

저 마찰 건식 마모 특성을 가지는 크로마이징 처리 소결부품의 표면 현상에 관한 연구

The study on surface phenomena of chromizing sintered steels with low frictional and dry wear properties

박용진^a, 여국현, 김상권, 이재훈
^a한국생산기술연구원 인천지역본부

초 록 : 철계 소결 부품은 성형의 용이성, 저렴한 가격, 특유의 기공성 입계조직으로 기능성 표면처리에 적합한 소재이다. 본 연구에서는 고온 부식 및 극심한 마모환경에 노출되는 발전소 터빈과 같은 부품의 표면처리에 주로 쓰이는 Pack-chromizing 법을 적용한 철계 소결부품의 내마모 특성을 알아보고자 한다. AFM 분석결과, Pack-chromizing 에 의해 Cr이 확산된 표층의 형상이 Peak-and-Valley 형태의 치밀한 dimple 구조로 변화된 것을 알 수 있었다. 또한, XRD 및 XPS 분석을 통해 chromium carbide 및 Cr₂O₃ 와 같은 고경도의 화합물 층이 형성됨을 알 수 있었다. 따라서, 이러한 dimple 구조를 띤 고경도의 화합물 층이 표면의 마찰계수를 저하시키는 주요 원인임을 본 연구에서 논하고자 한다.

1. 서론

고온 부식 및 마모환경에 노출되어있는 발전소 터빈과 같은 부품의 표면처리 방법 중에는 전통적으로 Pack-chromizing 기술이 많이 알려져있다. Pack-chromizing 기술은 원료분말(Cr, 충전제(Al₂O₃), 활성화제(NH₄Cl) 로 구성된 Pack 분말을 혼합하여 금속 시편을 잠입 시켜 고온에서 CVD법에 의해 시편 표면에 Cr을 확산시키는 코팅기술이다. 주로, 부품의 내산화성 및 내마모 특성의 향상을 위해 처리한다. 하지만, 기존연구에서는 주로 내산화성에 관한 보고가 주를 이루고, 특히 Pack-chromizing 처리된 철계 소결 소재의 내마모성 및 윤활특성에 관한 연구보고는 매우 드문 실정이다. 기존의 논문에서는 carbide 증가에 따른 표면경도 향상에 의한 내마모성을 설명하는 수준에 머물고 있다. [1] 따라서, 본 연구에서는 AFM, XRD, XPS 분석을 통해 Pack-chromizing 처리된 철계 소결 부품의 저 마찰계수 특성의 원인을 보다 심층적으로 조사하고자 하였다.

2. 본론

본 연구에서는 철계 소결부품을 Pack-chromizing 법을 이용하여 표면에 Cr을 확산코팅하여 표면의 마찰특성을 조사하였고, 그 원인을 조사하기 위해 AFM, XRD, XPS 분석을 실시하였다. Pack-chromizing 처리를 하기위해 Cr 원료분말 9.6 wt. %, 활성화제 (NH₄Cl) 4 wt. %, 불활성 충전제 (Al₂O₃) 86.4 wt. % 를 혼합한 Pack 분말을 0.6 %의 C가 함유된 철계 소결 시편과 함께 넣어 Ar 가스를 넣어 불활성 분위기에서 950℃ 까지 가열하여 Cr 10~20시간동안 유지시키며 확산 반응을 유도하였다. 표면처리된 시편의 내마모 특성시험은 Ball on Disk 형태의 5mm STB 2(HRC 63)의 볼을 이용하여 마모조건 10mm/sec, 50mm/sec에서 1N, 5N의 하중으로 50%정도의 습도 분위기 내에서 실시하였다.

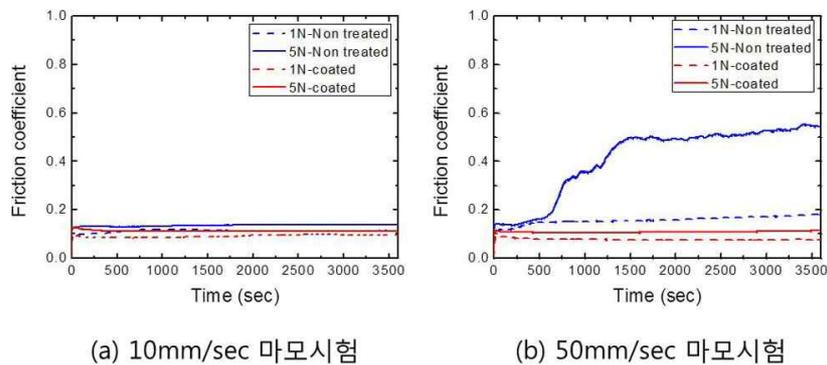


Fig. 1. Tribology test

Fig. 1 은 각각 10mm/sec의 조건과 50mm/sec의 조건에서 1N, 5N의 하중 변화에 따라 코팅 전후 마모시험 후 마찰계수 변화를 관찰한 결과로서 10mm/sec의 마모조건에서는 코팅 후 마찰계수가 최대 25%정도 감소하는 것을 알 수 있었고, 50mm/sec의 조건에서는 1N의 하중조건에서는 50%, 5N의 하중조건에서는 최대 80%의 마찰계수 저감이 관찰되었다.

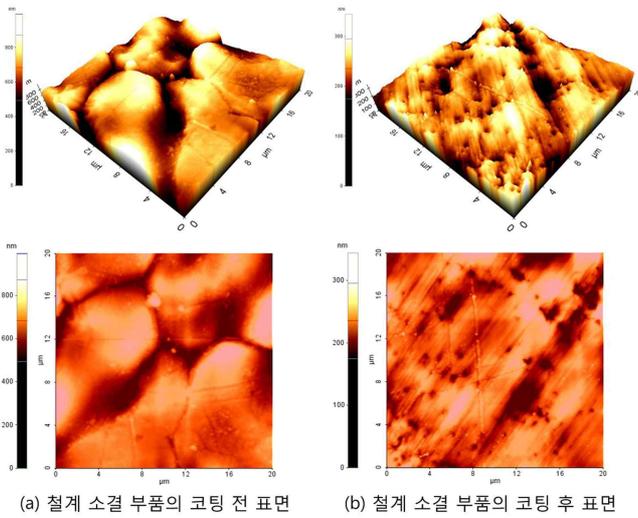


Fig. 2. AFM analysis

마찰계수 저하 원인을 조사하기 위해 AFM, XPS 등의 분석을 하였다. Fig. 2 은 철계 소결 부품의 코팅 전, 후 표면의 AFM 분석 모습이다. 그림을 보면 알 수 있듯이, 코팅 후 Peak-and-Valley 형태의 치밀한 dimple 구조로 변화되었고, 이러한 에어포켓형 표면형상이 마찰계수 저하의 주요원인이 됨을 알 수 있다.[2-5]

한편, 코팅전 150HV 이하의 표면경도가 코팅 후 최대 2100HV로 향상되었는데, 이것은 고경도의 화합물 층 형성에 의한 것으로 Fig. 3의 XPS 분석결과 Cr-C 및 Cr₂O₃ 계 화합물임을 확인하였다.[6] 특히, XRD 분석에 따르면, Cr-C 계 화합물 중에서도 Chromium carbide ((Cr,Fe)23C6)이 검출되어 이 물질이 표면 경도향상의 주요원인임을 알 수 있었다. 또한, Fig. 3의 C1s 그래프에서는 Carboxyl group (COOH)이 관찰되어 자연적 환경 속에서 유기물들의 흡착에 의해 윤활특성이 더욱 향상 될 수 있는 가능성이 있음을 확인 하였다.[6]

따라서, chromium carbide 및 Cr₂O₃ 와 같은 고경도의 화합물 층이 형성한 dimple 구조형성이 Pack-chromizing 처리된 철계 소결 부품의 마찰계수 저하의 주요 원인임을 알 수 있었다.

3. 결론

Pack-chromizing 처리된 철계 소결 부품의 저 마찰특성의 원인분석을 위해 AFM, XRD, XPS 분석을 시도하였다. 이를 통해, 본 연구에서는 고경도의 chromium carbide 및 Cr₂O₃ 화합물 층으로 구성된 표면의 dimple 구조가 마찰계수 저하의 주요 원인임을 밝혔다.

참고문헌

1. V. A. Presnov et al., Poroshkovaya Metallurgiya 9 (1976) 27.
2. 고태준, 문명운, 오규환, 이광렬, 고분자과학과 기술 22권 (2011) 224-229 (2011).
3. M. W. Moon, T. G. Cha, K. R. Lee, A. Vaziri, and H. Y. Kim, Soft Matter 6 (2010) 3924.
4. R. K. Roy and K.-R. Lee, J. Biomed. Mater. Res., Part B, 83b (2007) 72.
5. M. Anil, S. F. Ahmed, J. W. Yi, M.-W. Moon, K.-R. Lee, Y. C. Kim, H. K. Seok, and S. H. Han, Diamond Relat. Mater. 19 (2010) 300.
6. A. A. Edigaryan et al., Electrochimica Acta 47 (2002) 2775-2786.

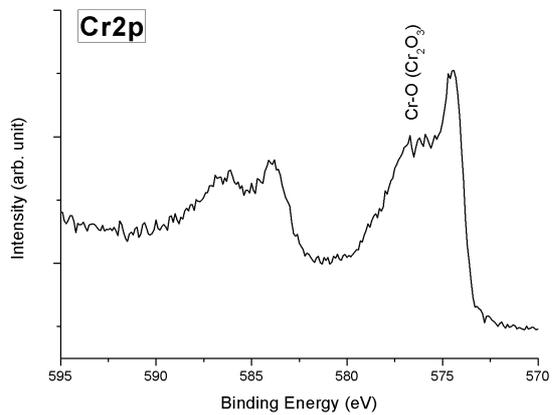
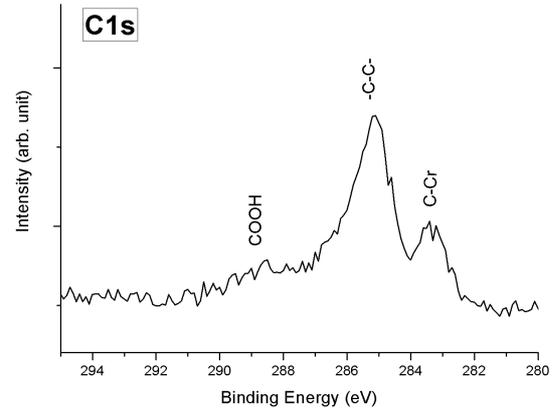


Fig. 3. XPS analysis