

분말야금 산업현황 및 표준화 동향

소재과 공업연구원 이종현

02) 509-7317 leejh@ats.go.kr

1. 서론

금속이나 금속산화물 및 무기물의 분말을 성형하여 형상을 부여한 후, 가열하여 결합시키는 소결공정을 거쳐 금속재료 (반제품), 금속가공제품 또는 세라믹을 만드는 기술을 분말야금 (Powder Metallurgy) 이라 한다. 분말야금기술은 비교적 간단한 공정으로 복잡한 형상의 제품을 만들 수 있고, 주조에 비해 낮은 온도에서 제품의 생산이 가능하다. 또한 고용도가 거의 없는 합금 및 금속-세라믹 복합재료 등의 제조가 가능하며, 손쉽게 다공질 재료를 얻을 수 있는 장점이 있다. 그러나 최종소결품의 특성에 영향을 미치는 분말의 형상, 입도 및 입도분포 등의 제어가 어렵고 또한 주조에 비해 press 및 소결로 등의 장비가 많이 필요하며 크기가 작은 분말일수록 저장과 취급에 어려움이 있다는 단점이 있다.

분말야금 기술이 적용되는 분야는 다음의 두 경우로 대별할 수 있다. 첫째는 분말야금 방법 이외의 다른 제조기술 (예를 들면, 주물·단조 등)로서는 이들 제품의 제조가 불가능하거나 또는 매우 어려운 경우다. 둘째는 다른 제조방법에 비하여 큰 경제적인 이

점을 지니는 경우다. 분말야금이 유일한 가공방법이 되는 전자의 경우로는 텅스텐 및 몰리브덴 또는 세라믹스 등과 같이 용해방법을 통한 제조가 어려운 고용 접 재료, 상호 고용도가 없는 금속 (텅스텐-구리, 철-팔라듐), 초경합금 (탄화텅스텐-코발트), 분산강화재료, 금속-비금속의 복합재료 등이다. 분말야금 기술의 경제적인 이점으로는, 주물가공이나 기계가공 도중에 생기게 마련인 칩 (칩가루)으로 버려지는 재료의 손실이 분말야금방법에서는 거의 없다는 점과 소형부품의 대량 및 자동 생산이 가능하다는 점 등이다. 유일성과 경제성 이외에도 분말야금기술은 새로운 고부가가치 기능성 소재의 개발에서 필수적인 제조공정으로 이용된다. 최근의 신소재 개발은 복합기능성을 부여한 고부가가치 부품소재의 응용에 초점이 맞추어져 있다. 이러한 소재의 개발을 위해서는 다양한 기능성을 갖는 금속/세라믹/고분자 재료 등이 혼합된 hybrid 형 재료를 기초로 하고 있다. 그러므로 상이한 용점 및 재료특성을 갖는 구성성분들을 이용한 제품의 생산에 있어서는 분말야금 공정기술이 필수적인 제조공정으로 요구되고 있다.

따라서 분말야금 기술은 대량생산성, 우수한 경제성 및 다양한 기능성 부여가 가능한 복합형 재료설계의 용이성 등 여러 가지 이점 때문에 자동차를 비롯하여 가전, 산업기계 등의 산업에서 부품을 제조하는 공정으로 널리 적용되고 있으며, 최근에는 그 중요성이 더욱 강조되고 있는 실정이다. 우리나라에서도 금속 및 세라믹 등 분말재료를 이용한 고부가가치형 기능성 소재부품이 산업에 적용되기 시작하면서 분말야금 기술의 역할이 커지고 있는 추세이다. 그러나 국내 분말야금 관련 산업체의 영세성과 표준화 미비로 대부분의 분말소재의 공급은 해외에 의존하고 있는 실정이다. 따라서 첨단 부품소재의 핵심인 분말야금 분야에 대한 관심이 요구되며, 특히 기능성 및 고부가가치 부여라는 최근의 산업요구를 만족하는 첨단 응용 기술에 대한 연구와 집중적인 투자가 필요하다. 구체적인 분말야금산업 현황을 나노분말 및 분말사출성형에 의한 실험상 기술 등에 초점을 맞추어 고찰해 본다.

2. 분말야금산업의 현황

2.1 나노분말 응용

나노분말은 나노입자가 갖는 독특한 특성에 의하여 새로운 기능성 소재분야로의 응용가능성이 풍부한 소재로서 재료분야 뿐만 아니라 산업 전반에 걸쳐 새로운 기술 및 신 산업수요를 창출할 것으로 예상된다. 나노분말을 사용하는 경우의 대표적인 예는 연마제(abrasive)이다. 기존의 마이크론 크기 연마제를 사용했을 경우와 비교할 때 나노분말은 더욱 정밀한 연마효과를 낼 수 있다. 예를 들어 광학부품을 나노 연마제로 연마함으로써 표면산란을 현저히 줄인 광부품을 제조할 수 있다. 또한 반도체 제조공정 중 가장 핵심공정인, 패턴이 형성된 반도체 표면을 연마하기 위한 CMP(화학기계적 평탄화) 과정에서도 SiO₂, CeO₂ 등 나노분말의 사용이 증대되고 있다. 표 1은 CMP의 최근 시장동향으로서 2004년에는 전체규모가 19억달러 이를 정도로 커다란 시장규모를 보여주고

표 1. CMP 시장동향 (Datarequest 1999, 단위: 백만달러)

CMP 응용	1998	2000	2002	2004
Oxide dielectric	360	455	392	267
Low K dielectric	-	41	235	362
STI	25	83	157	171
Passivation layer	13	41	94	133
Polysilicon	6	52	110	152
Tungsten	215	258	282	248
Dual damascene	13	103	298	571
Total	632	1,033	1,567	1,904



기 · 술 · 표 · 준 · 동 · 향

있다. 나노분말의 다른 이용으로는 분산형태를 사용하는 것으로서 금속 및 세라믹 등의 나노분말을 기지 재료에 분산시켜 기능성을 부여하는 것이다. 예를 들어 SiO₂ 및 TiO₂ 등을 분산시켜 고무나 플라스틱의 강도, 투명도 및 색깔을 변화시킬 수 있으며, 화장품에 TiO₂를 분산시켜 자외선 차단제로 응용하며 또한 자성분말 및 Ag 입자 등을 분산시켜 전자기와 차폐코팅제, 항균제 등으로의 응용이 가능하다.

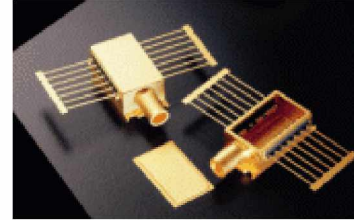
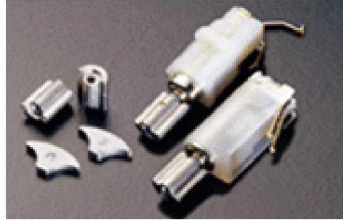
이러한 나노분말의 우수한 특성 및 산업성을 고려하여 국내외적으로 많은 연구투자가 이루어지고 있다. 대표적으로, 일본의 ERATO 프로그램에서는 초미세분말연구에 대한 지원 및 미국의 국립과학재단에서는 초미세분말 공학에 대한 집중적인 지원이 이루어지고 있다. 우리나라의 경우도 2002년 산업자원부에서 특정연구개발과제로 나노핵심기반기술사업을 통해 나노분말의 기초연구 및 산업화에 지원을 해주고

있다. 나노분말의 상업화도 진전되어 국내외적으로 많은 벤처기업들이 설립되었으며 대표적인 국내외 기업들을 표 2에 나타내었다.

앞서 설명한 바와 같이 나노분말의 응용은 독특한 특성에 기인하여 전 세계적으로 많은 연구와 투자의 대상이 되고 있다. 우리나라의 경우도 일부 대학 및 연구소를 중심으로 연구가 진행되어 1995년에서 1999년까지 5건의 특허에 불과했으나, 그 이후로 2002년 초까지에만 9 건의 특허가 공개될 정도로 활발한 연구가 진행 중이다. 그러나 관련 기술은 아직까지 기초·원천의 연구 단계이므로 지금부터라도 산·학·연·관이 긴밀한 협력 체제를 유지하여 나노기술 인력양성과 기술개발에 매진한다면 선진국과 대등한 기술경쟁력 확보가 가능할 것으로 판단된다.

표 2. 나노분말의 국내외 Venture 기업 현황

국명	회사명	대상품목
미국	NEI 사 Nanodyne 사	세라믹 초미세 분말 구조용 WC/Co 극미세 분말
독일	Hertel 사	고강도 /내마모용 분말 내열용 고기능 분말
일본	니혼 아토마이즈	초미립 분말 -내열도료, 전자파 shield 용 분말
오스트리아	APT	산화물 초미립 분말
한국	석경AT	광통신 부품용 나노분말
한국	나노신소재 (ANP)	초미립 금속/세라믹 분말 ITO 및 ATO 나노분말



대표적인 PIM응용 제품 들 (좌로부터 프린터헤드 부품, 핸드폰 진동자, 광전자 package)

2.2 분말사출성형 기술

분말사출성형 (PIM: Powder Injection Molding) 기술은 3차원의 복잡한 형상을 갖는 정밀 부품을 실형상으로 대량 생산하는 방법으로서 높은 소결 밀도 및 기계적 특성, $\pm 0.1\sim 0.3\%$ 의 치수정밀도와 20~80%의 원가 절감 효과를 갖는 신 분말공정 기술이다. 제조방법은 우선 미세한 분말 (금속, 세라믹, 초경합금, 금속간화합물 등)과 유기 결합제를 혼합한 후 기존의 플라스틱 사출성형기에서 형상을 제조하여 결합제를 제거한 후 최종 고온 소결하는 공정으로 이루어져 있다. PIM은 분말로 된 모든 소재의 제조가 가능하며 주조 불가재, 난 가공성 부품 제조에 적합한 특징이 있다. 대표적인 응용 금속계로는 stainless steel, Invar, 텅스텐 중합금, Ti 계, Superalloy 등과 세라믹 계에서는 알루미늄, 지르코니아, Si₃N₄, SiC 등과 초경계의 WC계, cermet 등이 있다. PIM 제품의 대표적인 활용예로는 자동차 산업에서 air bag sensor, diesel용 turbocharger vane 등의 부품, 컴퓨터 산업에서 computer chip heat spreader 및 각종 yoke, 의료용 산업에서 치열교정 및 정형외과용 implant 소재, 전자분야에서 카메라 모터용 코아, 광통신용 커넥터, microwave

adsorption package 등이 있다. 이런 분야 이외에도 광산공구 부품 등의 내마모 분야 및 시계케이스 및 밴드, jet engine fastener, 총기류 부품에 적용된다.

PIM 기술은 현재 금속, 세라믹, 초경 등 모든 소재의 고품위 정밀부품의 양산제조 기술로 인정되기 시작하여 신규 소재 및 제품을 중심으로 분말야금 기술 중 가장 활발한 연구개발이 진행되고 있다. 전 세계적으로 산업체수는 90년도에 40개사, 97년도에 220개사, 99년도에 400개사로 급증 추세에 있으며, 최근 Carpenter Technology (미국), Allied Signal(미국), BASF (독일) 등 대기업들의 글로벌 마케팅을 위한 경쟁도 치열하다. PIM 분야의 세계시장 연평균 성장률은 22%이며, 시장규모는 1999년도 4억S에서 2010년도에는 40~50억S로 추산되고 있다. 아시아 분말사출성형 시장의 90%를 차지하고 있는 일본은 그 시장규모가 매년 15%이상의 성장률을 보이며 확대되고 있다. 2001 년의 경우 전 세계적인 불황의 결과로 2000 년보다 15%정도 그 규모가 축소가 되었으나, 표 3에 나타낸바와 같이 약 82 억엔의 시장으로 1990 년의 16 억엔 대비 5 배의 성장을 기록하였다.

표 4. 금속분말 사출성형 시장수요 분야별 내역 (失野經濟研究所 2001년도, 단위: 백만엔)

OA 정보 기기	통신 기기	AV 전기기기	카메라 정밀기기	의료 기기	산업 기기	자동차	시계 부품	미싱 부품	기타
1,382	1,713	190	362	653	1,517	885	617	127	771

표 5. 금속분말 사출성형 시장재료별 내역 (失野經濟研究所 2001년도, 단위: 백만엔 및 %)

재료	Fe-Ni 계	SUS 계	Fe-Si 계	순철	SKH SKD	초경 합금	티타늄	텅스텐	기타	합계
시장규모	1,314	3,688	285	175	367	29	210	745	1,401	8,217
구성비 (%)	16.0	44.9	3.5	2.1	4.5	0.4	2.6	9.1	17.1	100.0

표 5는 일본의 PIM 시장 재료별 내역으로서, 가장 폭넓게 사용되는 재료로는 SUS 계 재료가 전체의 44.9% (금액 기준)를 점유하고 있다. 이것은 고강도 내마모성 및 내식성을 요하는 분야의 제품이 주로 생산되기 때문이다. 다음으로는 OA 기기 및 통신 기기 등에 사용되는 Fe-Ni 계 재료로 16.0%의 구성비를 점유하고 있고, 정밀기기용 Fe-Si 계 재료, 통신기기에서 방열재 및 package 용으로 사용되는 텅스텐 등의 순서로 사용되고 있다.

국내의 경우는 한서, 래피더스 및 베스너 등 Fe 계, SUS계, 텅스텐 재료 등 금속 관련 3 개사 외에 소규모의 세라믹관련 제조업체가 있으나 아직 기술기반이 취약한 실정이다. 국내 시장규모는 2000 년에 약 18 억 원 정도로 추정되고, 2001 년도에는 약 25 억 원 정도로 시장규모가 확대된 것으로 추정되고 있다. 이상과 같이 현재 국내의 경우 아직 체계적인 연

구와 응용이 매우 미미하며 따라서 세계 기술과는 그 차이가 많이 있다. 그러나 국내 플라스틱사출 기술은 이미 세계적인 수준을 가지고 있으므로 분말사출성형 기술로의 접목은 그 전략에 따라 무한 잠재시장의 확보를 가져올 수 있다고 판단한다.

3. 표준화 동향

2002년 말 기준으로 소재분야의 ISO 규격이 1,027 종인데 이중 KS 규격으로 도입된 규격은 383종에 불과하다. 그러나 분말야금 분야는 57종의 ISO규격 중 47종을 KS로 도입하였으며 특히 ISO/TC119/SC4에 국제규격(NWIP N758: Hardmetals - Knoop Hardness Test)을 제안하고 WG 활동을 계획하고 있다. 제안 규격은 Knoop 압입자를 사용하여 초경합금의 경도를 측정하는 것으로 Vickers로 측정할 경우 모서리 파손에 따른 경도 측정 오차가 발생하는

문제점을 해결할 수 있다. 이외에도 우리원의 경상연구과제로서 금속분말의 탭밀도를 육안으로 판정하던 기존의 방법을 개선하여 CCD 카메라의 영상으로 분석하여 측정할 수 있는 방법을 개발하였으며 곧 국제 규격으로 제안할 계획이다.

향후 ISO 규격은 분말야금 산업의 응용분야가 확대되고 성능 평가 방법이 발전됨에 따라 재현성 있는 평가를 위한 샘플링방법의 규격화부터 분말 및 분말야금 제품의 성능평가방법에 이르기까지 다양하게 제정될 것으로 예측된다. 특히 최근 나노 기술 발전 기반을 구축하기 위한 나노분말 소재의 길이, 입자, 박막에 대한 표준화가 활발하게 진행될 것으로 보이며 고부가가치 공정으로 주목받고 있는 나노분말 제조와 특성 평가 및 실험상 기술에 대한 집중적인 표준화가 요구되고 있다.

그러나 국내의 분말야금 업체는 대개 경험이 적고 소규모이어서 일본, 미국, 독일 등 분말야금 선진국과 비교하여 매우 낙후되어 있다. 이러한 원인으로는 국내의 분말야금 시장이 좁고, 그나마 국외 시장개척의 노력이 부족하기 때문이다. 또한 분말야금공정에 관련된 원료분말의 제조 및 응용품목에 대한 기초적인 연구와 개발이 부족하였기 때문이다. 따라서 선진국들과의 이러한 격차를 줄이려는 적극적인 지원과 투자가 요구되나, 모든 분말야금 분야에 대한 대규모의 투자는 현명하지 못한 것으로 판단된다.

대신 선택과 집중의 관점에서 비교적 최근에 개발되어 선진국과의 기술격차가 적은 신기술 위주로의 지원이 필요하다. 대표적으로 나노분말을 응용한 산업 또는 실험상 제조기술 등은 향후 복잡, 소형화 및 복합기능화 되는 통신, 정보기기 및 기능성 소재 등 고부가가치를 창출할 수 있는 분야에 직접적으로 응용이 가능한 중요한 기술이다. 따라서 이러한 분야로의 선도적인 연구와 표준화 및 응용제품의 개발로 국내시장의 확대 및 해외시장의 선점을 위한 구체적인 전략이 수립되어야 할 것이다.

후기

분말야금 산업동향 자료 정리에 도움을 주신 서울산업대학교 오승탁 교수님께 감사의 말씀을 드립니다.

참고문헌

- 1) 기술표준백서, 산업자원부 기술표준원, 2003
- 2) 특허청 보도자료, 2002
- 3) 기술뉴스브리프, 한국과학기술정보원, 2002
- 4) 失野經濟研究所, "2002 년도 金屬粉末射出成形(MIM)시장의 現狀と將來豫測", 2002.
- 5) 포항산업과학연구원 사이트 (<http://www.rist.re.kr>)

