

신금속재료(2)



김창주
(KIMM 재료기술연구부)

- '67 - '70 성균관대학교 금속공학과(학사)
- '73 - '76 서울기계공고 금속과 교사
- '76 - '78 연세대학교 산업대학원 재료공학과(석사)
- '78 - '79 포항제철 기술연구소 주임연구원
- '82 - '86 부산대학교 대학원 금속공학과(박사)
- '79 - 현재 한국기계연구원 재료기술연구부 책임연구원



한승전
(KIMM 재료기술연구부)

- '86 - '90 부산대학교 무기재료공학과(학사)
- '90 - '92 한국과학기술원 재료공학과(석사)
- '92 - '97 한국과학기술원 재료공학과(박사)
- '97 - 현재 한국기계연구원 재료기술연구부 선임연구원

1. 신 알루미늄 합금

현재 알루미늄은 철강 다음으로 소비량이 많은 금속으로서 전해법으로 지금을 생산하며, 지금 1 톤을 생산하는데 1,400kWH의 전력을 소비하는 고비용이 투입된다. 그러나 사용 후에는 지금생산비의 약 1/36의 에너지로서 약 99%가 회수가 가능하다. 현실적으로는 선진국의 경우에 재활용 회수율은 사용량의 1/3에 그치고 있지만 그 회수율의 증대는 얼마든지 가능하다. 이러한 관점에서 환경재료로서 주목되어 보다 고성능, 고성형성, 고비강도 및 고내열성의 개선을 위하여 각종의 합금방안, 금속간화합물, 초소성재, 분말야금, 복합재료 및 신가공법의 연구개발이 활발하고, 특히 자동차에 초점이 맞추어져 있다.

1.1 기능재

U나 Th 등의 방사성 원소를 ppb 이하로 억제하는 초 고순도 알루미늄, Al-Mg계 자기 테이프용 합금, Al-Zn계 합금으로 진동감쇄용이나 OA 기기용 등에 이용된다.

1.2 구조재료

알루미늄계 신 합금 구조재의 개발은 종래의 고기능성 합금에 Mg, Zn 및 Cu 등을 첨가하여 냉연강판에 필적하는 고강도 가공성 합금, Si 입자를 미세 균일하게 분산시켜 고온강도와 절삭성을 개선한 합금, 냉간과 열간 단조성을 부여한 고내마모 합금이 있다.

1.2.1 열경화형 합금

Al-Si-Mg-Cu계 합금으로 비교적 낮은 온도에서 가열하면 강도가 현저히 증가하며 냉연강판 정도의 강도와 프레스 성형성도 좋다. 가열온도는 자동차 도색 소둔온도로서 충분하며 1990년 일본 혼다 고급 스포츠카의 외판에 채용된 바 있다. 가격은 kg 당 7~8USD 정도로 알려져 있다.

1.2.2 분말야금 합금

1) 급냉응고 분말합금

알루미늄 합금의 용탕을 분무합으로서 급냉응고하여 얻은 분말합금으로, 이것은 용해주조한 합금에 비하여 조직이 미세하고, 합금원소의 응고범위가 현저히 넓으며, 합금원소의 편석이 적고, 인고트 합금에서는 얻을 수 없는 특성을 갖는다.

다량의 Si를 첨가하여 급냉응고하면 Si 결정을 5 μ m 정도로 미세화시킬 수 있으며, 여기에 천이금속을 첨가하면 내마모 내열성 합금이 가능하다.

Al-Fe계 내열성 합금을 급냉응고하면 열적으로 안정한 금속간화합물 Al₃Fe, Al₆Fe를 가지 중에 sub-micron 크기로 미세 분산시킨 내열성합금이 얻어진다. 몇 가지 합금의 경우에 인고트법과 분말야금법의 결과를 비교한 경우를 보면 다음의 표 1의 예와 같다.

2) 기계적 합금

강력한 분쇄기로서 초미세 혼합합금분말로서 용해로서는 얻기 어려운 넓은 혼합비의 합금이 가능하다. 초 듀라루민을 능가하는 Al-Mg-Li-

Ca 합금, Al 중에 Al₂O₃, Al₄C₃ 입자를 미세 분산시킨 분산합금, 기타 금속 산화물을 분산시킨 새로운 분산강화합금 등의 개발이 활발하다.

1.2.3 알루미늄기 복합재

알루미늄과 내열성 섬유와의 복합재(FRM), SiC 등의 위스커와의 복합재료는 경량이며, 고온 강도, 내마모재로서 자동차 엔진부품에 실용화가 시작되고 있다.

1.2.4 초소성합금

결정립을 극미세화하여 소성변형을 용이하게 만드는 원리로 성형성이 나쁜 분말합금에도 좋아서 실용화가 시작되고 있다.

1.2.5 Al-Li 합금

항공기나 핵융합장치에 사용되기에 매우 유용한 합금이다. 미국과 프랑스에서는 실증실험 중에 있으며, 일본의 경우에는 1989년 3월부터 국민 공동으로 제조사를 설립하고 정부보조금으로 7년간의 사업으로 제조사업을 추진 중에 있다.

1.2.6 금속간화합물

초내열재로서 TiAl, Ti₃Al, NiAl, Ni₃Al 등을 차세대 유망한 제트엔진 터빈 블레이드재로 활용될 전망이다.

1.2.7 반응고가공

금속을 고액공존 구간의 반응고상태에서 직접 압출이나 압연한다. 일본의 경우 국민 공동으로

표 1. 알루미늄 합금의 기계적 성질의 비교

합금의 종류	인 장 특 성						경도 Hv	
	상 온			250°C × 100h				
	T.S MPa	Y.S MPa	EI %	T.S MPa	Y.S MPa	EI %		
PM	Al-8Fe-V	490	420	7	330	280	6	146
	Al-8Fe-V-Mo	520	430	3	370	330	5	150
IM	Al-2.4Cu-Mg	440	370	9	210	190	24	134
	Al-6Cu	390	250	11	210	150	22	108

1988년 3월 제조사를 설립한 이후에 AI 합금의 실험장치를 제작하고 기본물성, 소요기술을 개발 중이며 복잡한 형상의 성형도 시도되고 있다.

1.2.8 신 가공성형법

용탕단조법, 진공 다이캐스트법, 반응고단조법, 신 저압주조법 등을 통하여 가공성형 중에 조직을 제어하고 높은 신뢰도를 갖도록 실용화 시도 중이다.

1.3 현황 및 문제점

자동차 외관용 경량구조재, 엔진부품, 기타 주단조 부품에 유망하나 장기간의 신뢰성 확보기간이 소요되겠으며, 제조원가와 재활용 등에서의 문제점이 예상되고 있다.

2. 신 티타늄 합금

티타늄 및 티타늄 합금의 용도는 재언할 필요

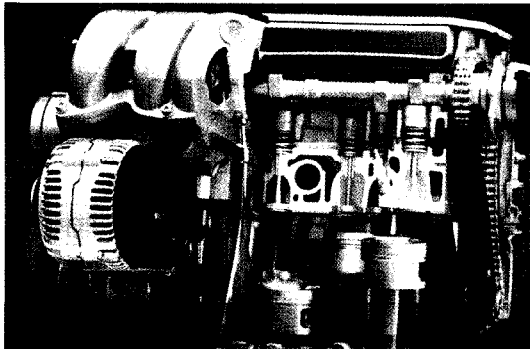


그림 1. 엔진부품으로 개발중인 새로운 알루미늄 합금 주단조품

는 없으나, 1980년대 이후에 들어 스포츠 용품, 안경, 건축재 및 심해정 등으로 특수한 용도가 증대되는 새로운 수요에 직면하고 있다.

한편 종래 합금의 일반적인 관점은 30%에 가까운 가공여유, 순 티타늄의 4 배 정도의 원가를 고려하였으나, 최근에는 고온용, 잔조성 및 절삭성 등을 개선하고 여기에 고강도, 고인성, 급냉응고합금, 기계적 합금, 초소성, 금속간화합물 및 티타늄기 복합재료 등의 새로운 재료가 등장하고 있다. 그리고 가공법에 있어서도 항온단조, 초소성가공, 확산접합, 분말야금성형, 정밀주조 및 정밀단조 등을 통한 양산화와 원가절감은 새로운 시장개척의 가능성을 넓히고 있다.

2.1 특성

고비강도재, 고내식재, 극저온재, 짧은 방사능 반감기, 비자성, 생체에 무독성, 초내열 금속간화합물(Ti-Al), 형상기억합금(Ti-Ni) 및 초전도체(Ti-Nb) 등에 응용된다. 다음의 표 2는 현재 새로운 용도로 관심을 갖게하는 티타늄합금들의 예이다.

2.2 용도

현재의 주요 용도는 내식성을 이용한 화학공업, 내해수성을 이용한 해수 담수장비나 해수 냉각기 등에 이용이 2/3 정도를 점한다. 그리고 비오염성을 이용한 약품공업, 식품공업 및 의료기기 등에도 쓰인다.

표 2. 현재 사용되는 신 티타늄합금의 예

합 금 명	상 온 인 장 특 성			특 징	상 태
	T.S(MPa)	Y.S (MPa)	El %		
Ti-0.5Pd	350~520	220 이상	23 이상	내식성	ST
Ti-6Al-5Zr-0.5Mo-0.2Si	1010~1160	870 이상	6 이상	내열성	STA
Ti-5.5Al-4Sn-4Zr-0.3Mo	-	-	-	내열성	-
Ti-11.5Mo-6Zr-4.5Sn	1270 이상	1230 이상	8이상	냉간가공성	STA

한편 새로운 용도로는 우주 항공산업에서 기존의 내용온도가 340°C이던 것이 500°C로 증가하였으며, 기체 표면온도가 가까운 장래에 650°C로 높아지는 점에 대한 대비로 Ti-Al 금속간화합물의 실용화를 개발하고 있다. 자동차 분야에서는 경량화와 엔진효율의 증대를 위해 엔진밸브 스프링 리테이너나 콘로드 등에 실용화되고 있다. 일반용품에서는 카메라, 시계, 폴캡체 헤드, 안경테 등에 사용된다. 이 외에도 생체무해성을 이용해 인공뼈, 치근, 심장박동기와 특수한 목적의 저온초전도체기기 등으로 새로운 용도가 매우 다양화되고 있다.

2.3 시장성

지금의 추세로는 우선 군수용의 수요는 감소하는 반면, 민수용은 대폭적인 증가가 예상되며, 내열성과 비강도를 개선하는 연구개발이 주류를 이룰 것이며, 에너지와 자동차의 효율향상 노력

이 그 예이다.

2.4 문제점

첫째, 광물의 부존자원은 풍부하나 제조원가와 가공비가 매우 높다.

둘째, 합금의 개량과 아울러 새로운 가공기술과 설계기술의 개발이다.

3. 초소성재료

현재까지 지출개발 노력의 결과로 초소성 가공을 부여할 수 있는 재료의 범위는 매우 광범위해졌으며 공업적으로도 매우 유용한 분야로 인정되고 있다. 가능한 대상재료의 예를 들면, Ni기 초내열합금, 항공 우주용 Ti합금, Al합금, 고강도 합금강, 고속도 공구강 및 2상 스테인레스강 등으로 다양하다. 이러한 이유는 초소성현상은 결정의 변태와 미세결정 조직화에 의하는



그림 2. 경주용 자동차의 경량화 및 엔진성능화 티타늄합금 부품

것으로, 전자는 오스테나이트 스테인레스강에서 나타나는 것이며 대부분의 경우는 후자에 따른다.

초소성재료에는 금속에 국한하지 않고 미세구조의 세라믹스나 금속간 화합물에서도 나타나며, 결정립을 수 μm 이하로 할 수 있는 열간압연재결정에 의한 가공열처리, 급냉, 응고분말압연-소결 및 탄화물과 AI합금을 기계적 합금하는 방법 등이 그 예이다. 현재에는 결정립을 sub-micron 크기로 미세화할 수 있으며, 미세화처리 원소를 첨가한 후 급냉한 분말합금과 변형속도도 $10^1/\text{sec}$ 이상도 가능하게 되었다.

그리고 미세결정립 초소성에서는 결정에 큰 활성경계면이 존재하므로 두 재료의 경계면에서 확산작용을 이용한 접합이나 소성체의 점탄성적 성질을 이용한 제진성능을 활용할 수 있다.

3.1 특성

다음의 표 3에서 제시하는 초소성재의 특징을 보면, 초소성에 있어서 중요한 것은 소성변형을 받을 때 변형속도와 변형량이다. 여기서 m 은 변형속도 민감도로서 m 의 값이 0.3 이상이면 변형응력은 감소하나 가공속도가 늦어지므로 변형속도는 10^1 이상은 되어야 한다.

초소성 재료로는 결정립이 등축으로서 $10\mu\text{m}$ 이하로 미세하고 고경각 입계의 구조이어야 한다. 이를 위한 방법으로는 공정합금을 균질화 어닐링하고 공정온도에서 가열하여 재결정 후 급냉하거나, 높은 냉간가공 후 재결정과 석출을 조

합하거나, 변태 또는 석출온도에서 가공후 냉각과정 또는 재가열에 의해 조직을 안정화 시키는 가공열처리를 하거나, 변태점을 오르내리는 열사이클을 부여하거나, 급냉응고분말소결법이나 기계적 합금법 등에 의한다.

초소성가공은 변형속도가 중요하며 변형속도가 너무 빠르면 물성에 악영향을 미치므로 재료에 따른 고유의 적절한 변형속도를 적용해야 한다. Zn-Al 합금판과 같은 저변형응력의 재료는 진공성형 등이 가능하며, 압출, 정밀단조, 분말열간압축 등이 적용되나 제품의 형상과 재질 등을 고려하여 설계 및 제조법에 관한 적절한 대책이 필요하다.

3.2 용도

현재에도 연구개발은 지속되고 있으나, 일부 실용화 되었거나 실용화를 앞두고 있는 재료는 고강도저합금강, δ/γ 2상 스테인레스강, 분말합금강, 분말고속도공구강, 고력 AI 합금 및 티타늄합금 등이다.

티타늄합금의 초소성가공은 주로 항공우주분야 부품제조를 위해 출발하였으나, 최근에는 민수용을 위해서도 개발되어 활용되고 있으며, 그 한 예로, 일본의 세이코 전자 변속단조법을 개발하고 이를 정밀한 속도제어와 위치제어가 가능한 정밀초소성 단조장치에 의해 손목시계 케이스를 만들었다. 이의 경도는 스테인레스의 2.5 배, 중량은 60%로 가볍고 내식성이 우수한 특징을 갖는다.

표 3. 초소성합금의 예

합금 예	합금 조성	온도(°C)	m	변형(%)
철계 합금	Fe-0.42C-1.9Mn	730	0.5	450
AI합금	Al-10.27Zn-0.9Mg-0.4Zr	550	0.9	1,550
동합금	Cu-10Al-4.5Fe-6Ni-2Mn	700	0.45	1,300
Ni합금	Ni-10Cr-15Co-4.5Ti-5.5Al-3Mo	927~1,093	0.5	1,300
Ti합금	Ti-6Al-4V	850~900	0.7	1,000
아연합금	Zn-22Al	200~300	0.45	500~1,500

알루미늄 합금의 경우는 결정립을 10 μ m 정도로 미세화하고 400 $^{\circ}$ C 이상의 온도에서 천천히 가공함으로써 10atm 정도의 낮은 공기압에서 프라스틱과 같은 열간가공이 가능하다.

가공법에 있어서 판재는 진공성형이나 불활성 가스를 이용한 블로우성형이 가능하며, 관재가공은 유도가열에 의해 관을 부분가열하여 인발이나 특수고온금형에 의해 초소성단조 한다.

3.3 시장성

현재의 시장성은 미흡하나 향후 민수용의 수요가 대폭적으로 증대될 전망이어서 초소성 재료와 제조공정도 다양하게 개발될 것으로 본다.

3.4 문제점

소성가공은 가장 경제적으로 이루어져야 하나, 현재의 초소성가공은 고비용의 문제를 안고 있다. 즉, 가공속도가 늦고 장시간이 걸려 생산성이 매우 낮다. 이를 해결하기 위한 대안의 하나로 초소성가공과 확산접합을 결합하는 공정을 생각할 수 있다. 그리고 초소성가공기술의 획기적인 개발도 등장해야 더욱 다양한 분야에 응용이 가능하다.

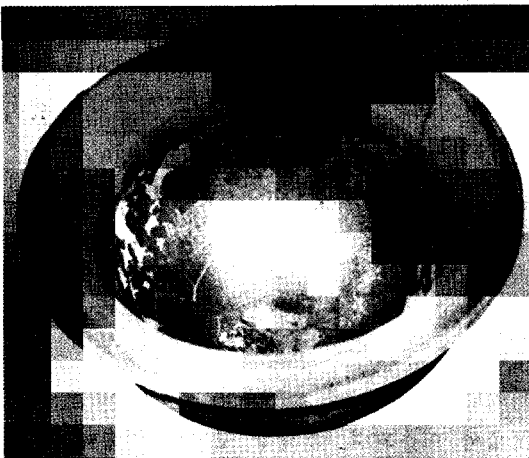


그림 3. 초소성을 이용해 열간 가공한 티타늄합금

4. 자성금속재료

자성재료는 보자력으로 구분하며, 즉 자화력으로 자화되는 보자력 800A/m(10 Oe) 이하인 연질 자성재료와 높은 보자력으로 영구자석이라 불리는 보자력 8,000A/m(10 Oe) 이상인 경질 자성재료가 있으며, 이들의 중간인 반경질 자성재료가 있다. 이러한 재료들은 가전제품, 전자기기, 자기기록 등 최근의 신기술 분야에 널리 활용되고 있으며 다음과 같은 재료들이 주류를 이루고 있다.

- 1) 경질 자성재료 : 영구자석(철계, 희토류계 금속간 화합물)
- 2) 연질 자성재료 : 電磁철판, 퍼말로이, 비정질합금(변압기, 모터코어, 스위칭 전원), 메모리 기록용 재료(자기 및 광자기 기억)
- 3) 초자왜재료 : 자계에서 신축하는 재료로서 변형률이 0.1% 이상의 것을 말하며, 희토류계가 주목받고 있다.

자성재료의 형태도 벌크상의 소형재료로서 뿐만 아니라 미분이나 박막등으로 사용되므로 제조방법도 압연, 소결에서 증착, 전착, 스파터 등으로 다양하다. 자성유체나 수지결합형 등의 복합체도 등장하였다.

4.1 희토류 영구자석

현재까지 대표적인 것은 아르니코자석, Fe-Cr-Co 및 페라이트 등이 있으나 강력한 자석으로 가장 새로운 것은 희토류계로서 다른것과의 물성비교는 각각 표 4와 그림 4에 나타내었다.

희토류 자석은 금속간화합물의 결합이어서 가공성이 나쁘므로 본딩(프라스틱 결합형, 압출 및 사출성형)에 의해 제작된다.

산업용으로는 자동차, 모터싸이클 및 로봇 공작기 구동용 모터, 민수용으로는 VTR, CD, 전자렌

표 4. 희토류계 자석의 예

종 류	포화자화(kG)	(BH)max(MGOe)	큐리온도(°C)
SmCo ₅	9.7	~ 20	727
Sm(Co, Fe, Cu) _{6,8}	12.8	~ 26	917
Sm(Co, Fe, Cu, Zr) _{7,8}	12.8	~ 30	917
Nd ₂ Fe ₁₄ B	16.1	~ 40	312

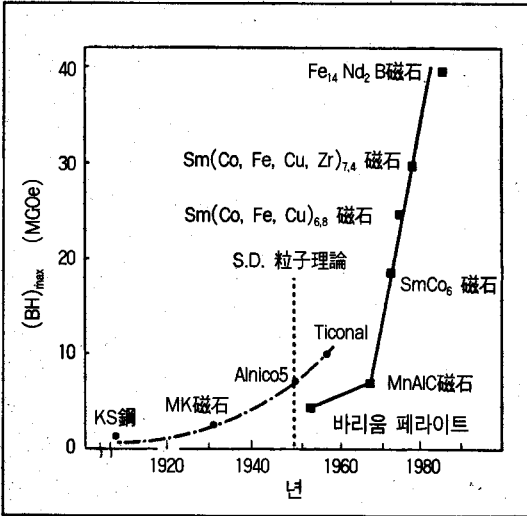


그림 4. 영구자석 성능의 진보상황

지, 대형 카세트, 스테레오 모터, 마그네토론 등이며, 사무자동화용으로는 컴퓨터, 프린터, 복사기 모터, 플로피 디스크의 에 픽시밀, 수신기, 마이크로파 증폭 및 계측 등 일일이 열거하기 힘들다.

일본의 경우 희토류계 영구자석의 1991년 수요는 1,698 톤을 기록하였으며, 시장성의 확대는 페라이트의 10배 이상으로 예측된다. 한편 cost performance가 문제가 되며, 자원적인 문제도 무과할 수 없는 형편이다. 향후 개발되어야 할 문제점을 제시하면, 내식성, 장기 안정성, 내열성, 고온 안정성 및 제조원가 절감 등이다.

4.2 자기기록재료

미분상의 자성체를 테이프나 디스크 위에 도포하거나 증착하여 경질자성체의 박막을 만든다. 이는 외부 자장의 변화에 극단시간에 대응하거나

여러 가지 크기의 자화를 기록시키는 재료이다. 여기에는 정보를 기록하거나 읽어내는 연자성체의 ring형 코아의 전자변환소자(자기 헤드)재료도 포함하고 있다. 한편, 연속박막에는 신뢰성의 문제가 많으므로 도포에 의하는 경우가 많다.

자기 메모리에 가장 요구되는 것은 소형이면서 많은 정보를 기록할 수 있는 것으로서 페라이트, 이산화크롬, 코발트 피착산화철, 증착형 코발트-니켈 등이 있다. 페라이트는 많은 개량을 거쳐 최근까지도 가장 많이 사용되는 재료이나, 새로운 재료로서 보자력 Hc, Ms가 큰 메탈 자성 분체(a-Fe)가 고밀도 기록의 8mm 비디오통으로 응용되고 있다.

박막을 만드는 방법으로 알루미늄 합금제 기판 위에 도금이나 스퍼터링법이 있으나 기록밀도가 상승하는 최근에는 스퍼터링법이 주류를 이룬다. 기록재료로서는 크롬을 1차 기본막으로 하고 CoNiCr, CoCrTa, CoCrPt 막을 스퍼터링하여 입힌다.

보다 고밀도화를 위한 것으로는 수직자기기록매체가 있으며, 이는 페라이트와 같은 기판상에 N, S를 수직으로 배열하는 기법이다. 이 방식에 의하면 1비트 당 점유면적이 2μm² 정도로서 거의 광기록의 수준이다.

이러한 각종 기록방식의 기록밀도 변천을 그림 5에 제시한다.

수직자기기록매체로 이용되는 재료는 CoCr와 CoNiO가 있으며 Co의 c축이 수직배열하여 비자성층으로 분리된 주상의 구조를 갖는다. 스퍼터링이나 증착에 의한 박막재는 8mm 비디오테이프로서 이용되며, 차세대 고밀도 기록매체로서 CoPtBo가 개발되고 있다.

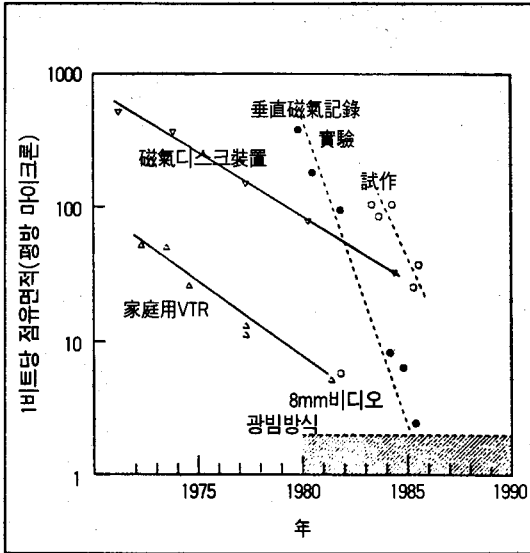


그림 5. 각종 기록방식의 기록밀도

4.3 시장성 및 문제점

전자기기의 비약적인 발전으로 고밀도화를 위한 신소재 수요의 증가는 상당하리라 보며, 대용량을 수용할 수 있는 소형화가 관건이다. 그리고 광빔 방식과 문제없이 결합되는 자기 재료의 등장이 속제가 될 것이다.

5. 금속초미립자

금속원자와 bulk 금속의 중간체 클러스터의 특이한 물성을 신소재로서 사용할 수 있을까 하는 관점에서 sub micron 단위의 금속초미립자를 연구한 예가 있다.(1981~1986, 일본 과학기술청 신사업개발과제) 그 결과 기상합금법이나 초미립자 자기기록체의 제조 등의 좋은 연구성과가 있었지만 상업적 실용화에는 이르지 못했다. 그러나 분체에 대한 커다란 흥미를 일으켜 미분체의 제조법, 처리법, 미분체의 형상, 표면상황 등의 새로운 특성의 정립에 기여했다.

5.1 특성

초미립자에서는 다음과 같은 특성이 나타난다.

- 1) 벌크 Fe에서는 보자력이 470 Oe이나 200 Å에서는 2,500 Oe로 향상 된다.
- 2) 벌크 금은 용점이 1,336K임에 비해 70 Å인 경우는 1,230K로 낮아진다.
- 3) 소결개시 온도도 벌크 Fe가 900K 이상이나 200 Å에서는 360K로 크게 낮아진다.
- 4) 벌크 금의 광흡수율이 2~5% 임에 비하여 100 Å에서는 95%로 증가한다.
- 5) 촉매효과가 커져 생성선택성이 증대된다.

5.2 제조 및 가공법

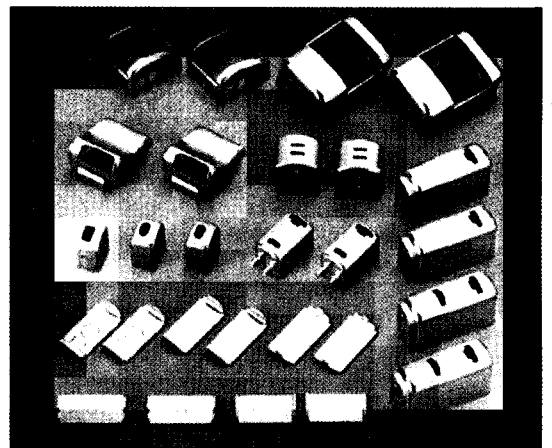
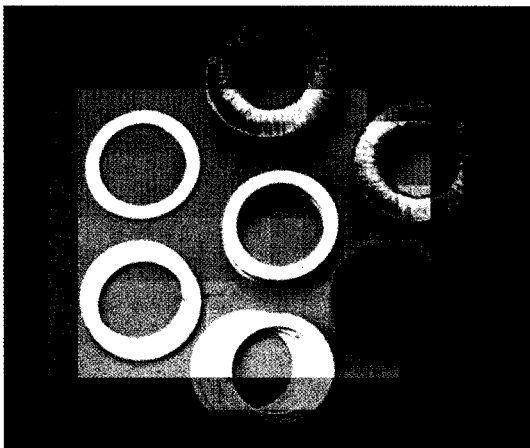


그림 6. 각종 영구자석 코어

초미립자는 물리적인 방법, 화학적인 방법, 액상법, 기상법 등이 있으며 각각의 방법은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 1) 물리적인 방법 : 가스중 증발법, 스퍼터링법, 금속증기 합성법, 유동 유상 진공증발법
- 2) 액상법 : 콜로이드법, 알코킷법, 공침법
- 3) 기상법 : 유기금속화합물 열분해법, 금속염 화물의 수소중 환원법, 산화물과 합수산화물의 수소중 환원법

이 중에서 가장 활용성이 높은 것은 가스중에서 증발시키는 물리적 방법으로, 적당한 방법으로 증발시킨 금속원자를 미립자로서 석출시키는 방법이다. 큰 입자로서 성장하지 못하도록 미립자간 충돌을 막으면 균일한 초미립자를 얻는다.

그리고 최근에는 습식이나 건식의 기계적 분쇄법, 아토마이징 등에 의해서도 micron이나 sub-micron 정도의 미립자 양산도 가능하여 졌다. 초미립자는 공급, 수송 및 유동 중에 응집하여 성장하기가 쉽다. 따라서 생성과 동시에 제품으로 완성되는, 즉, 실리콘 기판상에 초미립자 석출 등과 같은 경우가 가장 바람직하다. 그리고 가공법은 분말야금에서와 마찬가지로 성형소결이 대부분이다.

5.3 제품

금속초미립자는 생성과 동시에 제품으로 가공되어 시판하며, 상품으로서는 초미립자를 이용한 자성유체가 거의 유일한 정도로 본격적인 개발 단계이다.

Fe-Ni계, Fe-Co계에서 입경 100Å 이하가 되면 강자성체의 다자구구조가 단자구구조로 변화하여 자기특성은 보자력이 4배가 된다. 자기 테이프용으로서 성능은 우수하나 단가가 비싸서 아직 실용화에는 어렵다. 그리고 금속초미립자 막을 이용한 온도-가스 센서로도 활용이 가능하

며, 표면개질이나 표면기능화 방법에 일부 실용화된 바가 있다.

한편, 표면적이 크고 표면활성이 강하므로 촉매로서도 유용하며 자동차 배기관용이나 로켓 고체연료 연소기용으로도 기초연구가 수행중이다.

5.4 시장성 및 문제점

현재로는 제조비용이 높은 것이 본격적인 실용화에 장애가 되고 있으므로 제조비용을 낮추거나 특별한 부가가치가 있는 분야에 적용성이 고려된다면 대단히 넓은 시장성을 확보할 수 있다.

초미립자는 cluster로서 원자나 분자가 제각각 고립된 상과 bulk의 응집상의 중간으로서 과도적인 상태이다. 동일한 조성의 물질에서도 bulk 상태로서는 전혀 다른 성질을 나타낸다. 최근에는 상온 초전도성으로 유명한 C60 등이 좋은 예이다.

MA 등으로 nano crystal 또는 비정질상이 얻어질 수 있으며, nano crystal은 집합체로서 얻어진다. 결정의 관점에서 보면 새로운 분야이거나 원자를 조작하여 인공적인 다원자계의 cluster를 조립하여 새로운 재료를 탄생시키는 결과이다.

반도체 초미립자의 직경이 10~15nm 이하가 되면 반도체에는 양자 효과가 나타난다. 따라서 반도체 초미립자는 화학반응성이 높은 새로운 고효성 촉매로서 기능할 가능성이 많고, bulk 반도체에 비해 매우 강한 형광성을 발한다. 외부환경에 민감하여 비선형광학재로서 적합함이 최근 밝혀졌다. 최근 분체기술의 큰 발전은 미분체의 표면처리 및 미분체로서 표면개질, 복합화, 고기능화를 가능케 하였다.

한편 초미립자의 부유는 우주의 무중력상태와 동질의 장을 제공하는점을 공업적으로 이용할 가치가 있다.

5.5 미생물을 만드는 자석

주자성균이라 부르는 박테리아는 0.05~0.1 μ m 정도의 자기미립자를 유기박막으로 감싼 것을

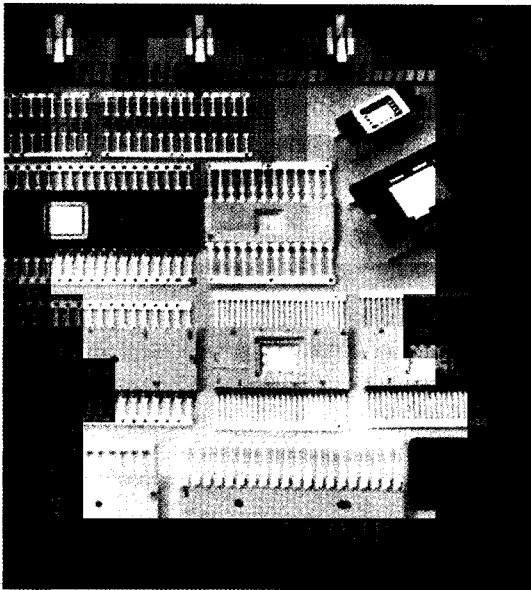


그림 7. Package용 초미립자 반도체

10~20 개나 지니고 있음이 일본 동경공업대학 松永是 교수팀에 의해 발견되었으며, 이 균의 대량적 배양법이 개발중에 있다. 이 자석의 특징은 매우 강고하고 안정한 유기박막에 의해 피복된 단자구 자기미립자로서 물성이 균일하다. 이에 관한 응용은 체내센서, 동물세포 내에 도입하여 마이크로 센서로서 활용하는 흥미있는 연구가 진행 중이다.

참 고 문 헌

- [1] 기능성 금속재료 : CMC. R & D 보고서, No.33 (1989)
- [2] 신소재 및 신재료에 관하여 : 일간공업사, 공업재료편 (1993)
- [3] 鈴木敏正 외 2인 : 선단재료 핸드북, 朝倉書店 (1988)
- [4] Advanced Materials & Processing : The Korean Institute of Metals & Materials PRICM-2