

Ba-Ferrite와 GC, CBN을 이용한 자기 연마제 개발

김희남 · 윤여권^{†*}

명지대학교 기계공학과 · *유한대학 기계설계과
(2008. 8. 19. 접수 / 2008. 10. 13. 채택)

Development of The Magnetic Abrasive Using Ba-Ferrite and GC, CBN

Hee-Nam Kim · Yeo-Kwon Yun^{†*}

Department of Mechanical Engineering, Myongji University

*Department of Mechanical Design, Yuhan College

(Received August 19, 2008 / Accepted October 13, 2008)

Abstract : The magnetic polishing is the useful method to finish some machinery fabrications by using magnetic power. This method is one of the precision polishing techniques and has an aim for clean technology in the transportation of the pure gas in the clean pipes. The magnetic abrasive polishing method is not so common in the field of machine that it is not known to widely. There are only few researchers in this field because of non-effectiveness of magnetic abrasive. Therefore, in this paper deals with development of the magnetic abrasive using Ba-Ferrite. In this development, abrasive grain GC and CBN has been made by using the resin bond fabricated at low temperature. And magnetic abrasive powder was fabricated from the Ba-Ferrite which was crushed into 200 mesh. The XRD analysis result shows that only GC, CBN and Ba-Ferrite crystal peaks were detected, explaining that resin bond was not any more to contribute chemical reaction. From SEM analysis, we found that GC, CBN abrasive and Ba-Ferrite were strongly bonding with each other.

Key Words : magnetic, abrasive, Ba-Ferrite, GC(green carborundum), CBN(cubic boron nitride), polishing

1. 서론

각종 기계나 장치에 사용되는 부품이 점차 고정도가 요구되면서 공구와 가공물이 직접 접촉하면서 가압하여 절삭하는 가공방법으로는 절삭력에 의한 변형과 마찰열로 인하여 고정도 가공을 실현하는데 어려움이 생기게 되었다. 이러한 가공법 중 연삭가공은 주로 가공물의 마무리에 이용되는 가공법으로서, 비교적 정밀하고 양호한 표면의 정밀도가 요구되어지는 부품의 가공에 이용되어왔다.

공구가 스톨형태인 연삭가공은 공작물에 연삭력이 직접 가압되는 가공으로서 과연삭이나 과도한 연삭열 등으로 인한 트러블(trouble)이 발생할 경우 스톨의 파괴로 인한 산업재해가 발생될 수 있으며, 연삭열의 발생을 억제하기 위해 연삭유를 사용해야 함으로 인하여 산업위생적으로 고청정용 소재의 고품위 표면을 얻기 위한 가공으로는 적합하지 않다.

이러한 산업안전의 문제 해결과 보다 더 우수한 표면의 품질을 얻기 위한 가공법중의 하나로 자기연마법이 대두되었다. 자기연마법은 자기력에 의해 자기연마제를 끌어당겨 가공물을 연마하는 방법으로서 비자성체 가공물 표면의 청정유지와 고정밀도를 실현할 수 있다. 이러한 자기연마 가공에서 자기연마제는 가공의 주체로써 가공 정밀도와 청정도를 좌우하는 핵심요소이다. 그러므로 고품위의 표면을 얻기 위한 자기연마 가공을 위해서 가공효율이 뛰어난 자기연마제의 개발이 반드시 필요하다. 이러한 필요성에 의해 자기연마장치 및 연마제에 관한 여러 연구¹⁻⁵⁾가 이루어져 왔으며, 자기력과 자극의 배치 등이 자기연마효율에 미치는 영향과 여러 형태로 자극을 배열하여 내면과 원통을 자기연마 가공 하는 연구⁶⁻⁹⁾가 이루어져왔다.

그리고 자기연마제 및 장치의 개발과 자기연마제동에 관한 연구¹⁰⁻¹⁵⁾가 국내에서 진행되었다.

이러한 자기연마제의 개발을 통해 산업재해 감소를 꾀할 수 있을 것이며, 국내·외에서 사용되는 반

[†] To whom correspondence should be addressed.
yunyk@yuhan.ac.kr

도제용 튜브, 식품 위생기기, 의료기기, 고순도 가스용기 등의 청정 및 산업위생 분야에도 활용이 광범위하게 확대될 것으로 기대된다. 본 연구에서는 자기연마 효율을 향상시키기 위한 목적으로 자성 재료로 Ba-Ferrite를 이용하고 GC와 CBN지립을 연마재로 사용한 자기연마재를 개발하였다.

따라서 본 개발을 통하여 제조된 자기연마재의 미세구조 및 성분 분석과 자기연마재의 자기적 특성 검토를 통하여 자성미립연마재로서의 연마기능을 수행할 수 있는 능력을 평가함에 목적이 있다.

2. 자기연마재 제조 및 분석

2.1. 자기연마재 제조

2.1.1. 자기연마재의 구성

본 연구에서 자성재료로 사용된 Ba-Ferrite는 산화철(Fe_2O_3)과 탄산바륨($BaCO_3$)이 기본원료이며 1,200℃에서 소결한 후 입도를 200mesh로 분쇄한 입자를 사용하였다. Ba-Ferrite($BaFe_{12}O_{19}$)는 보자력이 높고 비중이 작으며 가격이 저렴한 장점이 있다.

또한 연마재로 사용된 GC 입자는 WA보다 경도가 높고 취성이 있어서 새로운 연마입자로의 자생이 용이하여 탄소공구강, 고강도강 등의 연마에 적합하며, CBN 입자는 내화성이 우수하여 마모가 적고 연마면이 양호한 특징을 지니고 있다. 그리고 입자의 크기 변화에 따른 자기연마재의 제조특성과 가공성을 평가하기 위하여 1,000mesh, 4,000mesh, 8,000mesh의 GC와 CBN 입자를 사용하였다. 또한 결합제로는 우수한 입자 매트릭스(matrix)를 형성할 수 있으며 저온에서도 제조 가능한 지석용 액상수지를 결합제로 사용하였으며, 결합도와 가공의 적정성을 조절하기 위해 첨가비율을 변화시켜 제조하였다. 자기연마재 조성비율은 Table 1과 같으며, 원료가 되는 각각의 첨가량은 무게비로 정량화하였다.

2.1.2. Ba-Ferrite 자기연마재의 제조

Table 1과 같은 조성비율로 구성된 자기연마재의 혼합은 공업적인 대량생산을 위하여 단순혼합방법

Table 1. Compositions of magnetic abrasive

Magnetic material	Abrasive	Grain mesh	Resin (mL/g)
Ba-Ferrite (200mesh)	GC CBN	1,000	0.17 0.23
		4,000	
		8,000	

Table 2. Compositions of the mixture rate

Type	Composition	Resin(mL/g)	Synthesis temperature(℃)	Synthesis time(min)
A	Ba-Ferrite:GC=1:1	0.17 0.23	185	120
B	Ba-Ferrite:GC=1:2			
C	Ba-Ferrite:CBN=1:1			
D	Ba-Ferrite:CBN=1:2			

을 이용하였다. Ba-Ferrite와 GC 및 CBN 입자가 혼합되는 첨가비율의 변화에 따라 자기연마재가 가지게 되는 특성의 변화를 고찰하기 위하여 Table 2와 같이 혼합하였다. 이와 같이 혼합된 자기연마재 원료를 일축나선형식으로 가압하여 성형된 연마재를 185℃의 온도에서 2시간 동안 합성하였다. 이러한 저온합성은 산화방지를 위한 N_2 분위기 조성이 필요치 않아 대량생산에 적합하며, 이러한 합성공정을 거친 자기연마재는 분쇄기를 통과하여 소요되는 크기의 미립으로 제조하였다.

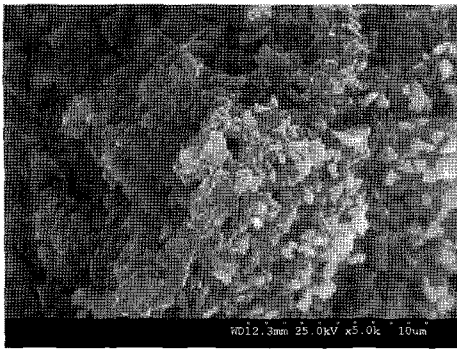
2.2. 자기연마재 분석

2.2.1. 자기연마재의 구조분석

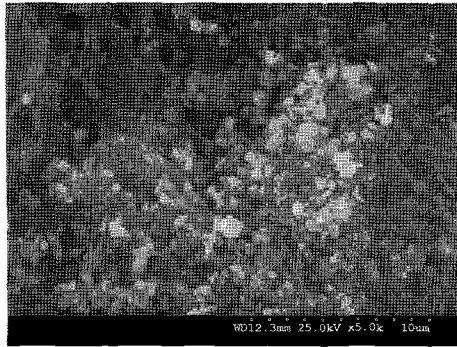
2.1과 같은 제조공정을 거쳐 미립 형태의 구조로 제조된 자기연마재의 결합상태와 성질을 알아보기 위하여 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 미세구조를 살펴보았다. Fig. 1은 Ba-Ferrite와 입도 4,000 mesh의 GC 입자를 결합제 0.23mL/g의 비율로 혼합하여 제조한 자기연마재의 SEM 사진으로서 (a)는 Table 2에서 Ba-Ferrite : GC의 혼합비율이 1 : 1인 A Type이며, (b)는 Ba-Ferrite : GC의 혼합비율이 1 : 2인 B Type을 나타내고 있다. Fig. 2는 Ba-Ferrite와 입도 1,000mesh의 CBN 입자를 결합제 0.23mL/g의 비율로 혼합하여 제조한 자기연마재의 SEM 사진으로서 (a)는 Table 2에서 Ba-Ferrite : CBN의 혼합비율이 1:1인 C Type이며, (b)는 Ba-Ferrite : CBN의 혼합비율이 1:2인 D Type을 보여준다.

그림에서 보여주는 바와 같이 GC 입자 및 CBN 입자가 Ba-Ferrite와 결합제를 통해 고르게 분포되어 강한 결합이 이루어 졌음을 볼 수 있었다. 따라서 자기연마가공 중 외부 충격에 대해서 Ba-Ferrite의 이탈은 발생하지 않을 것으로 판단된다.

그리고 압축성형된 연마재를 분쇄할 때 분쇄균열의 경로가 결합제를 통하여 이루어 졌음을 볼 수 있었으며, 자성을 띤 자기연마재로서의 미세구조를 갖추고 있음을 알 수 있다. 숯들을 구성하는 요소 중의 하나인 기공도 비교적 고르게 분포되었음

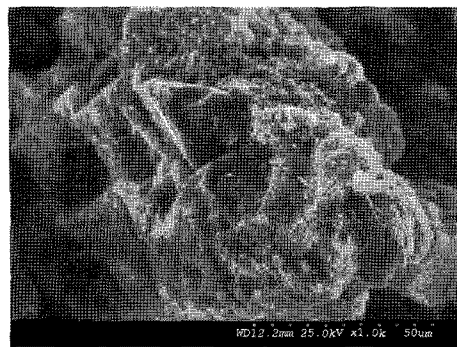


(a) Ba-Ferrite : GC = 1 : 1 (Type A)

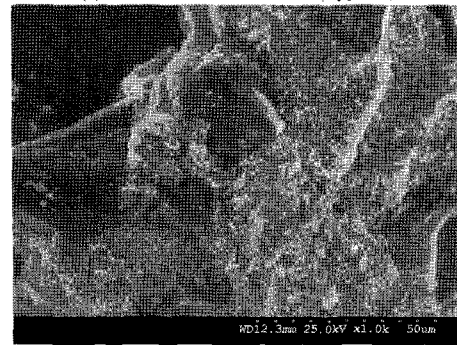


(b) Ba-Ferrite : GC = 1 : 2 (Type B)

Fig. 1. Photo, of Ba-Ferrite+GC grain observed by SEM.



(a) Ba-Ferrite : CBN = 1 : 1 (Type C)



(b) Ba-Ferrite : CBN = 1 : 2 (Type D)

Fig. 2. Photo, of Ba-Ferrite+CBN grain observed by SEM.

을 알 수 있으며, 강력한 자기력을 이용하여 자기 연마가공을 할 때, 고르게 분포된 예리한 연마입자들은 연마, 마모, 탈락, 생성의 자생작용을 함으로써 연마능력을 지속적으로 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

2.2.2. 자기연마재의 성분분석

2.1에서와 같이 Table 1과 2의 조건으로 혼합되어 자기연마재가 제조되는 과정에서 합성되는 공정의 영향과 결합제와의 화학반응 등으로 인한 성분 및 구성 등의 변화를 고찰하기 위하여 X-ray Diffraction(XRD)를 이용하여 성분 분석을 실시하였다. Fig. 3은 Ba-Ferrite를 자성체로 하여 입도 1,000 mesh의 GC 입자를 결합제 0.23mL/g의 비율로 혼합하여 제조한 자기연마재에 대한 XRD 분석결과를 보여 준다. 그리고 Fig. 4는 Ba-Ferrite를 자성체로 하여 입도 1,000mesh의 CBN 입자를 결합제 0.23 mL/g의 비율로 혼합하여 제조한 자기연마재에 대한 XRD 분석결과를 보여 준다. 각각의 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 Ba-Ferrite와 GC 및 CBN 외에 다른 성분을 나타내는 피크(peak)는 거의 나타나지 않았으며, 결합제와의 합성으로 인한 화학반응은 발생하지 않았음을 알 수 있다.

3. 자기연마재의 자기특성

3.1. Ba-Ferrite의 자기특성

본 자기연마재의 개발에서 자성재료로 사용된 Ba-Ferrite의 자화력을 비롯한 자기적 성질을 알아

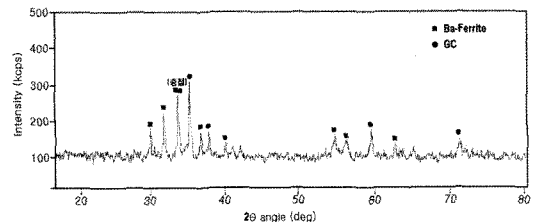


Fig. 3. XRD analysis pattern of magnetic abrasive type A.

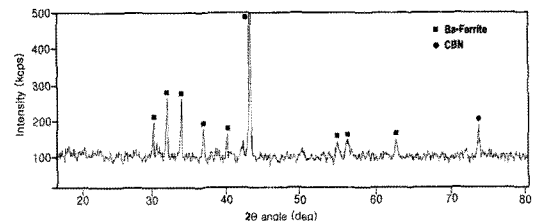


Fig. 4. XRD analysis pattern of magnetic abrasive type C.

보기 위하여 VSM(vibrating sample magnetic)분석을 실시하였다. Fig. 5는 Ba-Ferrite의 VSM분석결과로서 (a)는 미국 A사에서 제조된 시약급 Ba-Ferrite로서 (b)와 (c)의 경우보다 자화력 및 자속밀도가 높게 나타났다.

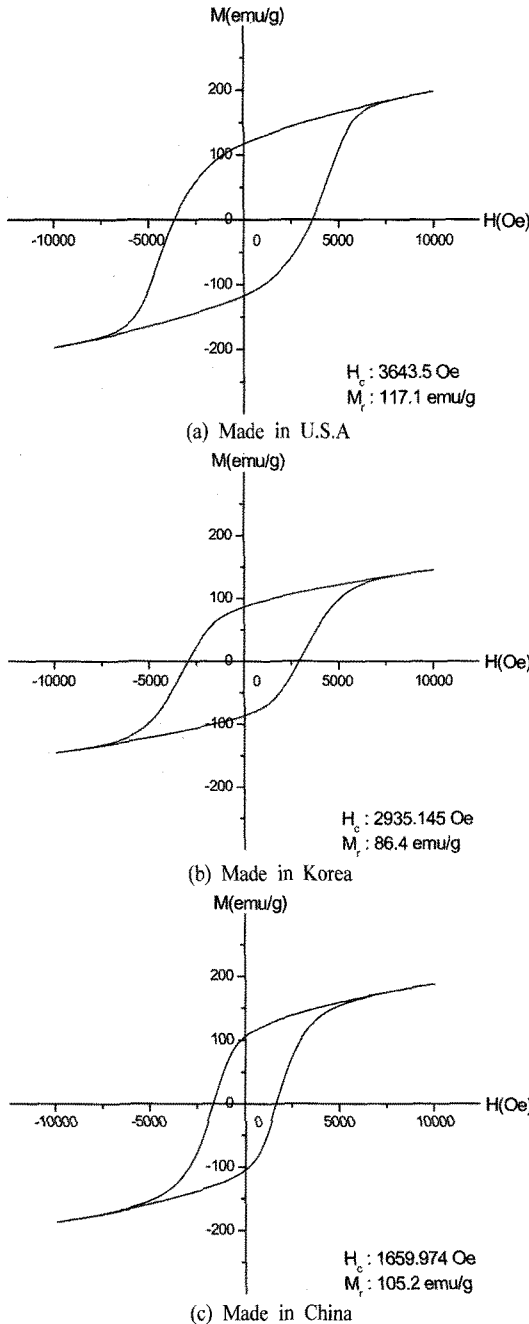


Fig. 5. Result of VSM analysis for Ba-Ferrite.

(b)는 국내산 Ba-Ferrite로서 자화력이 중국산 Ba-Ferrite의 경우인 (c)보다 높은 것을 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 중국산에 비해 자화력이 상대적으로 높고 구입이 용이한 국내산 Ba-Ferrite를 자성재료로 사용하였다.

3.2. 자기연마재의 자기특성

본 개발을 통하여 제조된 자기연마재의 자기적 성질을 알아보기 위하여 VSM 분석을 실시하였다. Fig. 6은 Ba-Ferrite와 GC 입자를 혼합하여 제조한 자기연마재의 VSM 분석결과로서 (a)는 Ba-Ferrite와 GC의 혼합비율이 1:1일 때, (b)는 1:2 혼합비율인 경우의 자화력과 자속밀도를 보여주고 있다.

그림에서와 같이 GC의 혼합비율이 높아지더라도 자화력에는 큰 차이가 없으나, 자속밀도는 떨어지게 됨을 알 수 있다.

그리고 Fig. 7은 Ba-Ferrite를 자성재료로 하여 CBN 입자를 혼합하여 제조한 자기연마재의 VSM

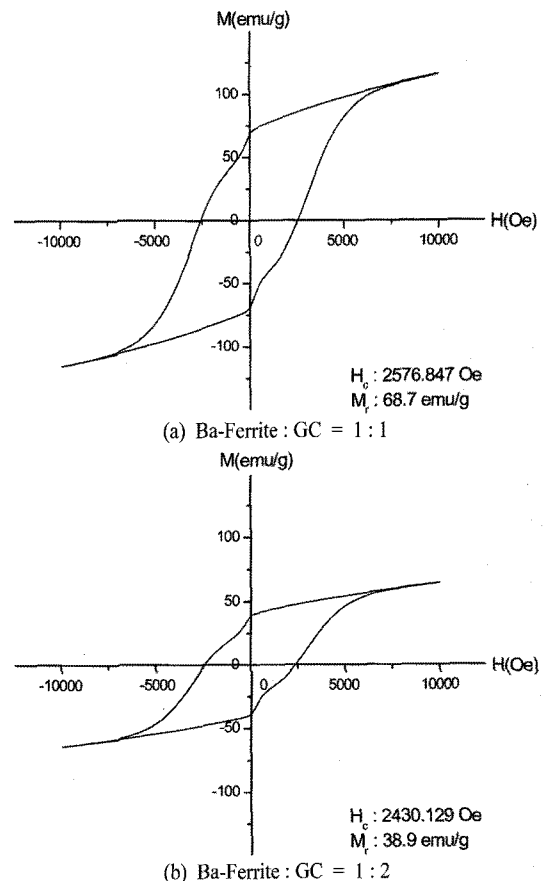


Fig. 6. Result of VSM analysis for magnetic abrasive.

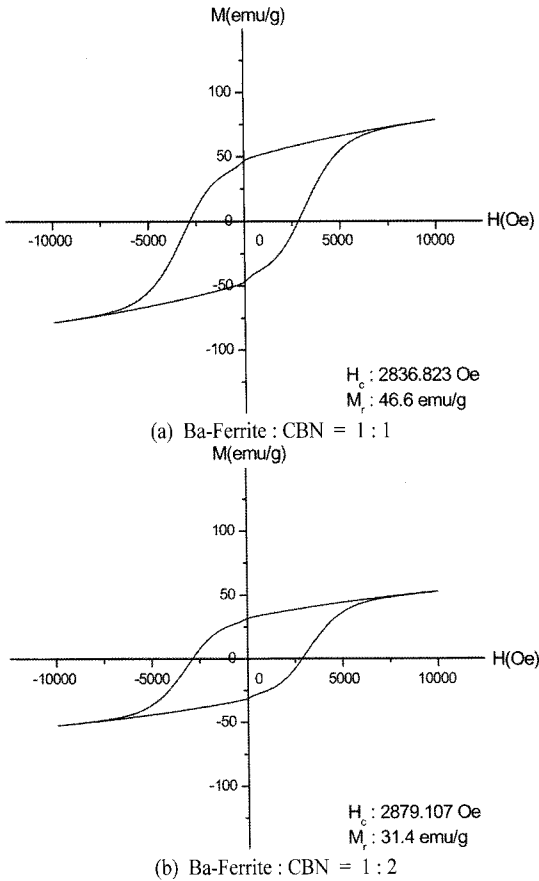


Fig. 7. Result of VSM analysis for magnetic abrasive.

분석결과로서 (a)는 Ba-Ferrite와 CBN의 혼합비율이 1:1인 경우이며, (b)는 혼합비율이 1:2인 경우의 자화력과 자속밀도의 변화를 보여주고 있다.

Fig. 6의 GC인 경우와 마찬가지로 CBN의 혼합비율이 높아지더라도 자화력에는 큰 변화가 없으나, 자속밀도는 다소 낮아지는 현상을 나타낸다.

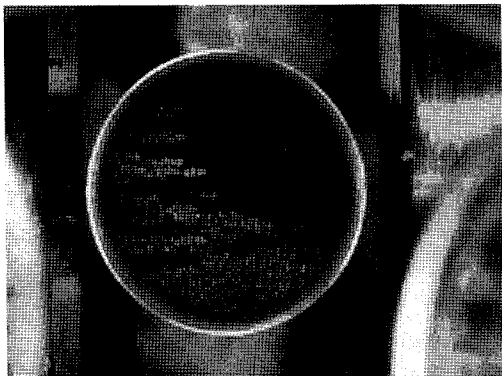


Fig. 8. Photo. of magnetic abrasive process.

자기연마 가공은 자력을 발생시키는 자극과 자기연마재 사이에 위치한 피가공물에 대해 자기흡인력을 이용하여 표면가공이 이루어진다.

Fig. 8은 이상과 같은 제조공정을 거쳐 개발된 자기연마재를 사용하여 자기연마가공을 수행할 때 연마재의 거동을 살펴보기 위하여 3,000G의 자기력을 작용시키고, 0.42m/s의 속도로 비자성체 재료인 STS304 파이프 내면을 자기연마 가공할 때의 동적 거동을 보여주고 있다. 그림에서 STS304 파이프가 회전하는 동적인 상태에서 전자석에 발생된 자기력에 의해 자기연마재가 브러쉬 형태로 강하게 끌여당겨지면서 연마가공이 진행되는 것을 볼 수 있으며, 이러한 현상을 통해 본 연구에서 개발된 자기연마재가 강자성을 띠고 자기연마를 수행할 수 있는 능력이 있음을 알 수 있다.

4. 결론

Ba-Ferrite와 GC, CBN입자를 이용한 자기연마재 개발을 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) Ba-Ferrite를 자성재료로 하고 GC와 CBN입자를 연마재로 저온합성 제조하여 우수한 자기적 특성을 지닌 자기연마재를 개발할 수 있었다.
- 2) 개발된 자기연마재의 미세구조 분석결과를 통해 연마재 분쇄 균열의 경로가 결합체를 통하여 이루어짐을 알 수 있었다.
- 3) 자기연마재의 성분분석 결과를 통하여 합성공정 및 결합제가 Ba-Ferrite와 GC 및 CBN입자에 대하여 화학적 반응을 일으키지 않았다.
- 4) 본 개발을 통해 제조된 Ba-Ferrite와 GC 및 CBN입자를 이용한 자기연마재에서 Ba-Ferrite는 고유의 특성인 강자성을 유지하며, 자기력 발생장치의 자기장에 의해 자성을 갖게 됨을 알 수 있었다.

참고문헌

- 1) Takeo Shinmura and Hitomi Yamaguchi, “磁氣研磨法による内面の平滑加工に関する研究”, 日本, 機械學會論文集, 第59卷, 第560号, pp. 293~299, 1993.
- 2) Takeo Shinmura, “磁氣研磨法の現状と課題”, 機械と工具, 第44卷, 第9号, 16~21, 1996.
- 3) Hitomi Yamaguchi, Takeo Shinmura, “内面磁氣研磨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, 89~93, 1999. 3.
- 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) 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発”, 日本機械學會論文集, 第52卷, 第476号, pp. 1462~1468, 1985.
 - 6) Takeo Shinmura, Yoshitaka Hamato and Hitomi Yanaguchi, “磁氣研磨法による 内面の精密バリ取りに関する研究(第1報)”, 日本機械學會論文集 第64卷, 第620号, pp. 312~318, 1998.
 - 7) Hitomi Yanaguchi and Takeo Shinmura, “磁氣研磨法による内面の平滑加工に関する研究(第4報)” 日本機械學會論文集, 第61卷, 第591号, pp. 348~353, 1995.
 - 8) Takeo Shinmura, “円筒磁氣研磨法”, 機械技術, 第44卷, 第8号, pp. 108~112, 1996.
 - 9) 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.
 - 10) 김희남, 윤여권, 심재환, “STS304 파이프 내면의 초정밀 자기연마”, 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, pp. 947~952, 2001.
 - 11) 김희남, 윤여권, 심재환, “STS304 파이프 내면의 초정밀 자기연마”, 한국산업안전·위생학회 공동학술대회논문집, pp. 179~185, 2001.
 - 12) 김희남, 윤여권, 심재환, “자기연마를 이용한 STS 304 파이프 내면의 초정밀 가공”, 한국산업안전학회지, 제17권, 제3호, pp. 30~35, 2002.
 - 13) 김희남, 윤여권, 최희성, “자성지립의 거동이 연마특성에 미치는 영향”, 한국산업안전학회 춘계학술대회 논문집, pp. 16~21, 2004.
 - 14) 김희남, 윤여권, 김상백, 최희성, 안효중, “sludge를 이용한 자기 연마재 개발”, 한국산업안전학회지, 제19권, 제2호, pp. 6~10, 2004.
 - 15) 김희남, 윤여권, 김상백, 최희성, “슬러지 연마입자를 이용한 이음매 없는 스테인리스강 튜브 내면의 자기연마”, 한국자동차공학회논문집, 제12권, 제6호, pp. 151~157, 2004.