

## PM 향후 50년 전망

본 고에서는 최근 미국분말야금협회에서 발간한 특집 “Fifty Years of Service to Powder Metallurgy 1944~1994”에 게재된 “금후 50년의 분말야금”을 발췌하여 소개하고자 한다.

(산업과학기술연구소 김용석 박사, 편집위원)

1944년 이래 분말야금업계는 여러 분야에서 괄목할만한 성장과 성공을 거두어 왔다. 그러나 향후 50년간 분말야금업계는 어떻게 변화할 것이며 그 전망은 과연 어떠한가? 이와같은 질문이 분말야금계의 몇몇 뛰어난 전문가들에게 문의되었고, 그들은 향후 전망에 대한 그들의 의견을 조심스럽게 피력하였다.

Hoeganaes Corporation의 기술담당 부사장인 K. S. Narasimhan 박사는 서기 2044년에도 분말야금은, 컴퓨터 혁명과 대단히 유연해질 생활양식에도 불구하고 중요한 역할을 할 것으로 전망한다. 제조법은 각계 각종 소비자들의 다양한 부품요구와 특수용도에 부응하기 위하여 혁신적으로 변화될 것으로, 분말 및 부품생산과 조립에서 실시간(real time)을 제어하기 위하여 센서류가 광범위하게 사용될 것으로 그는 예측한다.

Narasimhan 박사는 분자모델링이 발전하여 원자층 격층(atom layer stacking) 개념이 합금설계에 응용될 것으로 본다. 최종적으로 요구되는 기능을 지닌 한 개의 부품이 여러가지 다른 소재로부터 제조되는 것이 가능해질 것으로, 여러 다른 합금이 섞인 제품이 통상적으로 생산될 것으로 예측한다. 분무성형과 사출성형법의 발전은 혼성부품(hybrid parts)의 생산을 또한 가능케 할 것이고, 냉간 및 열간 등압성형, 브레이징, 다단 사출공정, 사출성형과 종래의 P/M이 결합되어 원하는 최종 부품이 유연성 있게 제조될 것으로 그는 내다본다.

재질특성 데이터들은 인공지능 네트워크로 통합될 것이다. “백지위에서 어떤 한 부품을 설계하면 이는 다자간에 상호 작용되는 모드(multi-interactive mode)를 통하여 분말 제조업체와 부품 생산업체에게 곧바로 전달되어 리드타임이 현재의 1/4로 줄어드는 상황을 상상해 보십시오. 이와같은 작업단계

가 가상현실 시스템을 통한 부품 성능시험과 연계되면 프로토타이핑(prototyping)과 시험은 없어지게 됩니다”라고 Narasimhan 박사는 말한다.

Powder-Tech Associates의 사장인 Leander F. Pease III 박사는 2044년경에는 사람들이 어떻게 여행할 것인지 궁금해한다. 그는 석유를 연료로 하는 내연기관이 계속 쓰이기는 하겠지만, 환경오염이 민감한 지역에서는 전기자동차나 수소연료 자동차가 요구될 것으로 예측한다.

산업체들은 궁극적으로 분말소재로부터 경량의 세라믹 제조에 성공할 것이고, 이로부터 경제성이 높고 소음이 적은 엔진이 생산될 것으로 그는 보고 있다.

그는 “1994년에 우리는 원자들이 안정된 형태로 어떻게 서로 결합되는지를 예측하기 시작했다; 즉, 소재를 설계하기 시작했다. 2044년의 신소재들도 설계될 것이고, 이들 신소재들이 입자들(particles)로부터 조립될 것은 거의 확실하다”라고 말한다. 그는 또한 상온 초전도체의 등장도 예측하고 있다.

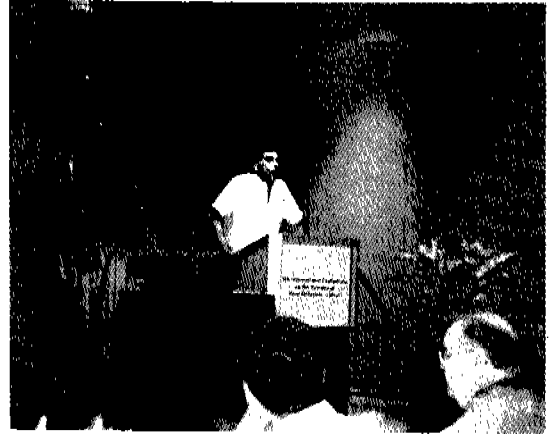
Pease 박사는 앞으로 좀더 많은 자동화가 이루어질 것으로 보고 있고, 소량의 부품을 경제적으로 생산할 수 있는 유연성을 지닌 자동화 생산 시스템의 출현을 기대한다. 그는 미래에는 좀더 효과적으로 P/M 공구를 제작할 필요성이 제기될 것으로 본다. “아마도 우리는 공구강의 레이저 소결과 레이저 용발(ablation)에 의한 열처리와 마무리 작업 공정을 미래에 보게 될 것이다”라고 그는 말한다. 그는 레이저 소결법을 CAD 설계가 곧바로 1차 시제품이나 공구로 변형되는 데스크탑 제조기술로 여긴다.

Pease 박사는, 공장의 OEM 설계 엔지니어가 모델과 CAD 시스템을 통하여 공정 엔지니어와 P/M 부품 판매업자와 직접적으로 관계하며 일하는 모습

을 쉽게 상상할 수 있다고 말한다. 그들은 함께 일하며 대단히 빠르게 P/M 제조를 위한 설계를 끝낼 수 있게 될 것이다. 부품설계의 정보는 곧바로 자동화된 제조공정을 거치게 된다. 부품 제조업자가 고객을 방문하지 않고 부품을 설계하게 되면 판매 가격을 낮출 수 있고, 짧은 수명의 제품을 경제적으로 생산할 수 있게 된다.

Drexel 대학의 Allan Lawley 교수는 프레스링, 소결, 고밀도 재료를 포함한 주요한 전체 P/M 공정의 완전한 실시간 공정 제어(real time process control)를 예견한다. 그는 또한 분무성형공정, 신속한 프로토타이핑, *in-situ* 소재제조, 미분소결, nano 소재, 금속간 화합물과 금속 또는 세라믹 복합재료 등의 완전한 상업화를 예견한다. 외에도, 그는 P/M 소재의 선택과 응용을 위한 포괄적인 on-line 자료 은행(date bank)이 널리 이용될 것과 금속소재를 대신한 분말로 제조된 인성강화(toughened) 세라믹제품의 광범위한 사용을 예견한다. 현재 책, 학회 발표논문집, 학술지 등의 형태로 이용되는 기술문헌들은 전자메일의 형태로 배포될 것이다. Lawley 교수는 또한 경사기능재료, 적층 구조재(structural laminates), 고강도 소결 경화강, 높은 비강도 소재와 다기능 전자소재의 상업화를 예견한다.

펜실베이니아 주립대학교 재료공학과와 Brush Chair Professor인 Randall M. German 교수는 2044년에 P/M 업계는 더욱 성장하고 다양한 새로운 분말의 개발과 더불어 P/M 기술이 더욱 정교해질 것으로 예상한다. 기계부품들은 더욱 작아질 것이고 철강소재의 비중은 낮아질 것으로 그는 내다본다. German 교수는 광학과 전기시스템들이 운송, 상업, 통신분야를 좌우하게 될 것이며, P/M 제품의 열적, 광학적, 자기적, 음향학적, 전기적 그리고 전기기계적 성질은 더욱 중요하게 여겨질 것으로 예견한다. 세라믹, 복합재료 그리고 금속은 새로운 시장을 목표로 새로운 회사들에 의해 생산된 분말 소재들(particulate materials)로 점차 대체될 것이다. 이들 신소재들은 많은 화합물과 합성물들이 특정한 목적을 위하여 매우 정교한 조성으로 혼합될 것으로, 그는 열관련 소재로 알루미늄-나이트라이드-이트리아를, 절삭공구로 다이아몬드 금속간화합물을, 고강도를 위하여는 타이타늄 다이보라이드-알루미늄을, 알루미늄 강화 세라믹 음향 시스템, 테프론-니콜 자동



윤활(self-lubricated) 다이, 고온 부식에 대한 금속간 화합물 등을 신소재의 예로 든다.

German 교수는 종래의 P/M 회사의 규모는 이와같이 더욱 큰 시장에 초점을 맞춘 새로운 회사의 규모에 비하여 작아질 것으로 보고 있다. 그는 종래의 P/M 산업은 명목상으로는 실질적 사업규모에서나 더욱 축소될 것으로 보고, 이들 새로운 분야가 실질적으로 성장을 주도할 것으로 내다본다.

그는 또한 분말들은 현재보다 훨씬 더 정교하게 처리될 것으로 예견한다. 소결공정은 대기압 플라즈마 시스템, 마이크로웨이브 가열, 전기방전(electrodischarge) 콤팩션 등의 효율적인 에너지 활용기술을 통하여 대단히 빨라질 것이다. “미래의 두 가지 커다란 변화는 공구가 필요없는 기술을 통한 빠른 생산이다”라고 그는 말한다. “분말들은 이미 새로운 선별적 레이저 소결 공구(selective laser sintered tools)들에 사용되고 있다”.

3차원 복사기의 등장은 논리적인 추론이 될 수 있다. 부품이나 부품의 컴퓨터 이미지를 이 기계에 넣으면 기계가 레이저나 전자빔을 이용하여 복사품을 만들어 내게 된다. “개개의 자동차 수리 공장들은 각각 소규모 P/M 공장들이 될 것이다”라고 그는 생각한다. 잉여 부품들은 따로 저장되지 않고, 그보다는 CAD 파일들이 저장되어 이들 파일들로부터 필요한 부품은 즉시 만들어질 것이다. 그는 “우리는 보통 만족할만한 복사본을 만들어내는 복사기를 널리 사용하고 있다. 그렇다면, 완전히 같은 제품은 아니더라도 매우 유용한 복사품을 만들어 낸다는, 같은 개념을 왜 부품에는 적용 못하겠는가?” 또

다른 분야로 German 교수는 폴리머, 세라믹 그리고 금속의 결합을 생각한다. 그는 P/M 업계가 세라믹 업계에 비하여 분말을 성형하는데 폴리머를 사용하는 점이 미흡했다고 본다. 폴리머를 사용하여 분말을 복잡한 형태로 성형하는 방법으로는, 단순한 사출성형법만이 아닌, 슬립캐스팅, 슬러리, 테이프 캐스팅 그리고 압력여과(pressure filtration) 등의 여러 방법이 있다. 그는 미세한 금속분말의 개발과 함께, 매우 정밀하게 치수를 제어하며 쉬고, 성형하고, 소결하는 기술이 개발되면 이 분야가 매우 발전할 것으로 보고 있다. 크고, 복잡하고, 만들기 어려운 많은 제품들이 이러한 분말-폴리머 성형 기술로 만들어질 것으로 그는 예견한다.

2044년까지 P/M은 여전히 중요하고 활발한 업계로 남겠지만 자동차 시장에 대하여는 그렇지 못할 것이라고 Metal Powder Products, Inc.의 기술담당 이사인 Howard Ferguson씨는 예측한다. 그는 “나는 그 시점에서 P/M은 다른 부품의 제조단위(cell)와 조립작업과 결합된 매우 유연성이 있는 제조단위공정(manufacturing cell process)이 될 것으로 본다”라고 말한다.

Ferguson씨는 컴퓨터에 의해 제어되며, 직접적인 공구동작이 가능한 콤팩팅 프레스를 지닌 커다란 단위(cell)를 예견한다. 콤팩트된 부품들은 자동화된 설비에 의해 신속 소결장(마이크로웨이브, 고주파유도, 레이저)으로 옮겨지고, 이어서 여러 후처리 공정을 통해 최종 형태로 보정된다. 이같은 전 작업은 초기의 호스트 컴퓨터 입력을 제외하고는 무인화 공정으로 진행되게 된다.

P/M 업계는 종래의 소재기술로는 충족될 수 없는 특수한 재질특성을 지닌 소재와 부품의 주문생산에 좀 더 많이 관여케 될 것이다.

세라믹, 금속간 화합물, 폴리머들은 각기 독특한 성분으로 모두 함께 쓰여지게 될 것이며, 나노 스케일 분말의 레이저 소결이 일반화될 것이다. 분말야금학자들은 분말 엔지니어(희망컨데, 로봇이 아니길)들의 자리를 만들어 주기 위하여 선사시대의 공룡들이 간 길을 걷게 될 것이다.

이상의 내용은, 약간의 상상은 가미되었으나, 단순한 억측만은 아닌 예견된 미래이다. 전문가들의 견해가 과연 옳을까? 시간만이 말해줄 것이다.