP까지 이어지는 기어를 생략하였으며, FUEL PUMP의 CAM SHAFT를 생략 및 엔진 각각의 실린더에 적용되었던 FUEL

* 부산대학교 바이오산업기계공학과 (choi@pusan.ac.kr)

주소: 경남 밀양시 삼랑진읍 청학리 50번지

+ 대창 엔프라 (주)

++ 부산대학교 대학원 바이오산업기계공학

PUMP를 축소하였고, 이외에도 많은 부분이 생략되었다. 이러한 많은 요소들을 생략하고도 더욱더 뛰어난 엔진으로 진화할 수 있었던 것은 Common Rail System의 적용이 있었기 때문이다⁽¹⁻³⁾.

Fig. 1 RTF 96이며 안정성과 신뢰성에 대한 문제점을 개선하기 위해 Fig. 2와 같이 선박용 RTF82C엔진이 개발되었다. RTF82C엔진은 기존 RT-flex 엔진 성능에 가장 큰 영향을 미치는 핵심 장치 중 연료유 공급 장치와 서보유 공급 장치의 문제점을 완전히 개선한 엔진 형식이다. 기존 엔진 방식은 하나의 Supply Unit에 Fuel Pump와 Servo Oil Pump

가 장착되어 연료유와 서보유를 공급하는 시스템이므로, 장치의 중량이 과도하고 Fuel Pump의 품질문제와 안정성 및 신뢰도 확보가 미흡하였다.

이를 완전히 개선한 RTF82C 엔진장치에서는 Supply Unit을 Fuel Pump Unit Part와 Servo Pump Unit Part의 완전히 구분된 두 개의 시스템으로 구성되어 연료유와 서보유를 공급하므로써, 엔진의 무게를 더욱 감소시켰고 연료소비를 최소화하였다. 이 외에도 Fuel Pump와 Servo Oil Pump의 품질문제점을 해소하면서, 선주/조선소/엔진 Maker가 선호하는 신형 type 엔진으로 개발되었다. 적용단계에 있는 RTF82C엔진에 있어서, 성능에 큰 영향을 미치는 핵심 장치에 대한 국내에서의 독자 제작기술 확보를 할 필요성이 있다. 특히 Fig. 3과 같은 Camshaft는 일본 외 선진국에서도 아직까지 개발되지 않고 있어, 본 연구에서는 선박엔진용 CAMSHAFT FOR SUPPLY UNIT 일체형 RTF82 CAMSHAFT소재 SNCM420H에 대한 절삭실험을 행하여 절삭특성을 평가하였다.

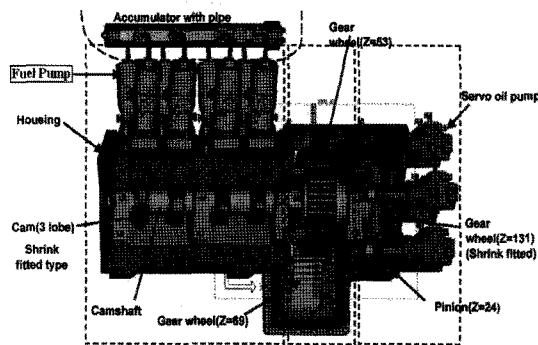


Fig. 1 RTF96 engine

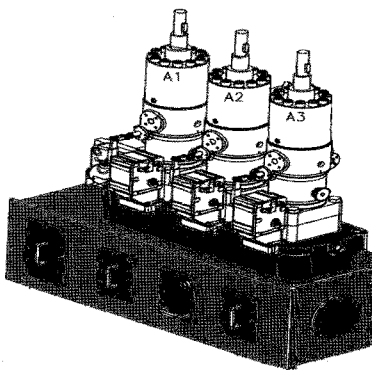


Fig. 2 RTF82C engine

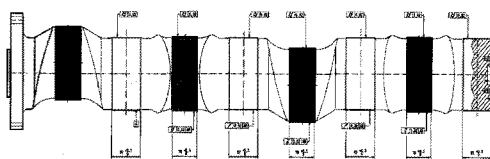


Fig. 3 RTF82 camshaft

2. 칩 절단 이론

Nakayama는 칩 표면의 변형률이 파단 변형률(ϵ_f)이상이 되면 칩의 절단이 이루어진다는 전제하에 칩의 파단 변형률, 칩 두께 및 칩 굴곡 반경에 대한 식(1)을 제시하였다.

$$\epsilon_f \leq \frac{t_c}{2} \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_L} \right) \quad (1)$$

여기서, ϵ_f : 칩의 파단 변형률

t_c : 칩 두께

R_0 : 절단이 이루어지기 전의 칩의 굴곡반경

R_L : 절단이 이루어진 직후의 칩의 굴곡반경

Fig. 4는 2차원 절삭 시 칩의 절단이 이루어지기 전의 칩 굴곡 반경 R_0 와 칩의 절단이 이루어진 직후의 칩 굴곡 반경 R_L 를 나타낸 것이다⁽⁴⁻⁷⁾.

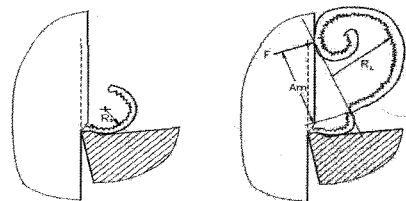


Fig. 4 Schematic diagram for chip breaking

3. 실험 장치 및 조건

3.1 장치 구성도

Fig. 5는 실험 장치의 계략도를 나타낸 것으로서 공구동력계를 설치하기 위해 공구를 고정할 수 있는 지그를 제작했다. 공구동력계는 Kistler사의 9150 Type의 공구동력계를 사용하였고, 신호를 A/D변환기를 사용하여 얻어진 데이터를 컴퓨터에 저장하여 절삭력을 검출하였다.

3.2 실험 조건

Table 1, 2는 시험편의 화학적 특성 및 기계적 성질을 나타낸 것이다. 시험편은 CAM SHAFT의 소재로 사용되는 니켈 크

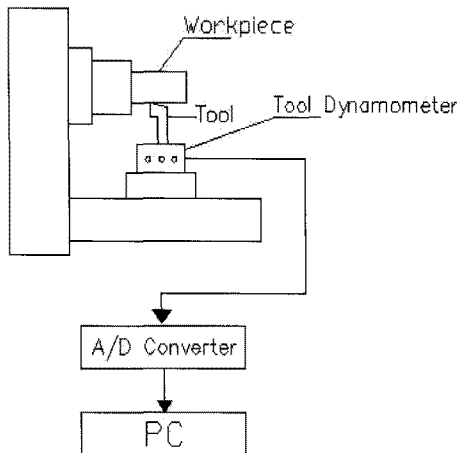


Fig. 5 Schematic diagram for cutting force measurement

롬 몰리브덴 강 SNCM420H와 기계구조용 탄소강인 SM45C의 환봉을 사용했다. Table 3은 실험조건을 나타낸 것이다.

4. 분석 및 고찰

Fig. 6~7은 SM45C와 SNCM420H강의 절삭실험 시 생성된 칩을 나타낸 것이며 피삭재 및 Insert의 Nose Radius에 따라 다소 차이를 보이고 있으나, 크기는 절단되지 않은 연속형 칩(unbroken chip)과 절단이 이루어진 절단형 칩(broken chip)으로 구분된다. Fig. 8~13은 칩의 모든 절삭조건에서 Feed와 Depth가 증가함에 따라 선형적으로 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 특히 Insert Nose radius 0.8보다 0.4의 경우 가공 시 칩의 형태가 더 안전적이라 할 수 있겠다.

Table 3 Experimental conditions

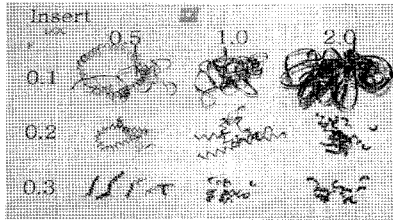
Items	Type
Lathe	Nam Sun 5015
Tool dynamometer	Kistler 9150
Insert	CNMG120404 NC330 CNMG120408 NC330
Workpiece	SNCM420H, SM45C
Workpiece scale	Φ60×300
Feedrate	0.1~0.3m/rev
Spindle speed	630rpm
Nose radius	0.4, 0.8
Depth of cut	0.5~2.0mm

Table 1 Chemical compositions of materials (Wt. %)

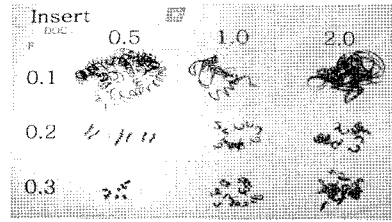
Material	Elements	C	Si	Mn	P	S
SNCM420H		0.17~0.23	0.15~0.35	0.40~0.70	0.030 Max	0.030 Max
SM45C		0.42~0.48	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030 Max	0.035 Max

Table 2 Mechanical properties of materials

Material	Elements	Tensile strength(N/mm2)	Yield strength(N/mm2)	Elongation (%) Min	Hardness (HB)
SNCM420H		980.7 Min	-	15	293~375
SM45C		686 Min	490 Min	20	167~229

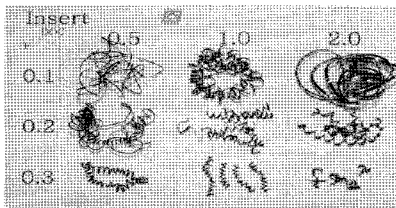


(a) SM45C

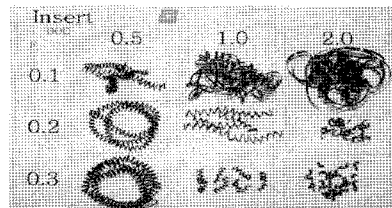


(b) SNCM420H

Fig. 6 Chip formations of CNMG120404 NC330 (R=0.4)

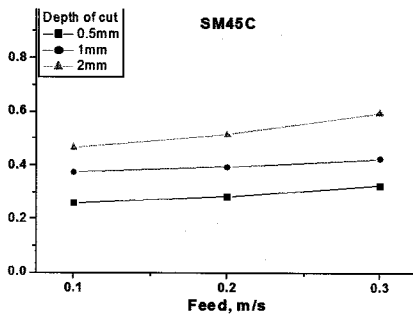


(a) SM45C

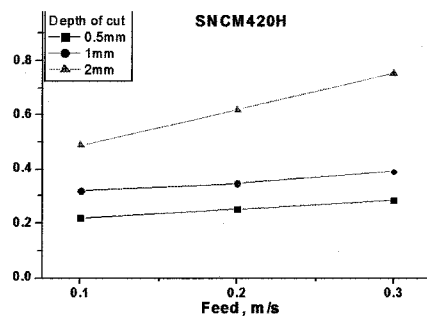


(b) SNCM420H

Fig. 7 Chip formations of CNMG120408 NC330 (R=0.8)

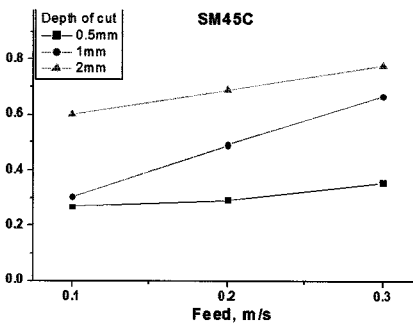


(a) Chip thickness of SM45C

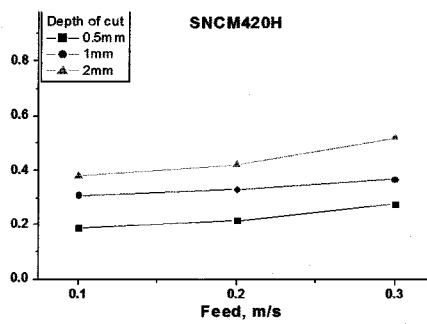


(b) Chip thickness of SNCM420H

Fig. 8 Chip thickness of CNMG120404 for feed rate (R=0.4)

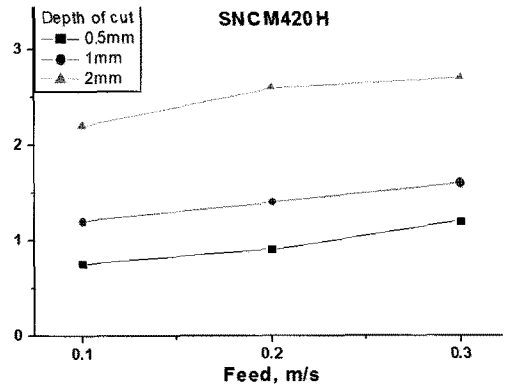
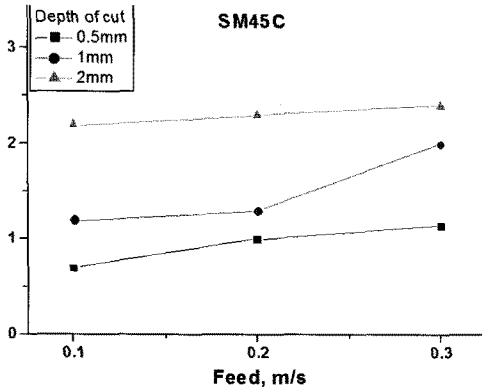


(a) Chip thickness of SM45C



(b) Chip thickness of SNCM420H

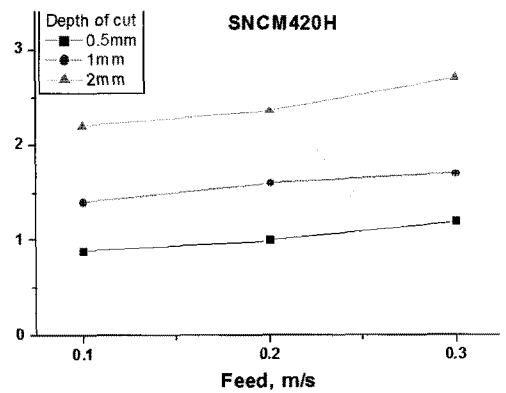
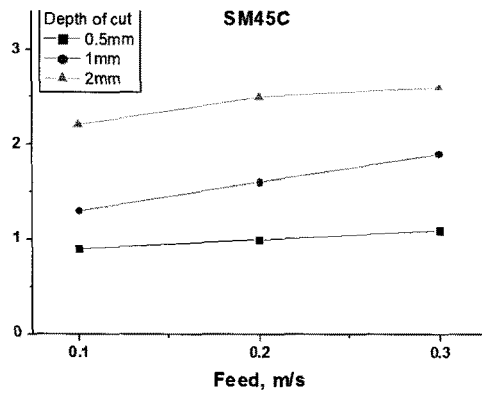
Fig. 9 Chip thickness of CNMG120408 for feed rate (R=0.8)



(a) Chip width of SM45C

(b) Chip width of SNCM420H

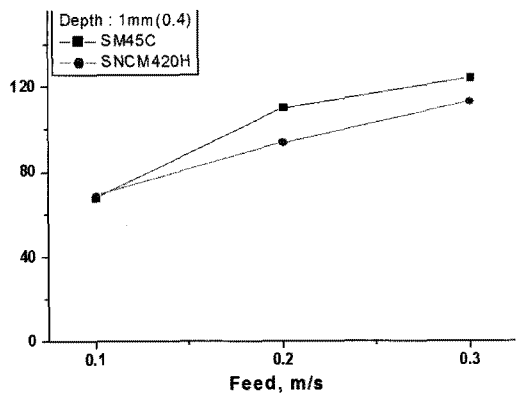
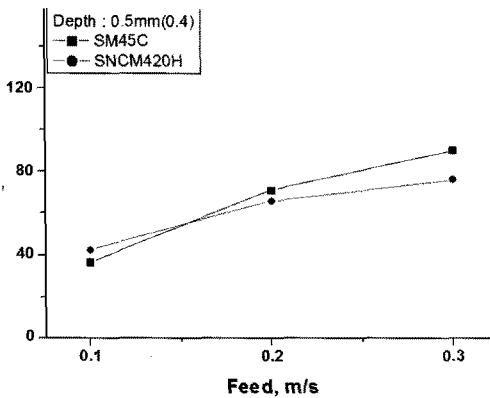
Fig. 10 Chip width of CNMG120404 for feed rate (R=0.4)



(a) Chip width of SM45C

(b) Chip width of SNCM420H

Fig. 11 Chip width of CNMG120408 for feed rate (R=0.8)



(a) Depth : 0.5mm

(b) Depth : 1mm

Fig. 12 Cutting force of materials for feed rate (R=0.4)

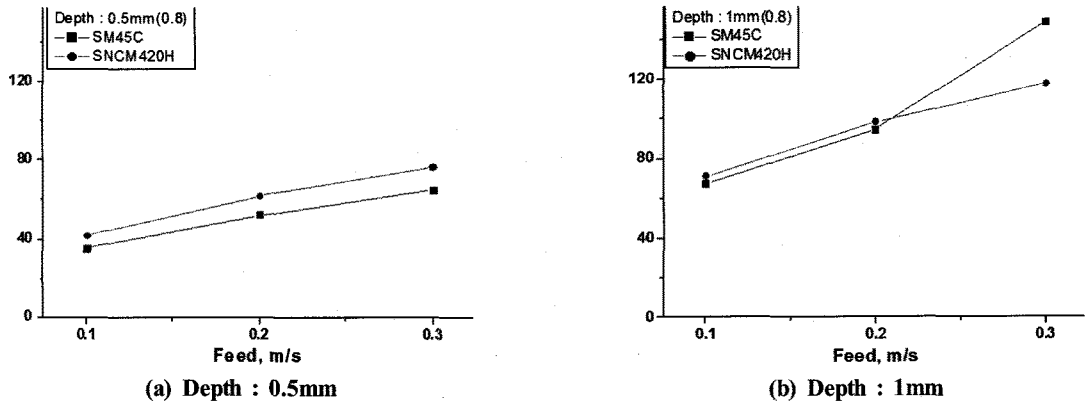


Fig. 13 Cutting force of materials for feed rate (R=0.8)

5. 결론

본 연구에서는 선박엔진용 CAM SHAFT FOR SUPPLY UNIT 일체형 RTF82 CAM SHAFT 소재 SNCM420H에 대한 절삭실험을 행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 절삭 깊이와 절삭속도에 따른 절삭 깊이가 증가할수록 칩의 두께와 폭이 증가하는 것을 알 수 있다. 공구의 노이즈 환경에 의한 차이도 현저하게 나타남을 알 수 있었다.
- (2) 절삭조건에 따른 절삭력은 SM45C와 SNCM420H가 비슷한 경향을 보이고 있으나 절삭속도가 증가할수록 절삭력이 증가하는 것을 알 수 있다.
- (3) 절삭조건에 따른 칩의 형태는 절삭 깊이의 변화보다는 이송의 변화에 따라 칩의 형태가 많이 변화됨을 알 수 있으며, 공구 노이즈의 영향도 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

- (1) Choi, T. K., Kim, J. S., Park, J. H., and Lim, H. J., 2009, "The Machinability Estimation Depending on Cutting Condition in Al6061-T6 Turning Operations," *Korea Society of Machine Tool Engineering*, Vol. 18, No. 6, pp. 675~680.
- (2) Jun, J. U., Chung, J. S., Choi, C. S., and Ha, M. K., 2001, "Analysis of Cutting Specific in Non-ferrous Metal by Changed rake-angle and feed-rate adjustment at Turning", *Korea Society of Machine Tool Engineering*, pp. 32~37.
- (3) Lee, Y. M., Choi, W. S., Son, J. H., Bae, D. W., Son, S. P., and Hwang, K. S., 2007, "Estimation of the Maximum Underformed Chip Thickness Using the Average Grain Model," *Korea Society of Machine Tool Engineering*, Vol. 16, No. 2, pp. 30~36.
- (4) Rotberg, J., Ber, A., and Wertheim, R., 1991, "Chip control in cut-off tools," *Annals of the CIRP*, Vol. 40/1, pp. 73~77.
- (5) Nakayama, K., 1962, "A Study of the Chip Breaker," *Trans. of JSME*, Vol. 5, pp. 142~150.
- (6) Jawahir, I. S., Qureshi, N., and Arsecularatne, J. A., 1992, "On the Interrelationships of Some Machinability Parameters in Finish Turing with Cermet Chip Forming Tool Inserts," *Int. J. Mach. Tools Manufact*, Vol. 32, No. 5, pp. 709~723.
- (7) Worthington, B., 1976, "A Comprehensive Literature Survey of Chip Control in Turning Process," *Metal Cutting Machine Tools*, Vol. 1, pp. 103~116.