

Tungsten Carbide 표면에 코팅된 Re-Ir 박막의 표면 특성

이호식¹, 천민우¹, 박용필^{1,a}

¹ 동신대학교 병원의료학과

Surface Properties of Re-Ir Coating Thin Film on Tungsten Carbide Surface

Ho-Shik Lee¹, Min-Woo Cheon¹, and Yong-Pil Park^{1,a}

¹ Department of Hospital Service & Biomedical Science, Dongshin University, Naju 520-714, Korea

(Received December 22, 2010; Revised January 24, 2011; Accepted February 13, 2011)

Abstract: Rhenium-Iridium(Re-Ir) thin films were deposited onto the tungsten carbide(WC) molding core by sputtering system. The Re-Ir films were prepared by multi-target sputtering with iridium, rhenium and chromium as the sources. Argon and nitrogen were inlet into the chamber to be the plasma and reactive gases. The Re-Ir thin films were prepared with targets having atomic percent of 3:7 and the Re-Ir thin films were formed with 240 nm thickness. The Re-Ir thin films on tungsten carbide molding core were analyzed by scanning electron microscope(SEM) and surface roughness. Also, adhesion strength and coefficient friction of Re-Ir thin film were examined. The Re-Ir coating technique has been intensive efforts in the field of coating process because the coating technique and process have been their feature, like hardness, high elasticity, abrasion resistance and mechanical stability and also have been applied widely the industrial and biomedical areas. In this report, tungsten carbide(WC) molding core was manufactures using high performance precision machining and the efforts of Re-Ir coating on the surface roughness.

Keywords: Rhenium-iridium coating, Tungsten carbide, Surface roughness, Coefficient of friction

1. 서 론

최근 초정밀 광학기기의 발전, 휴대 단말기용 카메라 모듈, 디지털 카메라 렌즈 등의 사용이 많아지고 있는 추세다. 광학 기기 렌즈는 일반적으로 초경합금(tungsten carbide; WC) 성형용 코어를 이용하여 고온 압축 성형방식으로 제작되기 때문에 성형용 코어의 초정밀 가공 및 코어면 코팅 기술 개발의 개발 및 연구가 상당히 필요한 시점이다 [1,2].

또한 최근 산업의 고속화, 고 능률화 및 고정밀화

로 인해 우수한 내마모성, 인성, 고온 안전성 및 내구성을 갖는 공구 및 금형을 요구하게 되었습니다. 위에 기술한 성질들은 대부분 단일 재료에서는 얻을 수 없으며 적당한 기관 공구나 금형위에 내마모성 보호 피막을 코팅함으로 비교적 저렴하게 얻을 수 있다. 금형의 수명 연장 및 내마모성 특성 향상을 위하여 CrN, TiN, TiAlN 코팅이 많이 사용되고 있으나, 보다 고경도이고 내구성이 있는 코팅박막의 개발이 필요하다 [3].

또한 최근 비구면 유리 렌즈 성형 분야에서 성형용 초경합금 코어면의 Re-Ir (rhenium-iridium)코팅은 성형 공정 시 유리 렌즈와 성형용 코어 수명 향상

a. Corresponding Author; yppark@dsu.ac.kr

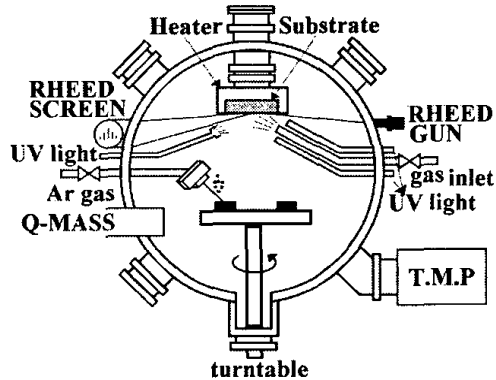


Fig. 1. Block diagram of the ion-beam sputter system.

을 위해 주목 받고 있는 기술 분야이다 [4,5].

Re-Ir 코팅은 고경도, 고탄성, 내마모성, 화학적 안정성을 가지기 때문에 다양한 분야에서 많은 연구가 이루어지고 있다.

따라서 본 연구에서는 이온 빔 sputtering system을 이용하여 Re-Ir 박막을 코팅하여 코팅 면의 표면 조도를 측정하였고, Re-Ir 박막과 tungsten carbide (WC) 코어 표면과의 내마모성 특성을 조사하기 위하여 Re-Ir 코팅 전후의 마찰 계수와 scratch test 장비를 이용하여 Re-Ir 박막의 임계하중 값을 측정하였다. 또한 성형용 초경합금 표면에 Re-Ir 박막을 코팅하여, 비구면 렌즈 성형용 코어면 Re-Ir 코팅이 코어면의 형성정도와 표면조도에 미치는 영향에 대하여 연구하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서의 박막 제작은 이온 빔 스퍼터링 시스템으로 제작하였다. 성막의 두께는 수정 진동자를 이용한 두께 측정기를 사용하였다. 그림 1은 본 실험에 사용한 이온 빔 스퍼터 시스템의 개략도를 나타낸 것이다 [6].

냉음극 saddle-field형 이온 건을 진공 챔버 내부에 장착하여 사용하였으며, 가열용 히터는 코일 형으로 감은 Ta 선을 사용하였다. 유출 셀의 온도는 유출 셀 위·아래에 부착한 열전대로 모니터링하여 온도제어가 가능하도록 하였다. 박막 성장은 타겟과 시편과의 거리를 350 mm로 하였고, 타겟은 Cr과 Re-Ir를 사용하

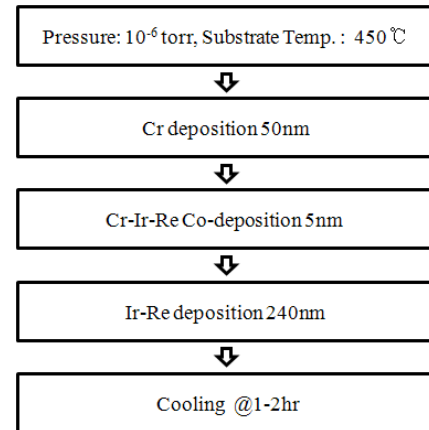


Fig. 2. Deposition process.

였으며, 이 때 Re와 Ir의 조성비는 30:70이었다. 챔버 내 진공도는 약 10^{-6} torr였고, 챔버 분위기는 초고순도 아르곤 가스를 사용하였으며, 이때 기관의 온도는 450°C로 하였다.

Re-Ir 박막 층을 형성하기 위하여 먼저 Cr을 50 nm 증착하고, 다시 한 번 Cr과 Re-Ir를 동시에 5 nm 정도로 증착하였다. 이러한 증착 과정은 초경합금과 증착된 박막 사이에 접착력을 증가시키기 위한 방법으로 많이 사용되고 있다. 또한 Cr과 Re 그리고 Ir 물질을 동시에 증착하는 과정을 통하여 증착 물질 간의 접착력 또한 증가시킬 수 있다.

그림 2는 증착 과정을 도식화 하여 보여주고 있다. Re-Ir의 증착 두께는 240 nm로 하였고, 증착 후 냉각 시간은 약 1~2 시간 정도로 하여 충분한 냉각 시간을 가졌다.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 sputtering 조건의 최적화 연구를 통한 Re-Ir 코팅 전·후의 코어 표면의 SEM 사진이다. SEM 사진을 통해서 Re-Ir 코팅에 따른 변화를 확실하게 육안으로 확인할 수 있었다.

Re-Ir 박막 코팅을 한 후 표면을 EDXS를 통하여 분석한 결과 rhenium 성분이 24.92%, iridium 성분이 61.10%, 그리고 Cr 성분이 11.9%, 텅스텐 성분이 2.89%의 분석 결과를 보이고 있다. 이런 결과는 WC 표면에 Re-Ir 박막 코팅이 잘된 것을 확인할 수 있었다.

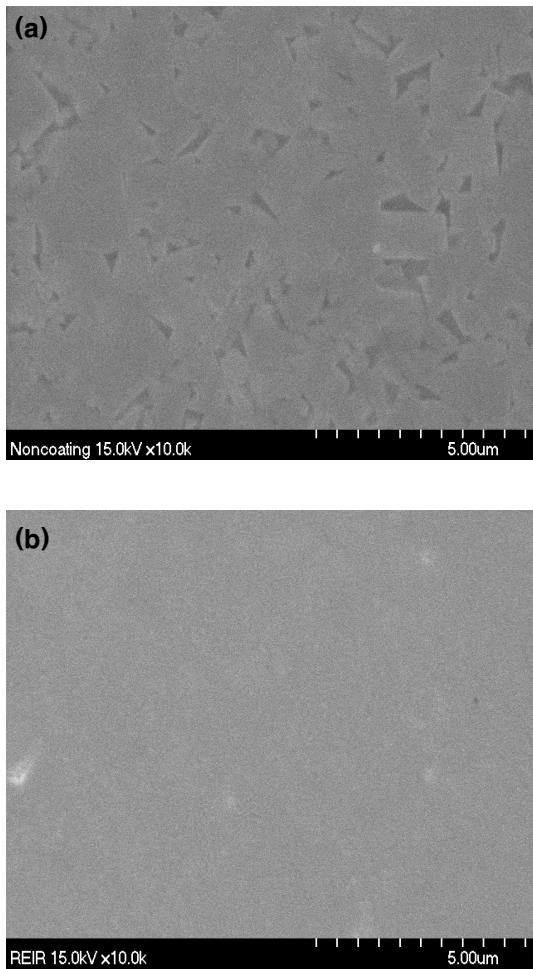


Fig. 3. (a) Before coating with Re-Ir (b) After coating with Re-Ir SEM images WC surface.

그림 4는 Re-Ir 코팅 전·후의 표면조도를 측정된 것으로, 코팅 전의 표면조도 값이 4.345(nm)에서 코팅 후에는 2.191(nm)로 2.154(nm)가 향상된 것을 확인할 수 있었으며, 형상정도 값이 0.072(μm)에서 0.074(μm)로 거의 변화가 없음을 확인할 수 있었다.

위의 결과로부터 성형용 초경코어면의 Re-Ir 코팅이 코어면의 형상정도와 표면조도의 향상에 영향을 주는 것을 알 수 있었으며 또한 코어 면의 내마모성 및 수명 향상에 영향을 미치는 것으로 판단된다 [7]. 그림 5는 Re-Ir 코팅 전·후의 마찰 계수를 측정된 것으로 X축은 scan length, Y축은 마찰계수 값과 측정 시 tip에 주어진 힘을 나타내고 있다. Re-Ir 코팅 전의 마찰 계수 값은 약 0.062정도의 값을 나타내고 있으나, 코팅 후의 마찰 계수 값은 약 0.039의 값을

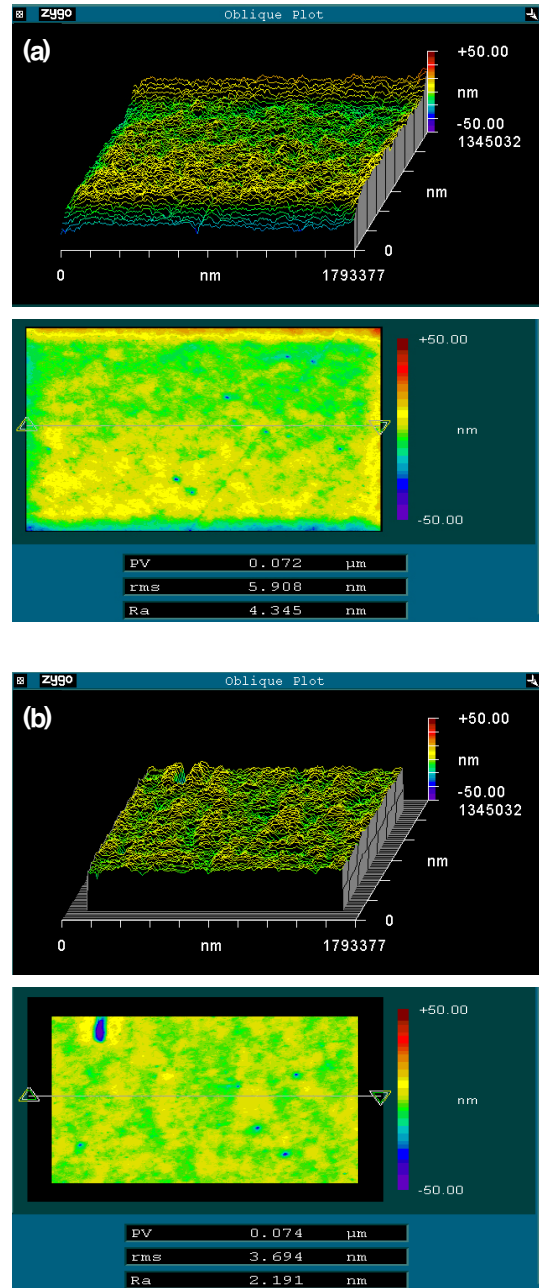


Fig. 4. (a) Before coating with Re-Ir (b) After coating with Re-Ir surface roughness WC surface.

보이고 있으며, 이는 Re-Ir 코팅이 WC의 표면 개선에 상당한 효과를 보이고 있는 것을 알 수 있다. 또한 이러한 결과는 Re-Ir 박막을 WC 표면에 코팅하여 렌즈를 성형하였을 때 성형 렌즈와 WC 간의 이형성 증대 효과를 통해 코어의 수명 또한 증대시키는 것으로 사료된다. Rhenium 물질은 높은 용융점과

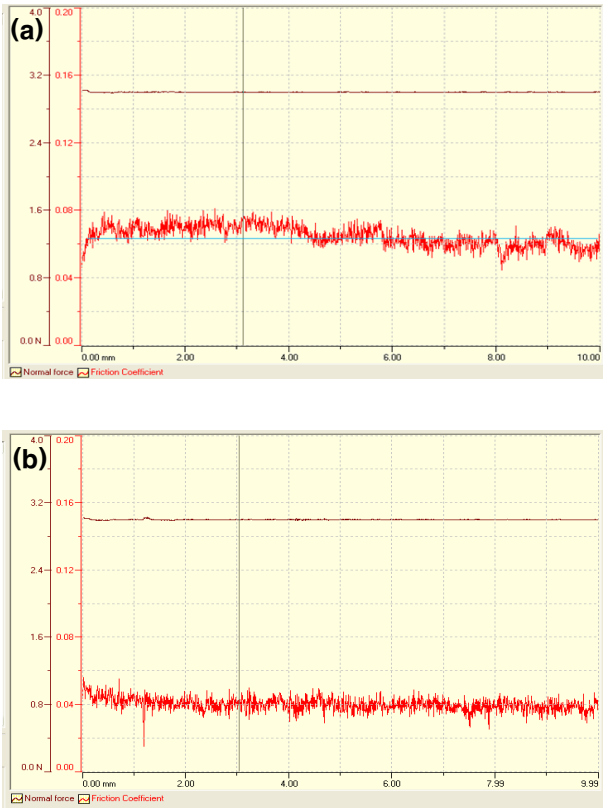


Fig. 5. (a) Before coating with Re-Ir (b) After coating with Re-Ir coefficient of friction WC surface.

높은 영률 (young's modulus)을 갖고 있으며, 낮은 마찰계수를 갖는 조밀육방형구조 (hexagonal close-packed, HCP)를 갖는 물질로 널리 알려져 있다. 특히 rhenium 물질은 산화에 약한 단점을 지니고 있으나, iridium 혹은 rhodium과 같은 물질과 함께 표면 코팅을 할 경우 상당히 안정된 표면 특성을 보이는 것으로 보고되고 있다. 따라서 본 연구에서의 Re-Ir 코팅 후에 마찰계수 값이 낮아지는 특성을 보이는 것도 이와 같은 이유에 의한 현상으로 판단되고 있다 [9].

그림 6은 Re-Ir 코팅 후의 scratch test 장비로 측정된 임계하중 값으로서, X축은 scan length, Y축은 마찰계수 값과 측정 시 tip에 주어진 힘, 그리고 방출 탄성 값을 나타내고 있다. 임계하중 값은 scratch tester를 이용하여 박막 층에 하중을 주고 이 때 표면 박리 (spalling)가 시작되는 부분과 방출 탄성 피크 (acoustic emission peak)를 비교하여 결정한다. 본 연구에 사용한 scratch test 장비는 최대 하중이 200 N까지 측정이 가능하며 해상도는 3 mN의 값을

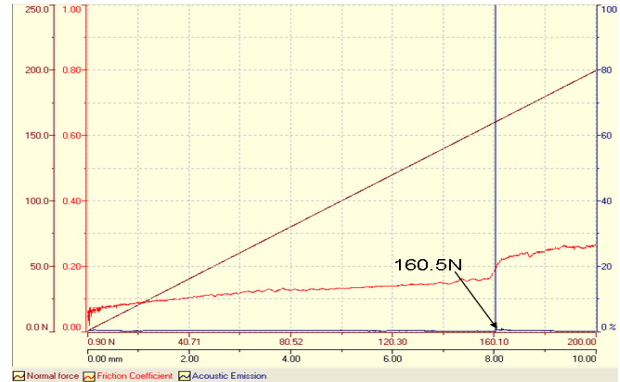


Fig. 6. Critical load of the Re-Ir coating thin film on WC surface.

갖는 장비이다. 일반적으로 박막의 접착력에 영향을 주는 인자들에에는 박막 및 기판의 조성 비율 및 구조, 기판과 박막 간의 반응 정도, 기판의 표면 거칠기, 온도, 습도, 부식 환경 등 많은 외부 인자가 존재한다. 최근에 들어 scratch tester를 이용한 방법에 대한 관심이 높아지고 있으며, 고경도 내마모 코팅에 대한 많은 연구가 진행되고 있다 [8].

그림에서 확인할 수 있는 바와 같이 Re-Ir 박막의 임계하중 값은 160.5 N으로 나타났다. 이러한 결과는 타 연구에서 보고된 값 보다 다소 높은 임계하중 값을 보이는 것은 증착된 박막이 매우 치밀하게 형성되었음을 알 수 있으며, 이는 그림 3의 SEM 이미지, 그리고 그림 4의 표면 조도 측정에서도 확인할 수 있다. 또한 이러한 결과는 같은 비율의 Re-Ir 증착을 하여 측정한 다른 팀의 연구 논문에서의 임계하중 값인 130 N 값보다 다소 상승한 결과를 보이고 있다 [10].

4. 결론

본 연구에서는 렌즈 성형용 코어 면에 코팅된 Re-Ir 박막과 tungsten carbide(WC) 코어 표면과의 내마모성 및 이형성 증대 효과에 대한 연구를 위하여 scratch test 장비를 이용한 임계하중 및 마찰계수와 코어면의 형성정도와 표면조도에 미치는 영향을 조사하였다.

초경코어 면과 Re-Ir 코팅을 한 후의 박막 형상 정도 값이 0.072(μm)에서 0.074(μm), 표면조도 값이 4.345(nm)

에서 코팅 후에는 2.191(nm)로 다소 향상된 것을 확인하였다.

또한 초경 코어 면의 Re-Ir 박막 코팅 전의 마찰 계수 값은 약 0.07 정도의 값을 나타내고 있으나, 코팅 후의 마찰 계수 값은 약 0.04의 값을 보이고 있으며, 또한 Re-Ir 코팅 박막의 임계하중 측정 결과 약 160N의 값을 얻었는데 이러한 결과는 Re-Ir 코팅이 마찰 계수 값의 감소를 통하여 성형 렌즈와 WC 코어 표면과의 이형성을 증대시키고 또한 내마모성을 향상시킬 것으로 기대되는 결과를 얻을 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 민군겸용기술사업의 연구개발로 수행되었음.

REFERENCES

[1] A. G. Kolmakov, V. N. Geminov, G. V. Vstovsky,

- V. F. Terent'ev, V. T. Zabolotny, E. E. Starostin, *Surf. Coat. Technol.*, **72**, 43 (1995).
- [2] F. B. Wu, W. Y. Chen, J. G. Duh, Y. Y. Tsai, Y. I. Chen, *Surf. Coat. Technol.*, **163**, 227 (2003).
- [3] S. W. Kim, *J. of the Korea Society for Heat Treatment*, **23**, 112 (2010).
- [4] V. Petrovich, M. Haurylau, S. Volchek *Sensors and Actuators A* **99**, 45 (2002).
- [5] W. Yang, L. Zhang, Y. Hua, L. Cheng, *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials* **27**, 33 (2009).
- [6] M. W. Cheon, J. K. Lim, Y. P. Park, *J. KIEEME* **42**, 368 (2004).
- [7] H. U. Kim, S. S. Kim, H. J. Kim, J. H. Kim, *J. KIEEME* **20**, 808 (2007).
- [8] S. W. Kim, *J. of the Korea Society for Heat Treatment*, **17**, 365 (2004).
- [9] A. Naor, N. Eliaz, E. Gileadi, R. Taylor, *The AMMTIAC Quarterly*, **5**, 11 (2010).
- [10] J. S. Park, B. S. Park, S. D. Kang, K. H. Yang, K. K. Lee, D. J. Lee, K. M. Lee, *J. Kor. Inst. Surf. Eng.*, **41**, 88 (2008).