

분말야금기술의 현황과 전망

목 차

1. 서 론

- 1.1. 소결기계부품 제조기술
- 1.2. 급냉응고분말 가공기술
- 1.3. 새로운 분말 가공기술

2. 연구현황 및 전망

- 2.1. 소결기계부품 제조기술
- 2.2. 급냉응고분말 가공기술
- 2.3. 새로운 분말 가공기술
 - 2.3.1. 분말사출 성형법
 - 2.3.2. Mechanical Alloying기술

최영택 · 배종수 · 안중호 · 이강률 · 최철진 · 김선화

한국기계연구소 제조야금실

1. 서 론

분말야금기술은 분말상태의 금속재료를 제조하는 분말제조분야와 이들 분말재료를 가공하여 부품 또는 소재를 제조하는 분말가공분야로 대별된다.

분말야금기술의 응용범위는 모든 산업분야와 관련되어 있어서 국내에서도 주요생산기술로 부각되고 있다.

종래 범용소재에서부터 미래산업사회의 총아로 각광받게 될 신소재에 이르기까지 적용재료의 범위도 광범위하다. 예를들면 산화물고온초전도체의 선재제조공정에 응용되고 있는 경우와 뛰어난 자기적 특성과 에너지를 가진 Nd-Fe-B계 영구자석제조에 응용되는 경우가 대표적인 예이다.

당실에서 주된 관심을 가지고 연구하고 있는 분야는 아래와 같다.

1.1. 소결기계부품 제조기술

분말야금기술이 비교적 복잡한 형상의 부품을 대량생산하는데 타공정에 비해서 매우 유리하다는 이점을 이용하는 기술로서 주로 자동차 엔진구성부품의 국산화개발을 수행하고 있다.

1.2. 급냉응고분말 가공기술

현재 세계각국에서 많은 기초연구와 응용연구를 하고 있는 신소재로서 용융금속을 급냉시키므로써 얻어지는 재료물성을 연구하고 분말상태로 가공하여 분말야금기술에 의해 제품가공연구도 수행

하고 있다.

1.3. 새로운 분말 가공기술

선진공업국에서도 실용화초기단계에 있는 새로운 개념의 분말가공기술로서 향후 국내생산기술의 새로운 전개에 파급효과가 클 것으로 예상되는 신기술의 산업선도적 성격을 가진 연구분야이다.

예를 들면 복잡한 형상의 소형부품제조에 매우 적합한 분말사출성형법(Powder Injection Molding), 종래의 용해에 의한 합금제조기술의 한계를 극복할 수 있는 새로운 합금화기술인 Mechanical Alloying 등이 수행되고 있다.

2. 연구현황 및 전망

2.1. 소결기계부품 제조기술

분말성형프레스와 소결로를 기본적인 제조설비로 이용하여 금형내에 분말재료를 충전하고 가압성형한 후 소결하여 기계부품을 제조하는 가장 일반적인 분말가공기술에 관한 연구로서 주로 이제까지 수입에 의존해 오던 자동차 엔진구성부품을 위주로 국산화개발에 역점을 두었다. 연구수행방법은 기업체와 공동으로 특정한 부품의 국산화 및 기업화를 최종목표로 정부의 연구에 산지원을 받아 추진되었다.

표1) 국산화개발과제(1981~1989)

부 품 명	주 요 개 발 기 술
소결 헤리칼 기어	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 나선형상의 헤리칼기어 성형 및 취출장치 설계기술 ◦ 소결수축에 의한 기어형상 왜곡 보정기술
자동차용 Sintered Oil Pump Rotor	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Trochoid 형상 금형 설계 및 제작기술 ◦ Rotor 간극제어기술 ◦ 내마모성을 위한 연질화 열처리기술
자동차용 Metal Bearing	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Cu-Pb-Sn계 분말제조기술 ◦ Pb함유재료의 소결기술 ◦ 윤활 및 내마모성을 위한 도금기술
자동차용 Sintered Valve Seat	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 내열내마모 합금설계기술 ◦ 고온윤활성을 위한 고체윤활제 첨가기술 ◦ 고합금재료의 소결기술
소결 방적기 링	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 표면기공 처리기술
자동차용 Sintered Camshaft	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 내마모합금설계기술 ◦ 소결접합기술
자동차용 Sintered Rocker Arm Tip	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 내마모 합금설계 기술 ◦ 고합금재료의 진공소결기술
자동차용 Sintered Valve Guide	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 얇은 벽두께의 긴 Tube 형상제품 성형기술 ◦ 소결밀도분포 제어기술
Rotary Compressor용 frame	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 다단성형기술 ◦ 유체기밀성 처리기술 ◦ 소결밀도분포 제어기술
가스렌지용 안전밸브 부품	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 합금설계기술 ◦ 고온진공 소결기술

다음은 이제까지 수행한 대표적인 국산화개발 과제에 부품명칭과 주요개발기술을 요약정리한 것이다(표1 참조).

선진공업국의 경우 소결기계부품 제조기술은 지속적인 발전을 하고 있다. 매년 개최되는 각국의 신제품경연대회에 출품되는 개발품은 내충격, 고강도화를 위해 합금설계와 가공방법을 연구한 경우와 복잡한 형상 또는 형상의 최적화를 위해 성형장치와 성형기술을 연구한 경우 등 두가지 추세가 두드러 진다.

이러한 추세는 현재 국내기술의 취약한 부분으로 향후 집중적인 기술개발노력이 요구되고 있다.

제품기술은 기업체와 공동으로 추진되는 것이 효율적이므로 앞으로도 기업체와 공동연구형식으로 추진하고자 한다. 주된 관심을 가지고 개발하고자 하는 기술은

- 1) 고강도화로 첨가된 합금원소의 소결저해성 해결을 위한 고합금재료의 소결기술
- 2) 다단성형기술의 기반을 차지하는 가압성형시의 분말유동 및 소성변형거동제어기술
- 3) 대량생산체제에 적합한 생산설비관리기술 및 통계적 공정제어기술 등이다.

2.2. 급냉응고분말 가공기술

급냉응고법은 용융상태의 금속을 빠른속도(보통 10³K/sec 이상)로 냉각시키는 방법으로 기존의 Ingot나 주조에서 불가능한 미세조직을 얻을 수 있어 새로운 금속소재개발이 가능한 혁신적인 기술로 평가되고 있다. 따라서 선진각국에서는 분말야금기술을 응용한 급냉응고분말의 제조·성형공정 및 신소재 개발에 막대한 연구개발이 진행중에 있으며, 일부는 기업화에 성공하여 실용

표2) 급냉응고 기술 연구내용

연구과제명	주요 연구 내용	공동연구기관
급속냉각법에 의한 분말제조에 관한 연구	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Melt Spinning에 의한 급속냉각리본 제조 ◦ Pulverizing에 의한 급속냉각분말 제조 ◦ 급속냉각분말의 HIP 성형 	
급냉응고분말에 의한 고온·내마모 금형 재료개발	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 급냉응고분말 제조조건 규명 ◦ 급냉응고분말의 Hot Extrusion성형 ◦ 성형체의 미세조직 및 물성고찰 	미국 AMAX사 재료연구소
Brazing용 Ni계 비정질 박막개발	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 광폭비정질 foil제조를 위한 Planar Flow Casting조업조건 확립 ◦ 비정질 foil의 미세조직 고찰 	
급속냉각법의 의한 Brazing용 Cu계 비정질 박막개발	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Brazing foil(폭 2 inch, 두께 40~50μm)의 제조공정확립 ◦ 최적 Brazing조업 조건 확립 ◦ Brazing용 비정질 박막 특성시험 	
급냉응고법에 의한 영구자석분말 제조 및 성형법 개발	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Nd-Fe-B계 영구자석 분말 제조 ◦ 분말의 성형공정연구 ◦ 성형체의 자성특성 고찰 	미국 AMAX사 재료연구소
급냉응고법에 의한 형상기억합금 제조 공정 개발	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Cu계 형상기억합금 분말 제조 ◦ 분말의 성형공정연구 ◦ 성형체의 특성고찰 	일본 규슈국립공업시험소

화되고 있다.

당 연구실에서는 급냉응고기술에 관한 독자적인 연구개발은 물론 선진외국과의 기술협력을 통한 국제공동연구를 수행하고 있으며, 그 구체적인 내용은 표2에 나타내었다.

금속의 급냉응고에 의한 재료의 미세조직은 크게 비정질상태와 미세결정립상태의 두가지로 나눌 수 있다. 전자의 비정질합금은 같은 조성의 결정립 합금에 비해 뛰어난 연자성 특성을 갖고 있어 새로운 전기 및 자기재료로 각광을 받고 있다. 또한 후자는 종래 재료의 합금성분의 편석, 석출상의 조대화, 결정립미세화 제어한계 등의 재료물성 취약화를 극복할 수 있어 신소재개발이 가능하다. 최근 전자의 비정질 상태를 이용한 변압기의 magnetic core 등의 자성재료와 후자의 미세결정립을 응용한 항공기용 내열·고강도 Al·Ti합금, Fe기 합금강 또는 공구강, 초고온 Superalloy의 공업화 연구가 활발히 진행중에 있다.

당 연구실은 급냉응고분말제조공정을 개발하여 Ni계 고온내마모재료에 관해 연구하였으며 향후 선진외국과의 기술협력을 통해 급냉응고법에 의한 Brazing용 Ni계 및 Cu계 비정질박막, Nd-Fe-B계 영구자석재료, Cu계 형상기억합금 개발 등의 고부가가치 신소재 개발에 역점을 두어 연구개발을 추진하고자 한다.

2.3. 새로운 분말 가공기술

초기 단순형상의 절삭가공품에 응용하면서 시작된 분말야금기술은 기술의 한계성극복을 위해 다른생산기술과 복합화하여 새로운 분말가공기술로 전개되고 있다. 제조공정의 경제성과 생산성을 향상시키기 위한 기술개발의 결과로 선진국에서도 실용화 초기단계에 있는 새로운 분말가공기술중에서 향후 국내산업발전에 기여도가 확실시 되는 주요 신기술에 대한 당실의 연구내용을 소개한다.

2.3.1. 분말사출성형법(Powder Injection Molding)

분말야금기술과 플라스틱사출성형기술을 복합화한것으로 금속분말을 유기화합물 결합제와 혼합하여 유동성을 가진 혼합체를 만드는 혼합과정과 이들 혼합체를 성형하는 사출성형과정, 그리고 성형체내의 결합제를 제거하는 탈지과정과 탈지된 성형체를 소결하여 최종제품을 만드는 소결과정으로 구성되어 있다.

다른 제조기술에 비해서 복잡한 형상의 소형 부품제조시 매우 유리한 점을 고려할 때 국내부품제조기술에서 중요한 위치를 차지하게 될 것이다.

분말혼합체제조기술은 핵심기술부분으로 당실의 연구내용중 기초를 이루는 부분이다. 금속분말의 특성과 결합제의 특성은 후속공정에서 혼합체의 유동성, 운활성, 성형체의 탈지성을 고려해야 하므로 기술의 실용화를 좌우하는 중요한 사항이다.

2.3.2. Mechanical Alloying기술

용해합금법의 한계를 극복하여 재료물성의 향상을 가능하게 하는 새로운 합금화 기술로서 항공기 재료 등 가혹한 작동조건에 사용하는 재료를 위해 선진국에서도 많은 기초연구와 응용연구를 수행하고 있다.

당실에서는 Ni-Al계 합금분말제조를 초기목표로 금속간화합물을 이용하는 신소재가공기술을 연구한다.

1100°C에서 100시간 creep강도가 150Mpa이상인 항공기 제트엔진용 재료개발과 부품제조기술을 개발하고자 한다.

고온 creep강도향상을 위해 산화물을 첨가하여 금속분말과 함께 Attritor내에서 파쇄-접합-파쇄 과정을 거치면서 합금원소들이 원자차원에까지 합금을 이루게 되는 기술이다.