



알루미늄 압출용 금형의 내마모성향상을 위한 TiN, CrN 코팅

김민석^a, 강승민^b, 김동원^b, 김상호^{a*}

^a한국기술교육대학교 신소재공학과, ^b경기대학교 신소재공학과

TiN and CrN Coating for the Increase of Abrasive Resistance of Extrusion Mold for Aluminium

Min Suck Kim^a, Seung Min Kang^b, Dong Won Kim^b, Sang Ho Kim^{a*}

^aDept. of Materials Engineering, Korea University of Technology and Education, Cheonan 330-708, Korea

^bDept. of Materials Engineering, Kyonggi University, Suwon 443-760, Korea

(Received December 4, 2009 ; revised December 22, 2009 ; accepted December 30, 2009)

Abstract

The purpose of this study is to show the friction and wear characteristic behaviors of TiN and CrN coated SKD61 which is applied to Al 6xxx extrusion mold material. The friction and wear characteristic behaviors of both coating layers were investigated by the reciprocating friction wear tester under atmospheric pressure and un-lubricated state. The processing parameters in this study were temperature (50 and 120°C) and load (3, 5, and 11 kgf). This study was carried out while comparing the coefficient of friction and microstructure of TiN and CrN coating layers on SKD61. The coefficient of friction of CrN became lower than that of TiN at all conditions. Therefore, CrN was suggested to be more advantageous than TiN for extrusion mold.

Keywords : TiN, CrN, SKD61, Coefficient of friction, Reciprocating friction wear tester

1. 서 론

최근 재료비 및 인건비의 상승 등 비용적인 측면에서 재료의 소비 최소화, 부품의 장수명화 방안이 모든 기계가공 분야에서 관심사로 떠오르고 있다. 최근 압출금형의 표면처리분야는 산업현장에서의 생산성 증가와 압출품의 치수정밀도 향상을 위해 다양한 기술을 개발하고 있으며, 특히 해외 선진국에서 각광받고 있는 이온 플레이팅법에 의한 TiN, TiAlN, CrN, CrAlN 등의 고경도 화합물 박막코팅은 각종 정밀 금형 및 부품소재의 성능 및 수명향상을 위한 목적으로 활발히 연구되고 있다^{1,2)}. TiN 박막은 약 0.7의 건식마찰계수를 가지며 뛰어난 내마모성과 내식성에 의해 punching, forming, mold,

tool 등에 폭넓게 사용되고 있다. 금형분야에 있어서 300~500°C의 낮은 표면처리온도는 모재의 경도 및 치수 변화가 적어 금속가공현장에서 생산성과 품질향상을 위해 상당 부분에 TiN 코팅을 적용하고 있다. 또한 약 0.4의 건식마찰계수를 갖는 CrN 박막은 고온 내식성이 뛰어나 6가 Cr을 부산물로 발생하여 공해를 일으키는 기존의 습식 도금방법인 Cr 도금법을 대체할 수 있으며, 높은 내마모성 및 내산화성, 우수한 밀착강도, 약 2000 Hv의 고경도, 고온고속 및 고압과 같은 가혹한 마찰 조건하에서도 매우 우수한 성능을 나타낸다³⁻⁵⁾.

본 연구에서는 압출금형의 장수명화를 위한 방안으로 압출금형재로 널리 사용되고 있는 열간금형용강 SKD61에 높은 경도를 갖는 TiN, CrN을 코팅하여 마모시험을 실시하였다. 시험하중과 상대재의 온도 변화에 따른 마찰계수(coefficient of friction)를

*Corresponding author. E-mail : shkim@kut.ac.kr

측정하고 온도상승에 따른 상대재의 마모형태를 SEM을 통해 관찰하였다.

2. 실험 방법

2.1 시험편준비

본 실험에서는 상부 시험편(pin)으로는 압출금형 재료로 널리 사용되고 있는 열간금형용강 SKD61를 모재로 사용하였으며 화학조성비는 표 1과 같다. 하부 시험편(disc)은 Al6061을 사용하였다. 재료선정 후 각 시험편 준비과정으로는 하부 시험편의 경우, 마모 시험기의 규격에 맞게 가공 후 양쪽 면을 정밀 연마하여 평편하게 제작하였고, 상부 시험편은 1050°C에서 2시간 동안 담금질한 다음, 뜨임을 550°C에서 2시간 동안 수행하였다. 이 후 상부 시험편의 표면에 TiN과 CrN을 이온 플레이팅(ion plating)법으로 표면처리를 실시하였으며 완성된 시험편은 그림 1과 같다.

2.2 실험방법

실험조건은 표 2와 같이 무윤활, 대기압상태에서 pin의 왕복 frequency는 1 Hz로 항상 일정하게 하고 상온에서 실험하중을 3, 7, 11 kgf로 변화시키면서

Table 1. SKD61 of chemical composition

Grade	Element (wt.%)							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
SKD61	0.32	0.08	0.50	0.03	0.03	4.50	1.00	0.80
	0.42	1.20	0.50	0.03	0.03	5.50	1.50	1.20

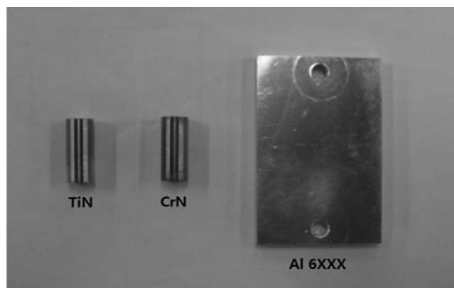


Fig. 1. Shape of disc test piece.

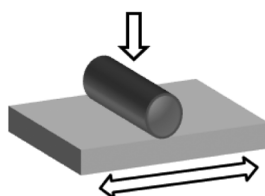


Fig. 2. Reciprocating friction wear test for pin on disc type.

Table 2. Wear test condition

Parameter	
Laod	3, 7, 11 kgf
Temperature(disc)	RT, 50, 120°C
Time	1800 sec
Frequency	1 Hz
Others	Atmospheric pressure, unlubrication

1800 sec동안 실험을 진행하였고, 이 후 하부 시험편의 온도를 50, 120°C로 증가하면서 실험을 진행하였다. 실험 후 시간에 따른 마찰계수의 변화를 측정하였고, 실험방식은 직선왕복동 마모시험기(reciprocating friction wear tester)를 이용한 pin on disc type으로 진행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 하중에 따른 마찰계수 변화

그림 3은 코팅된 각 시험편에 대한 수직하중의 변화에 따른 마찰계수 평균값을 나타낸 것이다. 마찰계수는 마찰력과 수직하중의 비로 계산되며, pin과 disc 사이의 상대운동이 시작하는 순간과 정지 상태에서 각각 측정하여야 한다⁶⁾. 본 실험에서 수

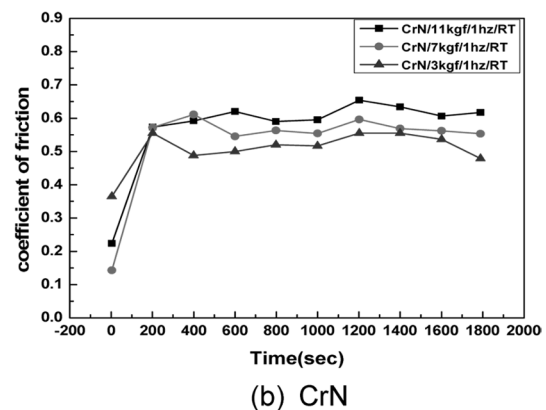
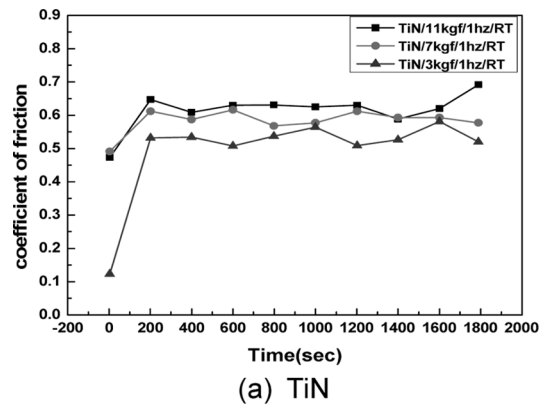


Fig. 3. Comparison of the coefficient of friction at different load.

직하중을 3, 7, 11 kgf으로 가했을 때, TiN이 코팅된 SKD61시험편의 마찰계수는 0.539, 0.591, 0.629였고, CrN이 코팅된 SKD61 시험편의 마찰계수는 0.527, 0.573, 0.595로 나타났다. 여기서 하중이 증가함에 따라 각 시험편의 마찰계수도 증가하는 경향을 보였으며, 특히 CrN 코팅의 경우 TiN 코팅과 비교하여 수직하중 3, 7, 11 kgf에서 마찰계수가 2.3%, 3.1%, 5.7% 정도 낮음을 알 수 있었다. 이 결과로 하중의 따른 마찰계수의 변화에 대한 경향을 알 수 있었다. 하중이 증가함에 따라 각 코팅의 마찰계수는 증가하는데, 이는 하중이 증가하면서 pin과 disc 사이에 응착마모(adhesive wear)가 발생하여 실제 접촉부분의 증가^{7,8)}와 높은 압력에 의한 소성변형의 발생에 의해 마모량이 늘어난 것으로 판단된다.

3.2 온도에 따른 마찰계수 변화

그림 4는 하부 시험편의 온도변화에 따른 각각의 코팅에 대한 마찰계수의 변화를 보였다. 시험하중 11 kgf에서 하부 시험편의 온도를 상온, 50°C, 120°C로 변화하였을 때 마찰계수를 측정해 본 결과, TiN 코팅은 0.629, 0.595, 0.592였고, CrN 코팅은 0.595, 0.589, 0.579로 각 코팅 모두 온도가 증가함에 따라 마찰계수가 감소하는 경향을 보였다.

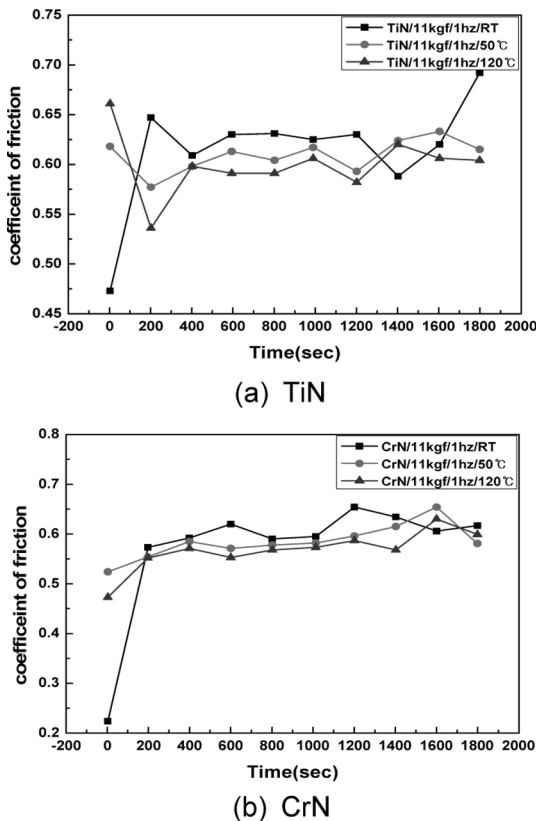


Fig. 4. Comparison of the coefficient of friction at different temperature.

이는 하부 시험편의 온도가 증가하면서 재료가 더 연해지고, 이 결과 연삭마모(abrasive wear)가 증가되며 시험편 표면의 피막이 쉽게 깨져 떨어지기 때문이라 판단된다. 온도변화에 따른 마찰계수의 그래프를 보면 마찰계수의 증감이 뚜렷한데, 이는 마모시험 중 pin이 disc에 닿는 부분과 닿지 않는 부분의 반복적인 온도 상승-하강현상 때문이다⁹⁾. 또한 여기서도 CrN코팅의 마찰계수는 TiN코팅에 비해 낮음을 알 수 있었다.

상온과 120°C에서 마모시험을 수행한 후 하부 시험편의 마모면을 주사전자현미경으로 관찰한 사진을 그림 5에 나타냈다.

주사전자현미경(SEM)을 이용하여 좌우 70배, 500배율로 측정한 결과, 상온에서는 표면이 거친 응착

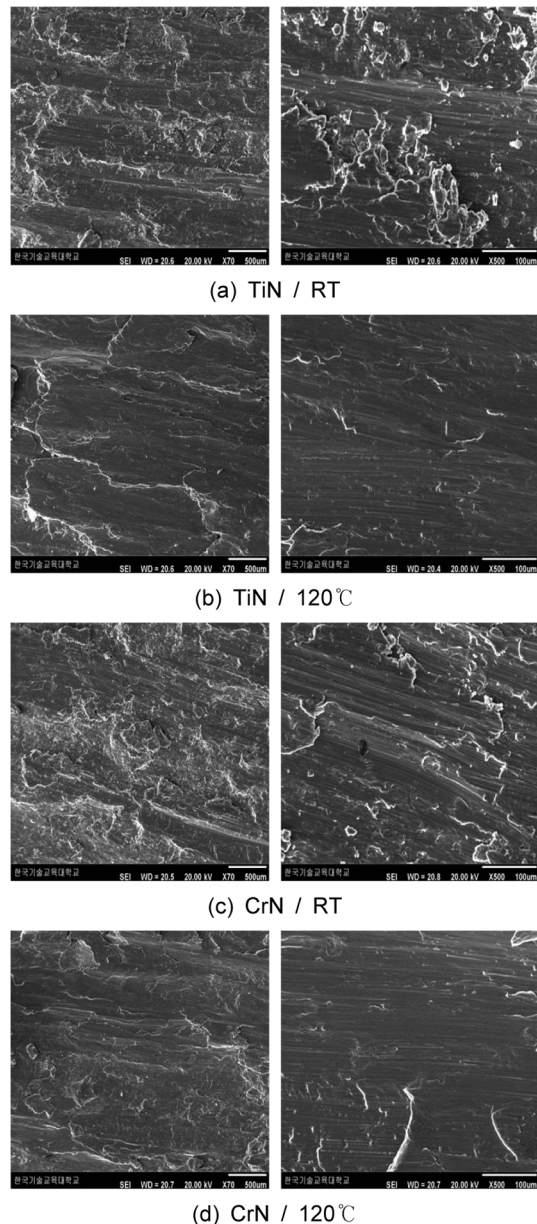


Fig. 5. Worn surface of Al 6xxx disc observed by SEM.

마모가 진행되면서 점점 온도가 높아질수록 마모면은 매끄럽게 나타났다. 이는 온도가 증가하면서 하부 시험편의 모재가 연해지면서 연삭마모가 진행된 것으로 판단된다.

4. 결 론

압출금형의 장수명화를 위한 방안으로 AI 압출금형재로 널리 사용되고 있는 열간금형용강 SKD61에 높은 경도를 갖는 TiN, CrN을 상부 코팅하여 수직하중과 상대재 온도에 따른 마모시험을 한 결과 다음과 같은 결과가 나타났다.

1. 상부 시험편에 대한 수직하중이 3, 7, 11 kgf로 증가될 때, TiN코팅의 마찰계수는 0.539, 0.591, 0.629였고, CrN코팅의 마찰계수는 0.527, 0.573, 0.595임을 확인했는데, 이는 하중이 증가하면서 발생하는 응착마모에 의한 마찰계수 증가를 알 수 있다.
2. 동일한 하중(3, 7, 11 kgf)에서 마찰계수는 CrN 코팅이 TiN 코팅에 비해 2.3%, 3.1%, 5.7% 적음을 알 수 있으며, CrN 코팅의 적용은 압출금형의 장수명화를 기대할 수 있다.
3. 하부 시험편의 온도가 증가(RT, 50°C, 120°C)할수록 각 코팅에 대한 마찰계수는 감소하였다. 이는 접촉면 온도의 증가로 하부 시험편 모재가 연해

지고, 이로 인한 연삭마모가 발생하기 때문이라고 판단되었다.

후 기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업(10024118)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김상식, 김갑석, 한전건, 한국자동차공학회 1997년 춘계학술대회 논문집, 6 (1997) 617.
2. 이봉구, 오성모, 전찬열, 김정기, 김동현, 한국공작기계학회 논문집, 14 (2005) 2.
3. 장정환, 탁성훈, Qi Zhang, 구재준, 류성기, 한국기계공학회 춘계학술대회 논문집, 6 (2009) 33.
4. Akira Azushima, Yasuo Tanno, Hiroyuki Iwata, Kohshiro Aoki, Wear, 265 (2008) 1017.
5. S. Ortmann, A. Savan, Y. Gerbig, H. Haefke, Wear, 254 (2003) 1099.
6. Neo-tribo Technical Note, (2008) 52.
7. 한지훈, 조정우, 이영제, 한국윤활학회 학술대회 제 32(11) (2000) 379.
8. C.-W. Cho, Y.-Z. Lee, Wear, 254 (2003) 390.