

기계적 합금화한 Ni-based 자용성 합금분말의 용사 및 마모 특성에 관한 연구

(A study on wear and thermal spraying characteristics
of mechanically alloyed Ni-based self-fluxing powders)

*서성문, 이상을, 이보영[†]
한국항공대학교, 한국기계연구원[†]

1. 서론

분말이나 wire 등의 코팅재를 고온의 열원을 이용하여 모재위에 protective coating이나 bulk shape를 제조하는 용사법은 빠른 시간내에 두꺼운 코팅층을 형성할 수 있는 표면처리로서 내열, 내마모, 내부식성을 위한 코팅에 사용된다. 또한 용사용 분말로 사용되는 분말의 입도 및 형상 등은 용사하는 동안 분말의 송급성 및 코팅층의 물성에 큰 영향을 미친다.

본 연구에서는 기계적 합금화법^[1](Mechanical Alloying : MA)으로 제조한 NiCrBSi- 자용성 합금 분말의 용사특성 및 코팅층의 마모특성을 알아보고자 하는데 그 목적이 있다.

2. 실험방법

기계적 합금화 분말은 Ar gas 분위기에서 single arm attritor를 사용하여 제조하였으며, 100시간까지 기계적 합금화하여 밀링시간에 따른 미세조직 변화 및 분말의 입도, 상변화등을 SEM, 입도분석기, XRD를 통해 관찰하였다. 용사는 METCO 6P-II 장치를 사용하였으며 35시간 기계적 합금화한 분말을 용사에 사용하였다. 분말들의 용사특성중 분말의 송급성은 코팅층의 균일성을 나타내는데 매우 중요하다. 따라서 본 논문에서는 현재 gas atomizing 법으로 제조되어 사용되고 있는 METCO사의 12C 분말과의 비교를 통해서 MA분말의 송급성을 간단하게 알아보았다.

코팅층의 물성에 영향을 줄 수 있는 많은 변수중 모재 이송속도 및 용사 거리등을 조건으로 하여 코팅층을 형성하였으며, 각 조건에 따른 코팅층의 경도 및 미세조직을 미소경도기 (Hv 50gf) 와 SEM을 통해 관찰하였다. 용사코팅층의 마모 실험은 ball-on-disc type의 마모실험기를 사용하였고 상대재인 볼은 AISI 52100 베어링용 steel 볼을 사용하여 선속도 0.2m/s, 하중 0.3kgf, 마모거리 500m 조건으로 마모실험을 행하였다. 모재 및 코팅층의 마모 특성 분석은 마모실험 후 마모트랙의 SEM 미세조직과 Habig^[2] 식에 따른 볼과 disc의 volumetric wear rate측면에서 수행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig.1 은 100시간까지 MA한 분말의 입도분석 결과를 보여주고 있다. 분말들은 볼밀 내부에서 볼과 impeller의 높은 충격에너지로 분쇄되어 0.5시간 밀링 후 약 6 μ m 과 30 μ m의 peak을 가지는 bimodal 분포를 나타내었다. 밀링시간이 증가함에 따라 100시간까지 분말들의 평균입도는 약 12 μ m로 일정했으나, 20시간 밀링한 후부터는 입도분포가 unimodal 분포형태로 바뀌었다. 분말들은 0.5시간 밀링 후에 일그러진 구형의 형태를 지녔으며 계속적인 소성변형으로 인해 5시간 밀링 후 넓게 퍼진 판상의 형태를 나타내었다. 이런 판상의 입자들은 10시

간 밀링 후 거의 사라지고 분말들은 다시 구형에 가까운 형태로 바뀌었으며 20시간 밀링 이후 분말형상의 변화는 거의 관찰되지 않았다.

분말들의 XRD pattern과 입도분석 결과를 토대로 용사에는 비교적 입도분포가 균일하고 거의 구형의 형상을 가지며, 또한 Ni의 합금 원소들의 peak들이 사라지면서 이들이 모두 Ni고용체로 된 35시간 MA한 분말을 사용하였다. MA분말의 용사 특성중 분말의 송급성을 비교하기 위해 사용한 gas atomizing으로 제조된 METCO 12C 분말은 40-150 μ m의 입도 분포를 보였으며 용사시 송급성이 양호하였다. MA분말의 송급성은 불균일 하였으나 400mesh sieve에 거른 후 400mesh이상의 분말을 사용한 결과 분말의 송급성은 우수하게 나타났다. 따라서 분말의 입도는 송급성에 큰 영향을 미치고 입도분포 범위가 작을수록 분말 공급의 균일성이 증가하는 것을 알 수 있었다. 35시간 MA한 분말을 사용하여 얻어진 코팅층의 경도는 용사거리 18cm, 모재 이송속도 20cm/min. 의 조건에서 Hv 411의 경도값을 나타내며 모재경도의 약 2배정도 향상된 경도값을 얻을 수 있었다. 용사 코팅층의 단면 SEM 미세조직은 코팅층이 약간의 기공과 산화물을 포함하고 있음을 보여주었으며, XRD결과 이들 산화물은 NiO와 NiCr₂O₄로 확인되었다. M. Boas^[3]등은 용사 코팅층 내에서 기공들과 취성의 산화물들이 용사층의 subsurface 균열을 야기하는 핵생성 위치로 작용한다고 하였다. 마모되는 도중에 생긴 subsurface 균열들은 계속적인 반복하중으로 인해 성장하게 되고 인접균열과의 연결로 인해서 코팅층이 벗겨져 나가는 코팅층의 delamination을 유발할 수 있다. Fig.2에 나타나 있는 용사층의 마모트랙 SEM 사진으로도 알 수 있듯이 본 실험에 있어서도 용사코팅층 마모의 대부분이 코팅층의 delamination에 의한 것으로 분석되었다.

4. 참고문헌

1. J. S. Benjamin , Metall. Trans. 1(1970),oct.
2. K.-H. Habig , Wear, 28(1974)135-139
3. M Boas and M Bamberger , Wear ,126(1988)197-210

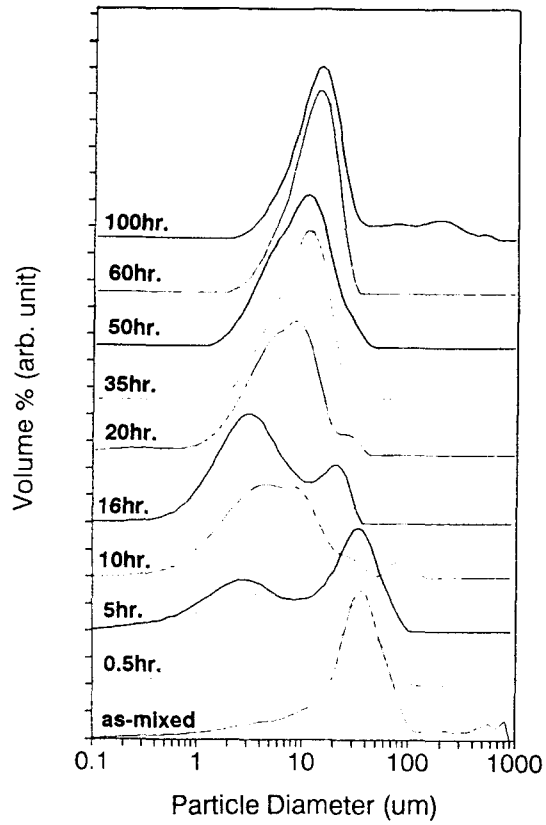


Fig.1 Particle size distribution of mechanically alloyed powders



Fig.2 Worn surface of flame-sprayed coating and arrow(→) indicates sliding direction of ball