

## SCM415 강의 코팅특성에 관한 연구

장정환\*, 허철수\*, 김해지\*\*, 김남경\*\*, 류성기#

### A Study on the Coating Characteristics of SCM415 Steel

Jeong-Hwan Jang\*, Zhezhu Xu\*, Hae-Ji Kim\*\*, Nam-Kyung Kim\*\*, Sung-Ki Lyu#

(Received 28 February 2011; received in revised form 29 March 2011; accepted 11 April 2011)

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to show the friction and wear characteristics on the vapor deposited coating layers on the SCM415 steel. In this research, frictional wear characteristic of coating materials such as Ti-series, Cr-series & WC/C and TiAlN+WC/C multilayer coating was investigated under room temperature, normal air pressure and no lubricating condition. Therefore, this study carried out research on the friction coefficient, micro hardness(Hv), surface roughness and wear quantity on the vapor deposited coating layers on the SCM415 steel. As the wear experimental result, the excellence of TiAlN+WC/C multilayer coating has been proven by high micro-hardness, low friction coefficient and wear quantity.

**Key Words** : Friction Coefficient(마찰계수), Wear Quantity(마모량), Micro-Hardness(미소경도), Coating Layer(코팅층), Surface Roughness(표면 거칠기)

#### 1. 서 론

산업기술이 고도화됨에 따라 생산제품의 고기능화, 신뢰성 및 내구성 향상에 의한 제품의 고부가가치화가 요구되고 있다. 이러한 관점에서 볼 때, 제품의 내마모성은 생산제품의 고정밀도와 직결된다고 볼 수 있다. 고정밀도에 영향을 미치는 요소로는 마모가 가장 많은 원인을 차지하고 있으며 설치 및 셋업 실수, 작업 실수, 이형성, 설계문제, 수리잘못, 외적

요인, 노후화, 기타원인 등으로 나타났다. 내마모성을 향상시키는 기술은 다양하지만, 그 중에서도 표면개질 기술을 이용한 PVD 코팅은 일반적으로 열처리 온도이하의 범위에서 코팅작업이 시작되므로 모재특성에 영향을 미치지 않기 때문에 널리 사용되는 코팅법이다<sup>1-4)</sup>.

표면의 기능적 특성을 확보하기 위하여 마찰표면에 물성치가 다른 소재를 접착시키는 코팅기술은 접촉표면에 특수한 기능성을 가진 물질을 박막(thin film)으로 또는 후막(thick film)으로 완벽하게 부착할 수 있다는 장점이 있고, 어떤 표면개질 기술보다도 부작용이 작다는 특징을 확보하고 있다<sup>5-7)</sup>. 본 논문에서는 기어용 재료로 많이 사용되고 있는 SCM415 강 시편의 재료 표면에 물리증착법(PVD : physical vapour deposition)으로 Ti-계 코팅, Cr-계 코팅,

\* 경상대학교 대학원 기계항공공학부

\*\* 경남과학기술대학교 자동차학과

# 교신저자 : 경상대학교 기계항공공학부,  
항공연(K-MEM R&D Cluster),

E-mail : sklyu@gnu.ac.kr

TiAlN+WC/C 더블 코팅처리하고 상온, 대기압, 무윤활 상태의 조건에서 마모시험을 실시하여 마모시험 후 각 시험편의 마모량을 측정하고, 마찰계수와 표면 거칠기와의 관계를 고찰하며, 마찰계수와 미소경도와의 관계를 고찰하고자 한다<sup>18-9)</sup>.

## 2. 시험편 및 실험방법

### 2.1 시험편

기어와 일반기계 부품의 소재로 널리 사용되고 있는 SCM415강을 시험편의 소재로 선택하였으며 화학적 성분은 Table 1과 같다. Pin type 시험편의 주요 제원은  $\varnothing 5\text{mm}$ , 길이 25mm이고, Disc type 시험편은 Fig. 1과 같이  $\varnothing 30\text{mm}$ , 두께 10mm로 제작하였다. Disc type 시험편은 각 코팅 층마다 중심선평균값 (Ra) 0.5, 0.8,  $1.1\mu\text{m}$ 의 거칠기를 갖는 시험편을 각각 제작하였다. 시험편의 가공공정은 Fig. 2와 같이 SCM415강의 재료를 선정한 다음 시험편 직경의 가공차를 마이너스(-)가 되도록 선삭가공과 그라인딩 작업을 실시하였다. 기어에 요구되는 경도를 얻기 위하여 열처리를 실시한 후, 시험편의 양쪽 면을 연삭가공 및 폴리싱(polishing) 작업을 실시하였다. 열처리에서는 Fig. 3과 같이  $870^\circ\text{C}$ 에서 2시간 30분 동안 담금질(quenching)공정 후  $550^\circ\text{C}$ 에서 2시간동안 뜨임을 수행하였다. 그 후 질화처리 공정, 폴리싱을 한 다음 각 시험편에 울리콘 발저스(유)의 PVD 법으로 Ti-계 코팅, Cr-계 코팅, TiAlN+WC/C 더블코팅처리를 하였다. PVD법은 일반적인 열처리온도보다 낮은 온도에

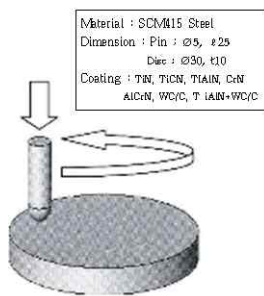


Fig. 1 Test piece shape of pin on disc type

서 코팅이 실시되므로 모재특성에 영향을 미치지 않으므로 널리 사용된다. 코팅층의 두께는 각각  $0.3\sim 0.5\mu\text{m}$ 으로 나타났다.

Table 1 Comparison of chemical composition

SCM415	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
Measured	0.14	0.30	0.62	0.03	0.02	0.16	0.08	1.10	0.16

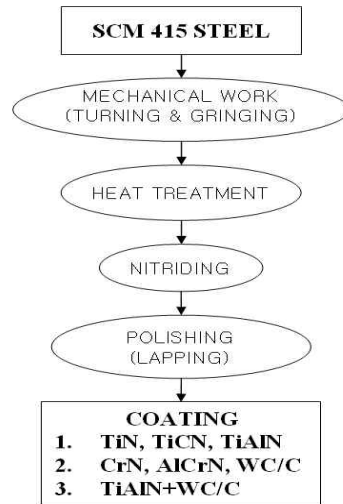


Fig. 2 Machining process of the specimen

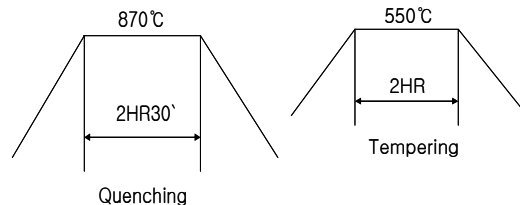


Fig. 3 Machining process of the specimen

### 2.2 실험방법

본 연구에서는 Pin on disc 방식으로 실험을 수행하였고 그 실험장치는 Fig. 4와 같다. 102-PD 마모시험기는 상부에 있는 원판모양의 척에 핀을 장착시키고 하부의 지그에 디스크타입의 시험편을 고정시킨 다음 상부의 핀 고정 척에서 회전운동이 일어나 디스크에 마찰을 일으켜 마모가 발생하게 되면 그 마모

상태를 측정하는 원리이다. 하부의 디스크 고정축은 로드셀을 이용하여 하중을 일정하게 유지시켜 주는 역할을 한다. 마모시험의 조건은 Table 2와 같이 상온, 대기압상태, 건식, 무윤활 마찰하에서 수행되었다. Pin의 회전속도는 100rpm으로 일정하게 유지하고 TiN, TiCN, TiAlN, CrN, AlCrN, WC/C, TiAlN+WC/C 등의 코팅시험편에 10, 20, 30N으로 하중을 변화시키면서 300sec 동안 실시하였다.



Fig. 4 102-PD wear tester

Table 2 Experimental conditions

Items	Quantity
Repeats number of friction	100rpm
Load	10, 20, 30N
Times	300sec
Others	Normal temperature, atmospheric pressure and dry wear

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 마모시험후 시험편의 마모량 측정

Fig. 5는 SCM415 강에 Ti-계 즉 TiN, TiCN, TiAlN의 코팅을 한 시험편에 30N의 하중으로 300sec 동안 마모시험을 실시하여 마모량의 측정결과를 나타낸 것이다. 실험시간 범위내의 적용하중에서 코팅

층의 완전마모는 되지 않았으며 다소 굽힌 자국이 나타났다. Fig. 5는 TiN, TiCN, TiAlN 순으로 마모량이 감소하는 것을 알 수 있다. Fig. 6은 Ti계와 같은 조건으로 Cr계 및 WC/C 코팅 시험편의 마모량을 나타낸 것이다. 여기서는 CrN, AlCrN, WC/C 코팅 시험편 순으로 마모량이 감소하는 것을 알 수 있다. Fig. 7은 Ti계와 같은 조건에서 TiAlN+WC/C 다층 코팅 시험편에 10, 20, 30N의 하중으로 실험하여 마모량을 측정한 결과이다. 각각의 하중에서 비슷한 마모량을 나타내었으며 TiAlN+WC/C 코팅 시험편이 내마모성이 가장 우수한 것으로 나타났다.

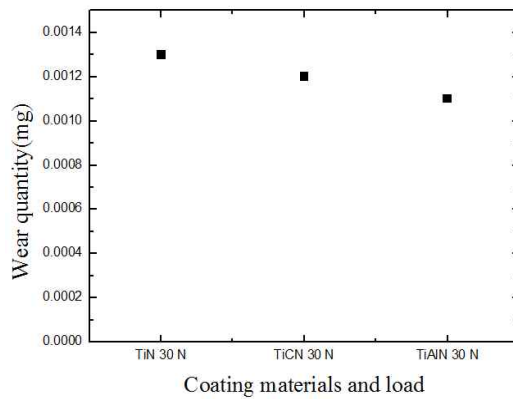


Fig. 5 Wear quantities of Ti-series specimens

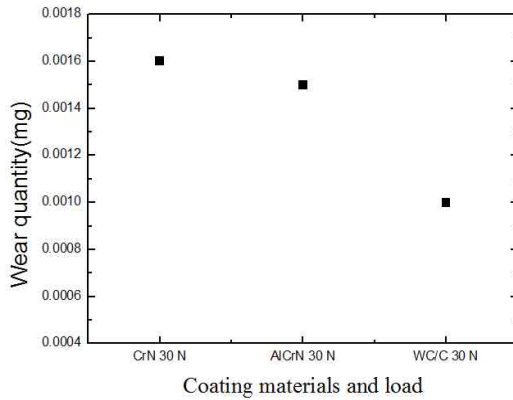


Fig. 6 Wear quantities of Cr-series and WC/C specimens

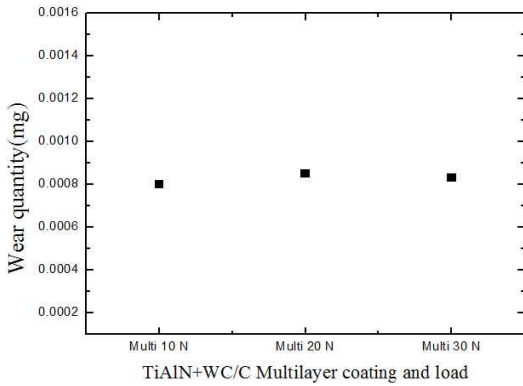
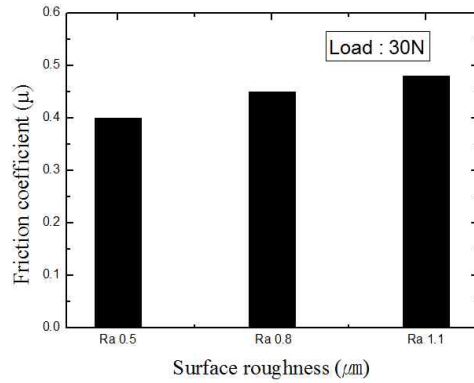
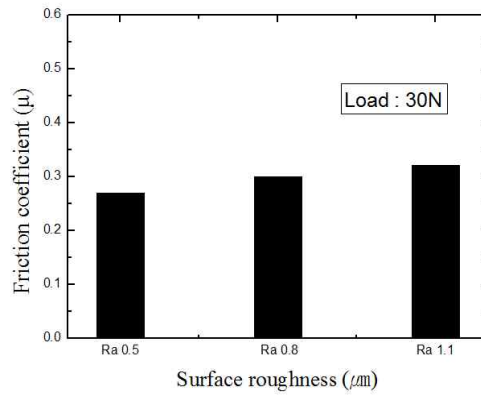


Fig. 7 Wear quantities of TiAlN+WC/C multilayer coating specimens

이것은 다층 코팅층의 표면이 특히 미소경도가 높다는 것을 의미한다.



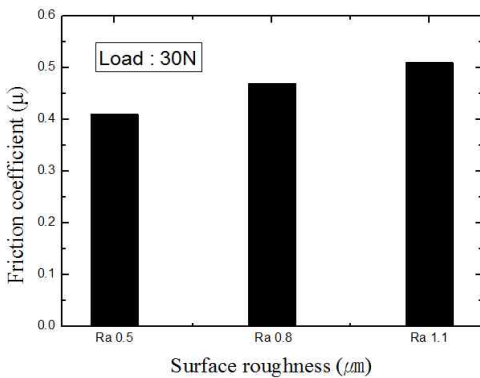
(b) TiCN



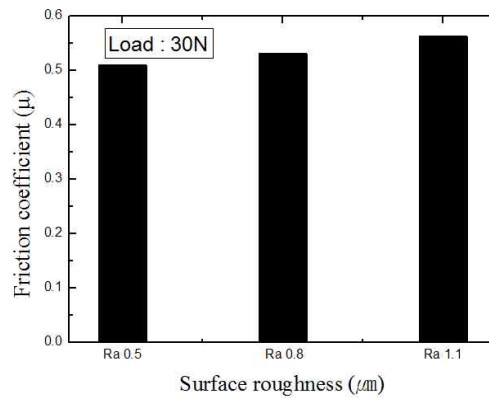
(c) TiAlN

### 3.2 표면거칠기와 마찰계수의 관계

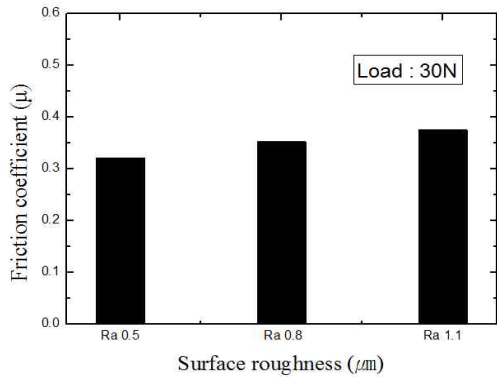
Fig. 8의 (a)~(g)는 표면거칠기와 마찰계수의 관계를 고찰하기 위해 표면거칠기가 중심선평균값(Ra) 0.5, 0.8, 0.11μm의 시편을 각각 제작한 다음 30N의 하중에서 300sec 동안 실험을 실시하여 고찰한 결과를 나타낸 것이다. (a)~(c)는 Ti계 코팅 시험편을 나타낸 것이다. TiN, TiCN, TiAlN 모두 표면이 거칠수록 마찰계수가 다소 높아지는 것으로 나타났다. (d)~(f)는 Cr계 및 WC/C 코팅 시험편을 나타낸 것이다. CrN, AlCr, WC/C 모두 미소한 차이를 보이지만 표면거칠기 값이 높아질수록 마찰계수가 다소 높아지는 결과를 보였다. (g)는 TiAlN+WC/C 다층 코팅 시험편을 나타낸 것이다. TiAlN+WC/C 다층 코팅층은 30N의 하중에서는 마찰계수의 변화가 거의 없었다.



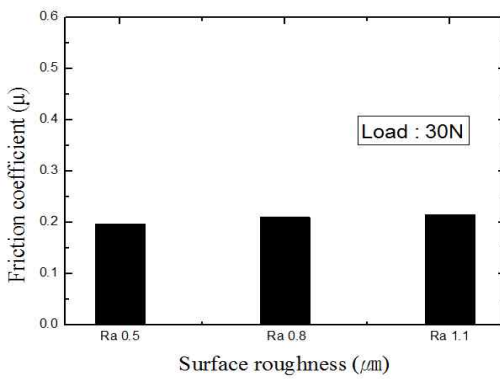
(a) TiN



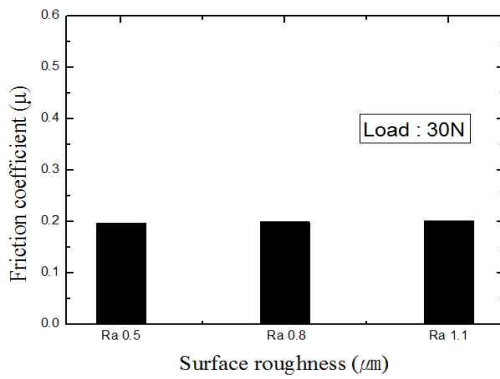
(d) CrN



(e) AlCrN



(f) WC/C

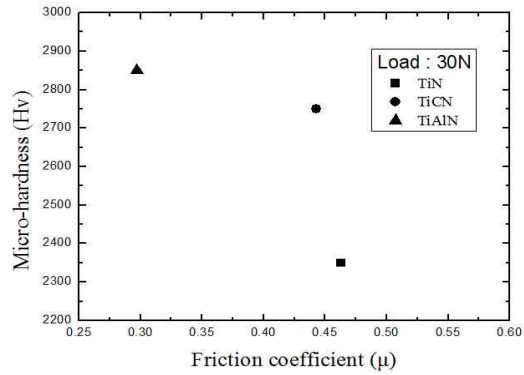


(g) TiAlN+WC/C

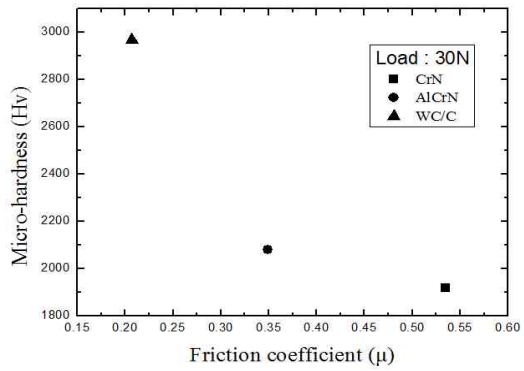
Fig. 8 The relationship between the surface roughness and the friction coefficient

### 3.3 미소경도와 마찰계수의 관계

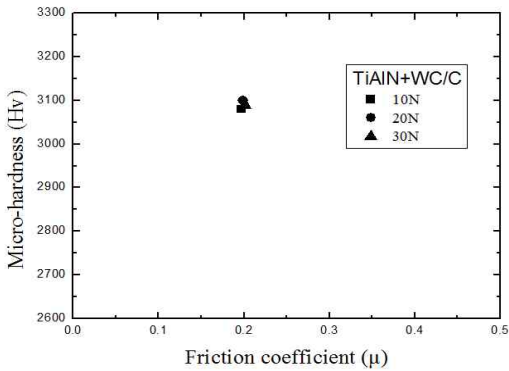
Fig. 9의 (a)~(c) 미소경도와 마찰계수의 관계를 고찰하기 위해 30N의 적용하중으로 300sec 동안 마모실험을 실시한 후 그 결과값을 나타낸 것이다. (a)는 TiN, TiCN, TiAlN 등의 Ti계 시험편의 미소경도와 마찰계수와의 관계를 나타낸 것이다. 미소경도는 TiN, TiCN, TiAlN 순으로 높게 나타났으며, 실험하중 30N에서는 미소경도가 높을수록 마찰계수가 감소하는 경향을 보였다. 특히 TiAlN은 TiN과 TiCN보다 마찰계수가 매우 낮게 나타났다. (b)는 CrN, AlCrN 등의 Cr계 및 WC/C 시험편을 나타낸 것이다.



(a) Ti-series



(b) Cr-series and WC/C



(c) TiAlN+WC/C

**Fig. 9 The relationship between the micro-hardness and the friction coefficient**

미소경도는 CrN, AlCr, WC/C 순으로 높게 나타났으며, WC/C가 미소경도가 가장 높고 마찰계수가 가장 낮은 것으로 나타났다. (c)는 TiAlN+WC/C 시험편 각각의 적용하중 10, 20, 30N 일 때, 미소경도와 마찰계수와의 관계를 나타낸 것이다.

TiAlN+WC/C 다층 코팅의 경우, 10, 20, 30N의 적용하중에서는 마찰계수의 변화가 없음을 고찰되었다. 이것은 TiAlN+WC/C 다층 코팅층이 30N 이하의 하중에서는 마모가 거의 일어나지 않는다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 TiN, TiCN, TiAlN 등의 Ti계, CrN, AlCr 등의 Cr계 및 WC/C, TiAlN+WC/C 다층 코팅된 SCM415 강의 편과 디스크 시험편을 상온, 대기압, 무윤활 상태에서 마모 시험을 실시하여 코팅제에 따른 마찰·마모 특성을 고찰하였다. 적용하중을 각각 10, 20, 30N으로 설정하여 마모시험 후 시험편의 마모량을 측정하고 표면거칠기와 마찰계수와의 관계, 미소경도와 마찰계수와의 관계를 고찰하여 다음과 같은 결과를 얻었으며, TiAlN+WC/C 다층 코팅층의 우수성이 입증되었다.

1. 마모시험 후 시험편의 마모량 측정에서는, 30N에

서 Ti계 실험에서는 TiN, TiCN, TiAlN, Cr계 및 WC/C는 CrN, AlCr, WC/C 순으로 마모량이 감소하는 것으로 나타났다. 10, 20, 30N에서 TiAlN+WC/C 다층 코팅시험편의 마모량은 변화가 없었다.

2. 표면거칠기와 마찰계수의 관계에서는 표면거칠기 (Ra)값 0.5, 0.8, 1.1 $\mu$ m인 시험편을 대상으로 30N의 적용하중의 실험에서, Ti계와 Cr계 및 WC/C는 표면거칠기값이 높아질수록 마찰계수가 다소 높아지는 결과를 보였다. TiAlN+WC/C 다층 코팅시험편에서는 마찰계수의 변화가 없었다.
3. 미소경도와 마찰계수의 관계에서는 Ti계에서는 TiAlN이 Cr계 및 WC/C 코팅에서는 WC/C가 비커경도가 높고 마찰계수가 낮게 나타났다. TiAlN+WC/C 다층 코팅에서 10, 20, 30N의 적용하중에서는 마찰계수의 변화가 없었다.

#### 후 기

이 논문은 지식경제부 지방기술혁신사업(RTI 04-01-03) 지원에 의해 연구되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. S. Hogmark, P. Hedenqvist, "Tribology characterization of thin, hard coatings", Proceedings of the 6th nordic on tribology, Vol. 3, pp. 735-747, 1994.
2. M. G. Hocking, V. Vasantasree and P. S. Sidky, "Metallic and ceramic coatings", Long man scientific & technical, New York, 1989.
3. J. Takeuchi, H. Nakahira, J. Nagai, "Physical properties of some oxide coatings by low pressure plasma spraying", 2nd plasma-technique symposium, Vol. 2, pp. 141-151, 1991.
4. H. J Kim, "Effects of Deposition Parameters in Arc Ion Plating on the Surface Characteristics of TiN-Coated High Speed Steel," Department of Mechanical Eng., Graduate School, GNU, 2007.
5. S. K. Lyu, K. J. Jung, L. Lu, "A study on the influence of ceramic coating on characteristics of friction and abrasion of aluminum alloy(7075 T6)

- used in mechanical casting", Journal of the Korean Society of safety, Vol. 18, No. 3, pp. 14-21, 2003.
6. R&B Technical note, 2005.
  7. I. H. Sung, H. G. Han, H. S. Kong, "Study on the Frictional Characteristics of Micro-particles for Tribological Application", Journal of the KSTLE, Vol. 25, No. 2, pp. 81-85, 2009.
  8. J. H. Jang, H. J. Kim, N. K. Kim, Q. Zang, S. K. Lyu, "A Study on the Friction and Wear Characteristics of Cr-interrelatedness & WC/C Coating SCM415 Steel", Journal of the KSMPE, Vol. 8, No. 4, pp. 122-128, 2009.
  9. J. H. Jang etc., "A Study on the Friction and Wear Characteristics of TiAlN+WC/C Multilayer Coating of SCM415 Steel", Journal of the KSMPE, Vol. 9, No. 2, pp. 40-46, 2010.