

## 알루미나에서 강도에 미치는 마모의 영향

박성길\*, 허용학, 조성재

한국표준연구소, 소재평가센터

세라믹재료는 ductility가 작아 그 강도가 균열의 가혹성, 즉 크기와 모양에 의하여 결정되는 특징을 가지고 있다. 한편 마모는 표면에 균열을 생성시킬 수 있기 때문에 강도에 큰 영향을 미칠 수 있다. 그러나 지금까지 강도에 미치는 마모의 영향은 잘 밝혀져 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 세라믹재료중에서도 물리적 성질들이 잘 알려져 있는 알루미나를 택하여 마모기구를 관찰하고 마모가 강도에 미치는 영향을 관찰하였다.

소결후 고온등방가압 처리된 알루미나 소결체를 입수하여 3mmX4mmX40mm크기의 굽힘시험시편으로 가공하였다. 두개의 4mmX40mm면중에서 한면을 diamond paste 1 $\mu$ m까지 사용하여 polishing하였다. 마모시험은 fig. 1에 나타난 바와 같은 방식으로 하였다. 시편의 polishing된 면 위에 질화규소 볼을 올려 놓고, 하중을 가한 상태에서 볼을 왕복운동시켰다. 시편위에 형성되는 마모흔적의 길이를 16mm이상이 되도록 하였다. 왕복속도는 약 2 헤르쯔로 하였다. 하중은 300, 600, 900N으로 하였다. 윤활유로는 paraffin oil을 사용하였다. 마모시험이 끝난 시편을 광학현미경 및 주사전자현미경으로 관찰한 후, 4-점굽힘시험하여 강도를 구하였다. 4-점굽힘시험시 외부 및 내부 지지점간의 거리는 각각 30mm, 10mm로 하였으며, cross head speed는 분당 0.5mm로 하였다.

Fig. 2는 300 N에서 마모시험하였을 때의 마모표면을 보여 주는 미세조직 사진이다. 마모시험 초기에는 Fig. 2(a)에서 보는 바와 같이 grooving만이 형성된다. 그러나 어느 마모시간 후에는 Fig. 2(b)에서 보는 바와 같이 pitting이

일어난다. 이와 같은 형태의 마모천이현상은 이미 관찰된 바 있다[1,2]. 600 N의 하중으로 시험하였을 때에도 마모가 일어나는 양상은 300 N으로 시험하였을 때와 같았다. 다만 마모천이가 일찍일어나 pitting이 보다 먼저 일어나기 시작하였다. Fig. 3은 900 N에서 마모시험하였을 때의 마모표면을 보여 주고 있다. 300 N이나 600 N의 하중하에서 시험하였을 때와는 달리 소위 semi-circular cone crack(SCCC)들이 형성되었다. 시험초기에는 Fig. 3(a)에서 보는 바와 같이 SCCC들이 희미하게 형성되었다. 이 SCCC들은 마모시간을 길게함에 따라 fig. 3(b)에서 보는 바와 같이 더 진하게 되었다. 그러나 마모시간을 길게 하여도 이 SCCC들의 수는 변하지 않았다.

Fig. 4는 마모시간에 따른 급습강도의 변화를 보여 주고 있다. 마모시키지 않은 시편의 강도는 평균이 약 404 MPa이었고 표준편차는 약 65 MPa로, Fig. 4에서 점선으로 나타낸 두 수평선은 이 편차의 범위를 나타낸 것이다. 이 그림에서 보는 바와 같이 300 N이나 600 N의 하중하에서 마모시험하였을 때는 마모시키지 않은 시편에 비하여 강도가 그리 저하되지 않았다. 그러나 900 N의 하중하에서 마모시험하였을 때에는 강도가 크게 저하되었다. 각 하중하에서 마모시간에 따른 강도의 변화는 뚜렷하지 않았다. Fig. 5는 900 N에서 강도시험을 한 후의 표면을 보여 주는 미세조직 사진이다. 파괴가 마모시험시 형성된 SCCC에서부터 시작되었음을 보여 주고 있다.

결론적으로, 본연구는 하중이 낮아 SCCC가 형성되지 않는 경우에는 마모가 강도에 영향을 거의 미치지 않는 반면에, 하중이 커서 SCCC가 형성되는 경우에는 강도가 크게 저하됨을 보여 주었다.

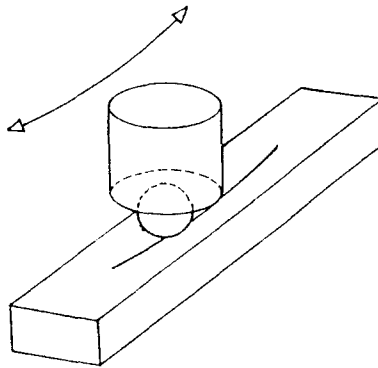
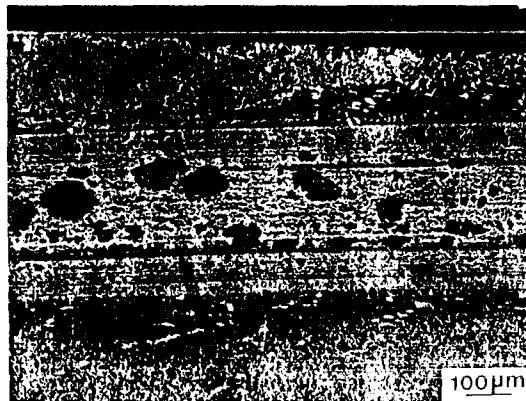


Fig. 1. Schematic illustration of wear test method.

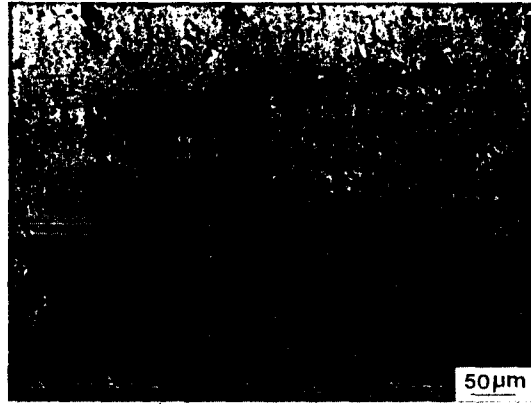


(a)

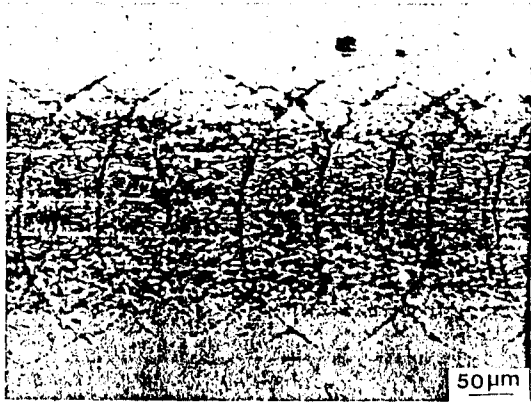


(b)

Fig. 2. Micrographs showing worn surfaces of the specimens after being slid under 300 N. (a) 3000 pass, (b) 20,000 pass.



(a)



(b)

Fig. 3. Micrographs showing worn surfaces of the specimens after being slid under 900 N. (a) 10 pass, (b) 500 pass.

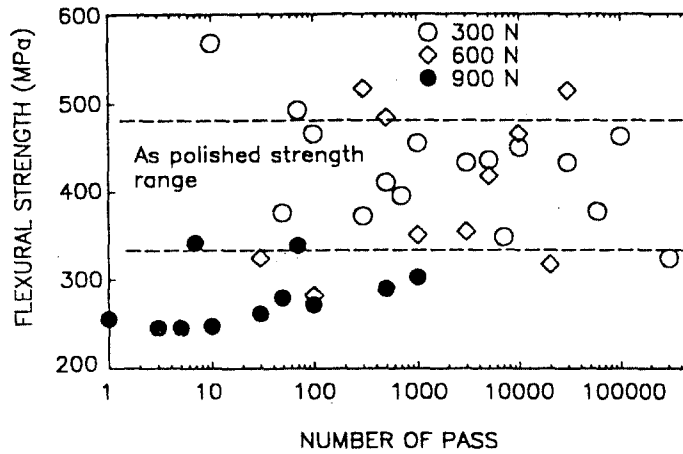


Fig. 4. Change of flexural strength as a function of sliding time.

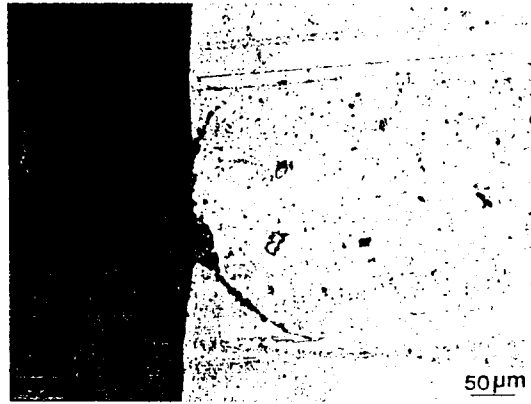


Fig. 5. Micrograph of fractured specimen following sliding test under 900 N.

#### 참고문헌

1. S. J. Cho, H. Moon, B. J. Hockey and S. M. Hsu, "The transition from mild to severe wear in alumina during sliding," *Acta Metall.*, submitted.
2. S. J. Cho, B. J. Hockey, B. R. Lawn and S. J. Bennison, "Grain-size and R-curve effects in the abrasive wear of alumina," *J. Am. Ceram. Soc.*, 72[7], pp. 1249-52(1989).