

임대순*, 김갑배, 방건용, 문한규
한국표준연구소

Ashby등에 의해 비윤활상태에서의 steel의 마모기구도(wear mechanism map)가 작성 발표된바 있다^[1]. 이 마모기구도는 지금까지 발표된 steel의 마모연구의 결과를 모아서 seizure, melt dominated 마모, 산화지배 마모, 소성지배 마모등의 기구가 지배되는 영역을 표준화된 압력과 속도의 변화에 따라 표시한 것이다. 이러한 마모기구를 종합적으로 diagram에 나타냄으로써 마모기구의 상관관계등을 이해하는데 도움을 주고, 설계자 공학자들에게 설계및 재료개발에 도움을 주고자 하는 것이다. Hsu와 Lim등은 alumina, silicon nitride 시편을 이용해 세라믹재료의 마모도를 작성하여 발표하였다^[2]. 이 마모도는 압력과 하중에 따른 마모율을 나타냄으로써 제시된 조건에서 마모율을 예측할 수 있게하며, 마모율의 급격한 변화로부터 마모천이 형태를 한 눈에 볼 수 있게 한 것이다.

본연구에서는 베어링강을 모델재료로 하여 마모 diagram을 작성하여 속도와 하중 변화에 따른 mild wear에서 severe wear로의 천이를 관찰하고 각 영역에서의 마모기구에 대해 논하고자 한다. 이 연구에서는 윤활유의 영향을 배제하고 steel ring과 steel pin간의 비윤활 상태에서 마모시험이 행하여졌다.

본 실험에서는 다목적 마모시험틀 사용하여 시간에 따라 접촉면적의 형상이 비교적 변하지 않는 그림 1과 같은 형상의 pin on ring형태의 시편을 사용하였다. 9.8 N 으로부터 98 N 까지의 하중이, 0.012 m/sec에서 0.12 m/sec까지의 미끄럼 속도에서 마모시험을 행하였다. 각 조합에 따른 조건에서의 마모된 양은 시편의 변이를 측정하여 마모부피를 추정 계산하였다. 구상화 열처리된 AISI 52100 베어링강으로 가공된 pin과 ring 형태의 시편의 접촉부위는 1 μ m diamond pasete까지로 polishing하였다.

재료의 마모, 마찰특성은 작동조건 및 재료의 상태, 분위기등에 따라 변하게 된다.

작동조건에는 하중, 속도, 마모시간등의 변수가 있으며, 이러한 변수에 따라 마모기구의 변화가 예상된다. 일정속도에서 압력의 변화와 회전이 진행됨에 따라 변화되는 마모의 양을 보여주고 있다. 그림 3에서 4.53 MPa에서 속도에 따라 변화하는 마모의 양을 보여준다. 이와같이 속도와 압력에 따라 마모의 양이 변하는 효과를 보여주기 위해서는 수많은 도표를 필요하게되며, 속도와 압력의 상관관계를 이해하기가 힘들게 된다. 그러므로 그림 4에서 보여주는 것과 같이 3차원적인 마모 diagram에 의해 압력과 미끄럼 속도에 따른 마모율 변화를 나타낼 수 있다. Diagram에서 보여주는 것과 같이 저압력과 저속도에서는 낮은 마모율, 소위 mild wear,를 보여주고 있고, 하중과 속도가 증가함에 따라 마모율이 급격히 증가하여 severe wear상태를 나타낸다. 이러한 급격한 마모율 변화는 마모기구의 변화를 의미하는 것이다. 그림 5는 Ashby의 마모도에 발표된 고탄소강에 관련된 타연구자들과의 결과와의 관계를 나타낸 것이다. 본영역에서는 사용된 하중과 미끄럼속도는 기존의 발표된 데이터와 비교적 중복이 되지 않으며, 주위값과 유사한 값을 보여주고 있다.

SEM과 TEM에 의한 표면과 부표면의 재료손상 부위의 관찰을 통해 mild wear상태에서는 재료의 부분적 adhesive wear와 oxidative wear가 주도적으로 심한 마모상태에서는 소성변형(plastic deformation)과 상변태(phase transformation)이 지배적으로 작용하고 있음을 알수있었다.

본연구에서는 베어링 steel의 마모 diagram을 통해 하중과 속도변화에 따른 마모율의 급격한 변화를 볼 수 있었다. 이 마모천이를 나타내는 mild wear영역과 severe 영역에서의 마모기구를 분석하였으며, 이결과를 토대로 mild wear와 severe wear의 마모천이기구가 설명되었다.

- 참고문헌 -

1. S.C. Lim and FmF. Ashby, Acta. Metall. 35, 1(1987).
2. S.M. Hsu and D.S. Lim and R., Munro, Proced. for 3rd Inter Symp., Cer. Mater and Comp. for Engines(1988).

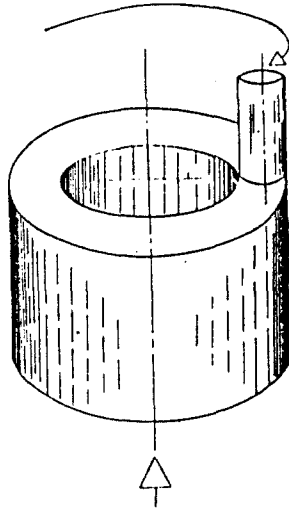


Fig. 1. Sample configuration of pin on ring type wear test.

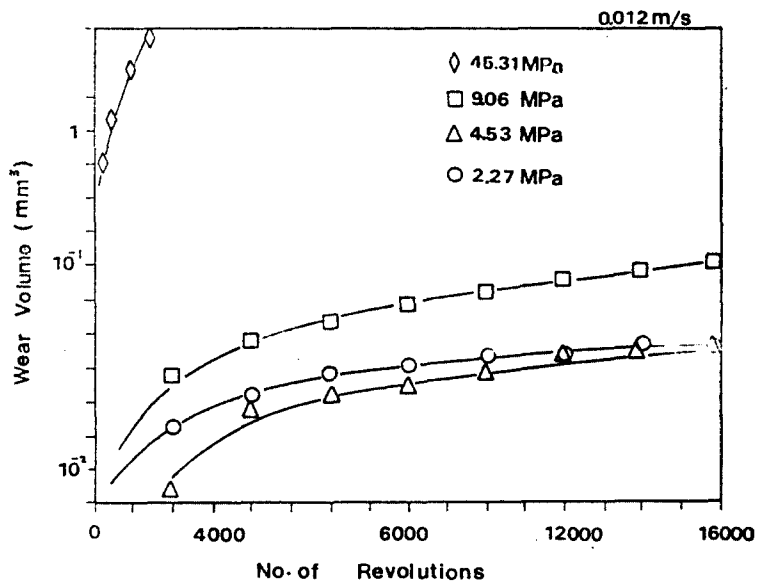


Fig. 2. Wear of bearing steel at various applied pressure (speed; 0.012 m/s)

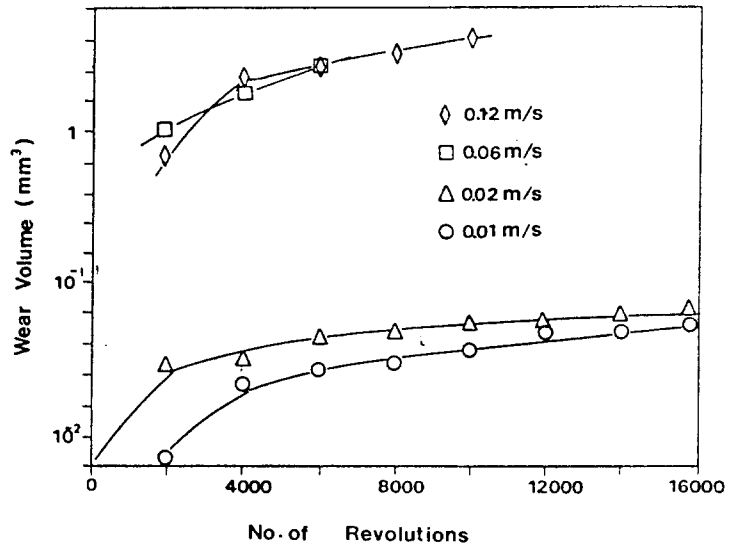


Fig. 3. Wear of bearing steel at various speed (pressure: 4.53 MPa)

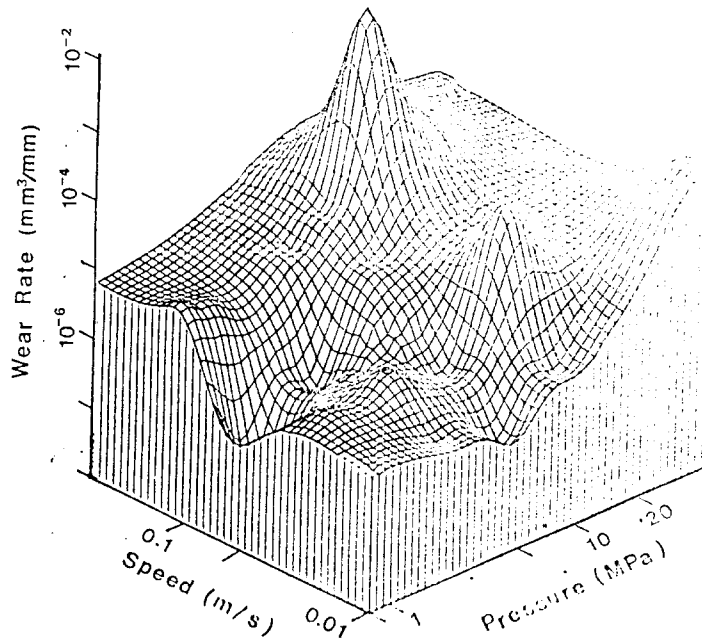


Fig. 4. Wear diagram of bearing steel.

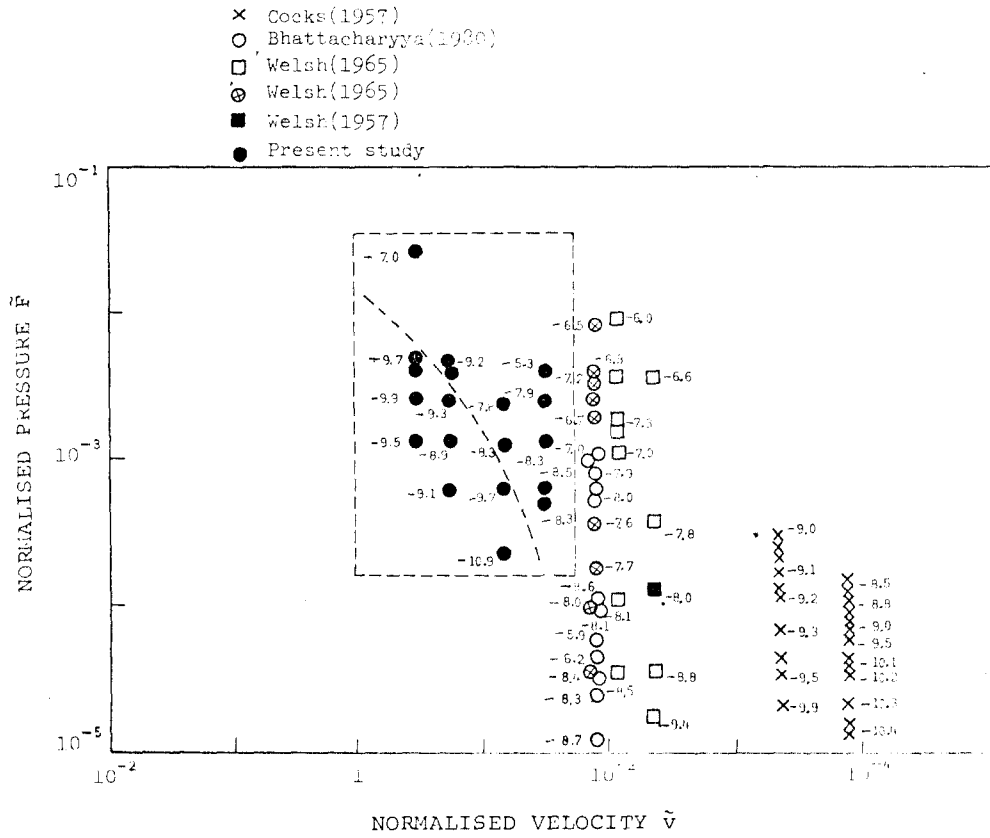


Fig. 5. The wear rate data map for high carbon steel.^[11]