

탄산마그네슘을 이용한 연마재 개발

A Development of The Abrasive using Magnesium Carbonate

김희남*

Hee-Nam Kim*

1. 서론

최근 들어서 항공, 우주산업, 풍력, 조력, 원자력 발전 등 산업이 고도화됨에 따라 높은 정밀도를 갖는 기계 부품의 중요성이 날로 부각되고 있다. 기존의 기계 부품 제작에 널리 사용되었던 절삭 공구가 가공물에 직접 접촉하여 절삭을 수행하는 가공법은 절삭력에 의한 공작물의 변형과 마찰열로 인해 높은 정밀도를 갖는 부품을 제작하는데 많은 문제점을 보이고 있다.

절삭 가공법 중 연삭 가공은 주로 정밀한 치수와 양호한 표면 거칠기가 요구되는 부품 제작에 사용되나 공작물에 연삭력이 직접 가해지는 가공이기 때문에 트러블이 발생할 경우 슷들의 파괴로 인한 산업 재해가 발생할 수 있고, 마찰열의 발생 억제를 위한 연삭유의 사용으로 인해 고정정용 소재의 가공법으로는 적합하지 않다. 이러한 연삭 가공의 문제점을 극복하고 보다 높은 가공 정밀도를 얻기 위해 자기 연마법이 개발되었다. 자기 연마법은 자기력을 이용하여 연마재를 끌어당겨 공작물을 가공하는 방법으로 높은 정밀도와 고정정 특성이 요구되는 반도체용 튜브, 원자로, 식품 위생기기, 의료기기, 고순도 가스 용기 등의 제작에 적합한 가공법이다. 이러한 자기 연마법의 가공 정밀도와 청정도는 자기 연마재의 영향을 많이 받는다. 따라서 자기 연마 가공의 정밀도를 향상시키고 산업 재해의 감소 및 가격 경쟁력 확보를 위해 보다 가공 효율이 뛰어난 연마재의 개발이 필요하다.

이를 위하여 자기 연마 장치 및 연마재에 관한 많은 연구1-12가 수행되어 왔지만 연구에서 고려된 인자들이 제한적이고 특정 재료의 가공에 필요한 자기 연마재 개발로 한정되어 있다. 따라서 자기 연마법의 효율을 향상시키고 적용 범위를 넓히기 위해서는 자기 연마 장치 및 연마재의 개발을 위한 다양한 선행 연구가 필요하다.

본 연구에서는 자기 연마 효율을 향상시키기 위해 결합제인 탄산마그네슘과 BaFe₁₂O₁₉를 자성 재료로 이용하고 WA를 지립으로 사용하는 연마재를 개발하였으며, 제조된 연마재의 미세 구조 및 성분을 분석 및 평가하였다.

* 명지대학교 기계공학과

2. 연마재 제조 및 분석

2.1 연마재 제조 및 분석

2.1.1 연마재의 구성

연마재에서 자성 재료로 사용된 BaFe12O19는 Fe2O3와 BaCo3을 기본 원료로 1,200 °C에서 소결한 후 200 mesh로 진통시킨 것을 사용하였다. 연마 지립으로는 결합성이 좋고, 입자가 예리하여 경한 재료의 연마에 적합한 Aluminum Oxide를 사용하였다. 본 연구에 사용한 WA의 입도는 60 mesh 이다.

기존에 결합제로 많이 사용되던 비트리파이드(vitrified)와 연삭 슷돌용 수지는 경제적인 측면에서 대량 생산에 걸림돌이 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 상온에서도 제조 가능한 탄산마그네슘을 결합제로 사용하였으며, 결합도와 기공의 적정성을 조절하기 위해 첨가 비율을 변화시켰다. 연마재의 조성은 Table 1과 같으며 원료 각각의 첨가량은 무게비로 정량화 하였다.

Table 1. Compositions of magnetic abrasive

MgCo3	BaFe12O19	Alumina	Grain mesh
1	1	WA	60
1.5	1.5		

2.1.2 연마재의 제조

Table 1과 같은 조성으로 구성된 연마재의 혼합은 공업적으로 대량 생산을 위하여 단순 혼합을 이용하였다. MgCo3, BaFe12O19, WA가 혼합되는 비율의 변화에 따라 연마재가 가지게 되는 특성의 변화를 관찰하였다. 혼합된 연마재 원료를 일축 나선 형식으로 가압하여 성형된 연마재를 상온에서 합성하였다. 이러한 합성은 산화 방지를 위한 질소분위기 조성이 필요치 않아 대량 생산에 적합하다. 합성 공정을 거친 연마재는 분쇄기를 이용하여 원하는 크기로 제조하였다.

2.2 연마재 분석

2.2.1 연마재의 구조분석

제조된 자기 연마재의 특성을 알아보기 위하여 전자 현미경(electron microscope)을 이용하여 미세 구조를 분석하였다.

Fig. 1은 결합제인 MgCo3과 BaFe12O19를 입도 60 mesh의 WA에 각각 1:1의 무게비로 혼합하여 제조한 자기 연마재의 사진이다. 사진에서 볼 수 있듯이 WA 입자와 BaFe12O19 입자가 고르게 분포된 결합제를 통해 강하게 결합되어 있으며, 기공도 비

교적 고르게 분포되어 있음을 확인할 수 있다. Fig. 2는 일정한 조건에서 자기 연마 가공 후의 연마재를 전자 현미경을 이용하여 3차원 이미지로 나타낸 사진이다. 사진에서 확인할 수 있듯이 자기 연마 후의 연마재 입자는 자기 연마 전의 연마재 입자와 큰 차이를 보이지 않았다.

2.2.2 연마재의 성분 분석

연마재가 제조되는 과정에서 합성 공정의 영향과 결합제와의 화학 반응에 의한 성분 및 구성 비율의 변화를 확인하기 위하여 X-Ray Diffraction(XRD)를 이용하여 연마재의 성분 분석을 실시하였다. Fig. 3은 결합제인 MgCo3과 BaFe12O19를 60 mesh의 WA에 각각 1:1:1의 무게비로 혼합하여 제조한 연마재의 XRD 분석 결과를 보여 준다. 그림에서 확인할 수 있듯이 BaFe12O19와 WA 이외에 다른 성분은 거의 나타나지 않는 것을 확인할 수 있다. 따라서 결합제의 합성으로 인한 화학 반응이 발생하지 않았음을 확인할 수 있다.

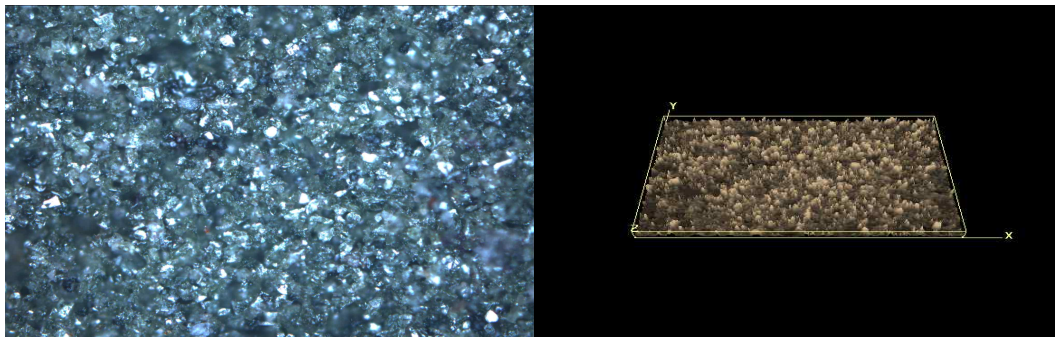


Fig. 1. Photo. of type A grain observed by electron microscope (before magnetic polishing)

Fig. 2. Photo. of type A grain observed by electron microscope (after magnetic polishing)

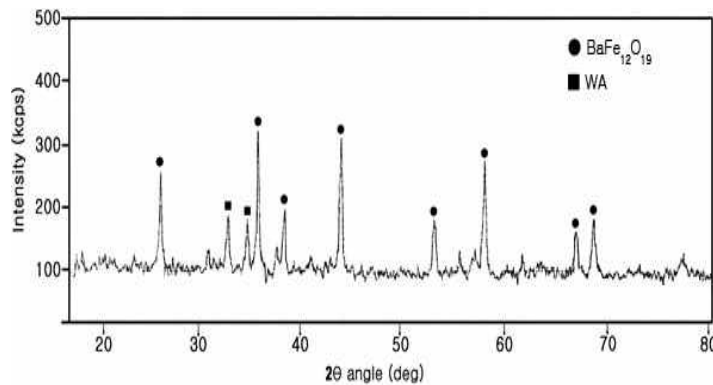


Fig. 3. XRD analysis pattern of magnetic abrasive type A

3. 연마재의 자기 특성

연마재의 자기적 성질을 알아보기 위하여 Fig. 4.(a)와 같은 구조의 자기 연마 장치를 이용하여 자기 연마 실험을 수행하였다. Fig. 4.(b)는 자기 연마 장치에 비자성체 재료인 STS304 심레스튜브를 장착하고 자속 밀도를 6,000 G로 설정한 다음 자기 연마재를 투입하여 자기 연마가 진행되는 상태를 보여준다.



(a)



(b)

Fig. 4. Photographs of experimental equipments of magnetic polishing

동적인 상태에서 전자석에서 발생된 자기력에 의해 자기 브러시가 형성되어 자기 연마재가 강하게 당겨지면서 비자성체 내면을 연마하는 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 연구에서 개발된 연마재는 자생 작용이 잘 되고, 강한 자성을 띄고 있음을 알 수 있다.

4. 결론

결합제로 탄산마그네슘을 이용한 연마재 개발을 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 탄산마그네슘과 BaFe₁₂O₁₉를 이용하여 기존의 산화 문제와 높은 가격의 단점을 대체할 수 있는 우수한 연마재를 개발할 수 있다.
- 2) 합성한 연마재를 분쇄하였을 때 분쇄 균열의 경로가 결합제인 탄산마그네슘을 통하여 이루어짐을 알 수 있다.
- 3) 탄산마그네슘과 BaFe₁₂O₁₉를 WA에 합성할 때 화학적인 반응을 일으키지 않았다.
- 4) 탄산마그네슘과 BaFe₁₂O₁₉를 WA에 이용한 연마재는 강자성과 이상적인 결합력을 갖게 됨을 알 수 있다.
- 5) 연마입자의 자생 작용이 잘 되도록 결합력을 변화시킬 수 있다.
- 6) 다기공의 성형이 편리하였다.

5. 참고 문헌

- [1] Takeo Shinmura, Eiju Hatano and Koya Takazawa, “回轉磁界を利用した磁氣研磨法とその加工装置の開發,” 日本機械學會論文集, 第 52 卷, 第 476 号, pp. 1462~1468, 1985.
- [2] Takeo Shinmura, Yoshitaka Hamato and Hitomi Yamaguchi, “磁氣研磨法による内面の精密バリ取りに關する研究(第1報),” 日本機械學會論文集 第 64 卷, 第 620 号, pp. 312~318, 1998.
- [3] Takeo Shinmura and Hitomi Yamaguchi, “磁氣研磨法による内面の平滑加工に關する研究,” 日本, 機械學會論文集, 第 59 卷, 第 560 号, pp. 293 ~299, 1993.
- [4] Kazuhiro Tsuchiya, Yasuo Shimizu, Kazuhiko Sakaki and Mototaro Sato, “磁氣研磨法における研磨機構,” 日本金屬學會誌, 第 57 卷, 第 11 号, pp. 1333~1338, 1993.
- [5] Hitomi Yanaguchi and Takeo Shinmura, “磁氣研磨法による内面の平滑加工に關する研究(第 4 報)” 日本機械學會論文集, 第 61 卷, 第 591 号, pp. 348~353, 1995.
- [6] Takeo Shinmura, “円筒磁氣研磨法,” 機械技術, 第 44 卷, 第 8 号, pp. 108~112, 1996.
- [7] Takeo Shinmura, “磁氣研磨法の現状と課題,” 機械と工具, 第 44 卷, 第 9 号, pp. 16 ~21, 1996.
- [8] 進村武南, 波田野 榮十, “磁氣研磨法の研究 -回轉磁極による内面および球面の研磨,” JSPE-52-08, '86-08-1390, pp. 108~110, 1986.
- [9] Kiyoshi Suzuki, “最近の特殊研磨加工技術,” 機械と工具, pp. 9~12, 1998.5.
- [10] Hitomi Yamaguchi, Takeo Shinmura, “内面磁氣研法における磁性砥粒の特異な舉動と加工能率向上効果,” 機械と工具, pp. 89~93, 1999. 3.
- [11] 김희남, 윤여권, 심재환, “STS304 파이프 내면의 초정밀 자기연마,” 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp. 947~952, 2001.
- [12] 김희남, 윤여권, 심재환, “자기연마를 이용한 STS304 파이프 내면의 초정밀 가공,” 한국산업안전학회지, Vol. 17, No. 3, pp. 30~35, 2002.