

저마찰 박막코팅 적용 타펫 부품의 마찰 특성에 관한 연구

서준호[†] · 임대순 · 나병철*

고려대학교 신소재공학과, *자동차부품연구원

A Study on the Friction Characteristics of Tappet by Low Friction Coating

JoonHo Seo[†], DaeSoon Lim and ByungChul Na*

Division of Materials Science & Engineering, KOREA University

*Powertrain System R&D Center, KATECH

(Received May 30, 2009; Revised June 26, 2009; Accepted July 7, 2009)

Abstract – The wear of the contact in the tappet accounts for the greatest portion of entire friction loss of an engine, leading to the occurrence of abnormal wear. The coated specimens for cam-tappet wear test were produced by using PVD-Sputtering coating method. It examined the friction characteristics occurring between the cam and the tappet by using the dedicated wear tester and found that the friction torque value was reduced through comparison testing with the existing part when the low friction coating was applied. So application of the low friction coating to actual vehicles will reduce the fuel economy and occurrence of noise-vibration.

Key words – friction(마찰), PVD(물리증착법), camshaft(캠샤프트), tappet(타펫)

1. 서 론

최근 저연비/친환경 차량 개발을 위한 중요기술로 부각되고 있는 엔진 동력전달 부품에 대한 마찰저감기술은 자동차에서 소모되는 에너지를 절약할 수 있는 효과적인 방법으로 잘 알려져 있으며 이 분야에 대해서 폭넓은 연구가 진행되고 있다. 엔진에서의 마찰손실은 기계적 마찰 손실과 주변장치의 구동손실(보기류의 구동저항)로 나눌 수 있으며, 특히 기계적 마찰 손실이 대부분을 차지한다[1].

자동차 엔진부에서 사용되는 밸브트레인계의 부품은 가혹한 작동 환경에서의 구동으로 마모가 발생하고 이로 인한 막대한 연비의 손실을 초래하고 있어 엔진 밸브트레인계는 저마찰 윤활유 적용, 밸브 스프링 하중 감소, 롤러 타펫 적용 및 캠과 타펫간의 표면조도 향상

등 많은 연구가 진행되고 있고, 그중 고내마모성과 저마찰 윤회성을 지닌 박막 코팅 기술의 적용은 적은 추가 비용으로 가장 큰 효과를 얻을 수 있는 주요기술로 대두되고 있다[2].

본 연구에서는 가솔린 엔진의 캠샤프트와 타펫 사이에서 발생하는 마찰력에 의한 동력손실을 최소화 하고 내마모성을 향상시키기 위하여 저마찰/내마모 박막 코

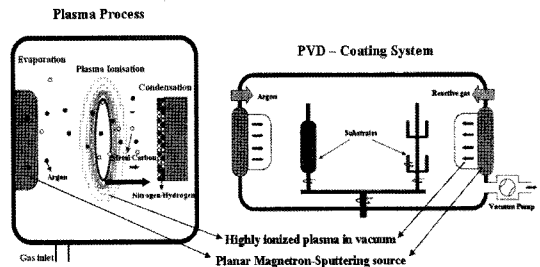
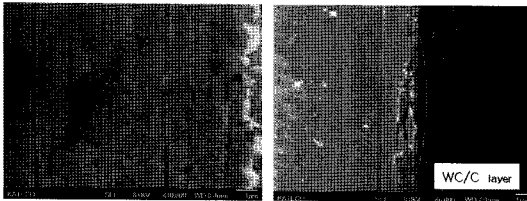
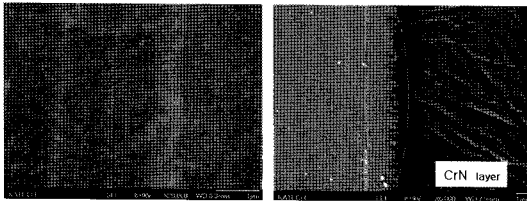
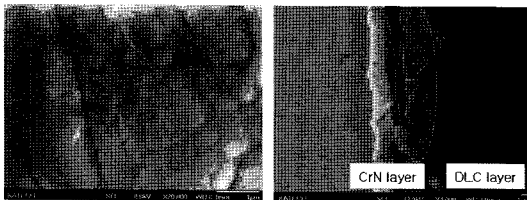


Fig. 1. Configuration of PVD coating system.

[†]주저자 · 책임저자 : jhseo@katech.re.kr

Table 1. Surface roughness of specimen

Coating	Surface roughness of tappet(Ra)
Non Coating	0.435
WC/C	0.253
CrN	0.355
CrN+DLC	0.125

**Fig. 2. WC/C coating applied specimen.****Fig. 3. CrN coating applied specimen.****Fig. 4. CrN+DLC coating applied specimen.**

팅을 실차 부품에 적용한 시편을 제작하였다.

엔진에서의 구동 형태와 동일하게 시뮬레이션 하고 실제 작동환경에서의 마찰 특성 및 동력손실 저감을 분석하고자 하였다.

2. 시험 장치 및 방법

2-1. 캠-타핏 전용 마모시험을 위한 시편 제작

저마찰/내마모 코팅기술의 동력손실 저감 및 실차에서의 적용가능성을 확인하기 위하여, 대상 부품인 밸브트레인계 내의 타핏 부품에 대하여 DLC(Diamond Like Carbon), WC/C, CrN의 화합물 코팅을 적용한 시편을 제작하였다.

2-1-1. PVD법을 적용한 박막 코팅

PVD(Physical Vapor Deposition)법은 150~500°C 사

Table 2. Micro hardness of specimen

Coating	Micro hardness(HV)
Non Coating	530
WC/C	1,050
CrN	1,000
CrN+DLC	2,200

Table 3. Condition of wear test

	Test condition
Lubricating oil	SAE 10W-30
Temperature(°C)	80
Load(N)	30
Revolutions per minute(rpm)	400~2000rpm

이의 고 진공상태에서 진행하였고, 균일한 코팅 두께를 형성하기 위하여 공정 시 여러 축에 치구 된 제품들을 일정한 속도로 회전을 시켰다. 이러한 방법을 통하여 WC/C, CrN, CrN+DLC 코팅을 적용한 시편을 제작하였다. 또한 각 코팅 적용 시편에 대한 표면조도 측정을 실시하여 코팅 적용을 통한 표면상태 향상을 확인하였다.

Table 1 에서 보는 바와 같이 기존 타핏의 경우 표면조도가 0.4 μm (Ra) 로 나타났으며, 각 저마찰 박막 코팅을 적용한 경우에는 표면조도가 향상되었다. 특히 CrN+DLC 코팅의 경우 0.1 μm (Ra)의 좋은 표면상태를 유지하여 마찰특성 향상에 영향을 미칠 것으로 예측된다. Fig. 2-4는 각 저마찰 코팅의 표면과 코팅층의 SEM 이미지를 각각 나타내었고, 코팅층이 2~4 μm 에서 균일하게 형성되었음을 확인하였다. 또한 미세경도를 측정된 결과 기존 캠에 비하여 CrN, WC/C 코팅의 경우 2배, CrN+DLC 코팅은 4배 가량 증가하였다.

2-2. 캠-타핏 마찰토크 측정

2-2-1. 시험 방법 및 장치

실차의 캠과 타핏을 샘플로 사용하여 구동 시 회전 및 마모현상을 구현하여 실제 엔진에서의 구동 형태와 동일하게 시뮬레이션 할 수 있는 시험으로 기존 캠과 각 저마찰 코팅기술을 적용한 캠을 시험하여 마찰 토크값을 비교, 분석하였다. 본 시험 결과에서의 RPM 값은 캠샤프트의 회전속도이며, 실제 엔진의 회전속도에 1/2에 해당한다.

또한 Table 3에서는 시험에 적용된 조건을 나타내었다[3].

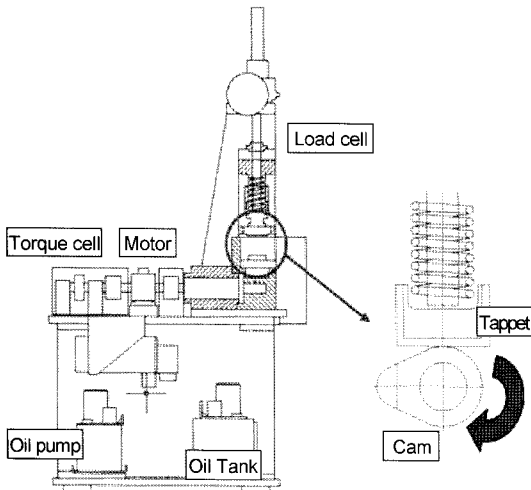


Fig. 5. Dedicated cam & tappet wear simulator.

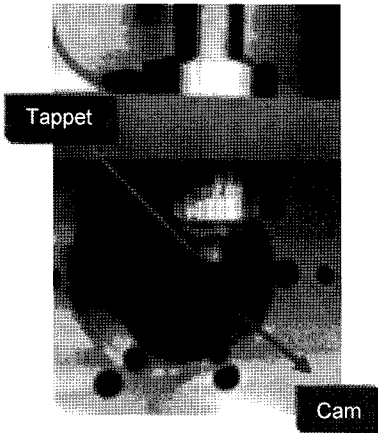


Fig. 6. Specimen of cam & tappet.

2-3. 캠-타펫 내구성 평가시험

각 저마찰 코팅이 실차에 장착 될 경우 코팅층이 안정하게 유지되는지를 확인하기 위하여 30 N의 하중조건에서 170시간 동안 내구 시험을 실시한 후 각 시편의 시험 전, 후 마찰 토크값 측정 및 표면조도 값을 비교, 분석하였다. 시험 조건은 캠-타펫 동력손실 저감 측정과 동일하며 회전속도는 400 rpm과 2000 rpm에서 수행하였다[4].

3. 결과 및 고찰

3-1. 캠-타펫 마찰토크 측정

Fig. 6과 Fig. 7에 저마찰 코팅 기술 적용으로 캠과 타펫에서 발생하는 동력손실의 저감을 측정하기 위하

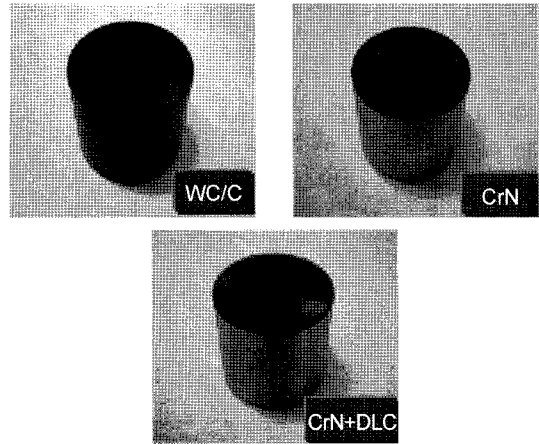


Fig. 7. Coating applied tappet.

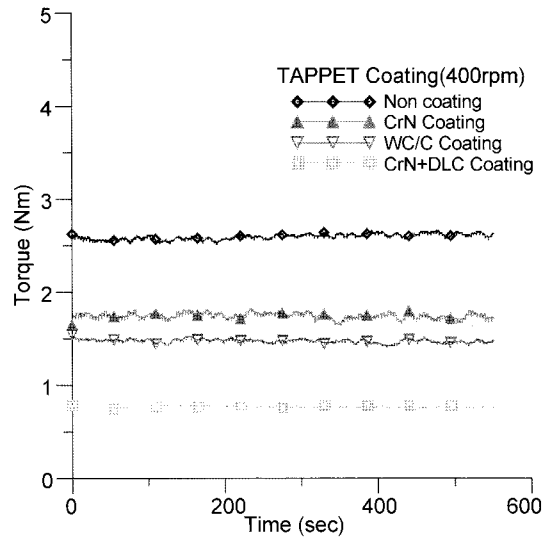


Fig. 8. Comparison of mean friction torque values at 400rpm.

여 제작한 각 시편과 시험장치에 장착된 상태를 도시하였다.

Fig. 8과 Fig. 9에서는 하중 30 N의 조건에서 발생하는 마찰토크를 평균값으로 표현하였다. 평균 마찰 토크는 스프링의 복원력으로 인해 발생하는 (-) 토크 값을 포함한 순간 변동량에 비하여 캠과 타펫 사이에서 발생하는 마찰 토크 손실을 잘 표현 할 수 있다. 기존의 타펫과 각 저마찰 코팅을 적용한 타펫에 대한 평균 마찰 토크 값을 비교해 본 결과 400 rpm의 저속 영역과 2000 rpm의 고속 영역에서 모두 CrN 코팅과 WC/C 코팅은 기존의 타펫에 비하여 30~40% 정도 마찰 Torque

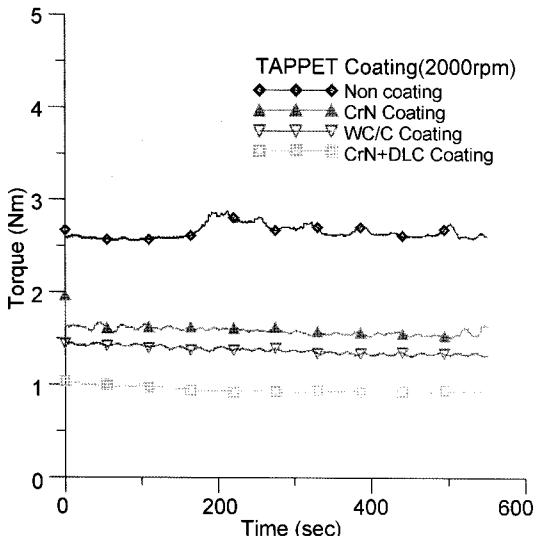


Fig. 9. Comparison of mean friction torque values at 2000 rpm.

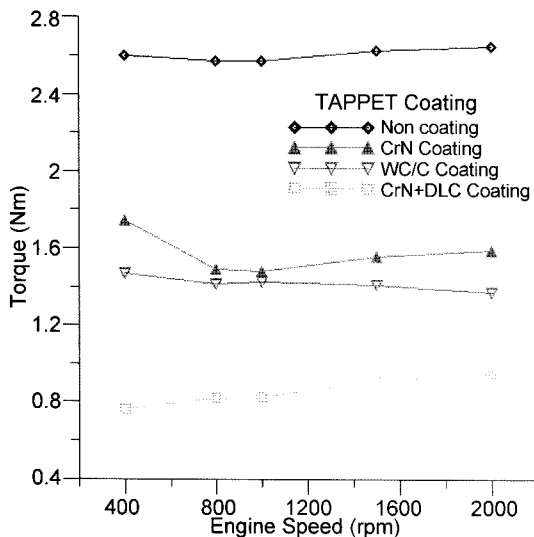


Fig. 10. Comparison of mean values of friction torque according to the RPM.

값이 낮아졌고, CrN+DLC 코팅의 경우는 70% 정도 낮아짐을 확인 할 수 있다. 또한 엔진의 4000 rpm에 해당하는 고속 영역에서 마찰 토크값이 다소 상승하는 경향을 볼 수 있는데, 이는 본 연구에 적용된 캠이 기술된 엔진용으로 날카로운 형상을 하고 있어 미끄럼 현상보다는 충격현상이 발생되어 마찰 토크 변동량이 증가하는 것으로 사료된다.

Fig. 10에서는 엔진회전수 변화에 따른 각 코팅의 마찰 토크값을 도시하였다.

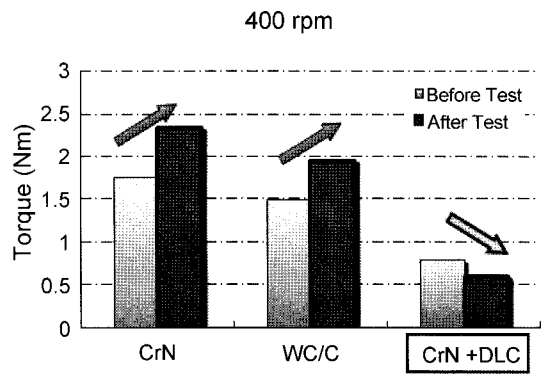


Fig. 11. Comparison of friction torque values at endurance test at 400 rpm.

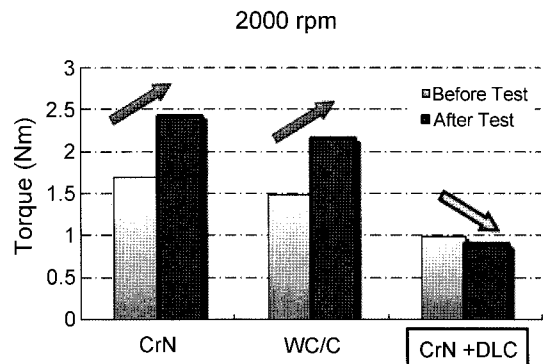


Fig. 12. Comparison of friction torque values at endurance test at 2000 rpm.

3-2. 캠-타핏 내구성 평가시험

Fig. 11과 Fig. 12에서와 같이 170시간 동안 내구시험을 실시한 결과 CrN 코팅의 경우 내구시험 초기에 비하여 마찰 토크 값이 약 1.75 Nm에서 2.2 Nm로 상승하였고, WC/C 코팅 역시 약 1.5 Nm에서 1.9 Nm로 상승하는 것을 확인하여 내구시험을 실시하는 동안에 코팅층이 일부 손상되어 마찰 토크 값이 상승함을 알 수 있었다. 반면에 CrN+DLC 복합코팅의 경우 초기 마찰 토크 조건이 약 0.7 Nm로 가장 우수하였고, 내구 시험 후에 마찰 토크 값이 약 0.6 Nm로 낮아져 내구 시험 동안에 코팅층이 안정화 되어 더 우수한 마찰 상태를 유지함을 확인 할 수 있었다.

Fig. 13에서 보는 바와 같이 170시간 내구시험 후의 각 시편의 표면조도를 측정된 결과 WC/C 코팅을 적용한 타핏의 경우 Ra값이 초기 0.253 μ m에서 0.347 μ m로 CrN 코팅은 0.355 μ m에서 0.385 μ m로 코팅막이 손상되어 거칠어진 것을 확인할 수 있고, CrN+DLC 코팅이 적용된 타핏의 경우는 내구시험 후의 표면상태

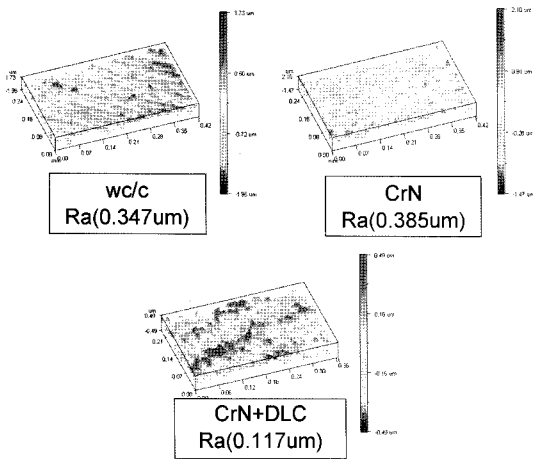


Fig. 13. Surface roughness after endurance test.

가 향상되어 위의 마찰토크 결과와의 연관성을 확인하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 실제 차량과 유사한 조건을 확보하여 각 저마찰새마모 코팅의 적용에 따른 캠과 타펫 사이에 발생하는 마찰 토크값이 저감됨을 확인하고, 내구성 시험을 통하여 실차적용 가능성을 알 수 있었다.

1) 타펫에 각 저마찰새마모 코팅을 적용한 시편을 제작하여 적용 가능성을 확인하였고, 조직 관찰 및 표면조도 측정을 통하여 코팅층 형성과 표면조도가 향상됨을 확인하였다.

2) 캠-타펫 전용 마모시험을 통하여 캠과 타펫의 작

동 및 마찰토크 발생 특성을 실험하였고, 저하중 영역과 고하중 영역에서 CrN, WC/C 코팅은 30~40%, CrN+DLC 코팅은 70% 가량 마찰토크 값이 저감됨을 확인하였다.

3) 170시간 동안 내구성시험을 통하여 CrN+DLC 복합코팅이 우수한 마찰 상태를 유지하여 실차 적용 가능성을 확인하였다.

후 기

본 연구는 지식경제부 지원 “자동차기반기술개발사업”으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

1. H. Kong, H. G. Han, E. S. Yoon, O. K. Kwon and N. K. Myshkin, “Evaluation of the Wear Life of MoS₂-Bonded-films in Tribo-testers with Different Contact Configuration”, *Wear*, Vol. 215, pp. 25-33, 1998.
2. Barry, H. F., “Factors Relation to the Performance of MoS₂ as a Lubricant”, *Lubrication engineering*, Vol. 33, pp. 475-480, 1997.
3. I. M. Hutchings, “Tribology and Wear of Engineering Materials”, CRC Press, Ann Arbor, MI, 1992.
4. J. T. Kovach, E. A. Tsakiris and L. T. Wong, “Engine Friction Reduction for Improved Fuel Economy”, SAE Paper No. 820085, Presented at the SAE International Congress and Exposition, Detroit, Michigan, February 22~26, 1982.