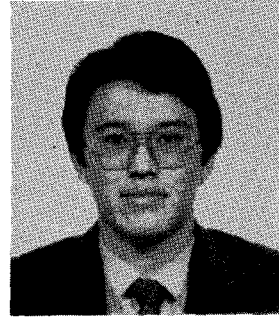


尖端技術 어디까지 왔나

金屬粉末 射出成形技術의 최근 動向(1)



金慶洙

〈産業技術情報院 責任研究員〉

目 次

- I. 머리말
- II. MIM의 특징 및 종류
- III. MIM의 제조공정
- IV. 시장 및 업계 동향
- V. 맺는말

〈고딕은 이번 號, 명조는 다음 號〉

I. 머리말

金屬粉末射出成形技術(Metal Injection Molding, 以下 MIM)은 미국의 R.E.Wiech, Jr. 박사가 1960년대 부터 시작된 로켓용 고체 연료의 개발과정에서 착안, 공업화한 것으로, 종래 粉末冶金과 달리 금속분말을 유동성 물질(바인더)과 혼합, 혼련하여 플라스틱처럼射出成形한 후, 燒結함으로써 각종 금속부품을 제조하는 독특한 방법이다.

MIM은 금속분말의 새로운 성형법으로 1980년대 들어 미국에서 본격 실용화되기 시작하였으며, 이후 일본, 유럽 등에도 보급되어 종래 기계가공, 다이캐스팅, 분말야금, 로스트 왁스(Lost Wax)법에 이은 제5세대의 금속가공기

술로서 각광을 받고 있다.

本稿에서는 최근 시장규모가 매년 급속히 신장되고 있는 MIM에 대해 그 특징, 제조공정, 기술 및 시장동향 등을 중심으로 소개한다.

II. MIM의 특징 및 종류

1. MIM의 특징

현재 복잡한 形狀의 금속부품을 제조하는 가공기술로는 절삭가공, 정밀주조(로스트 왁스), 다이캐스팅, 後加工을 전제로 한 종래의 분말야금 등을 들 수 있다.

이 중 절삭가공은 본질적으로 제거가공이기 때문에 量産성과 코스트면에 문제가 있으며, 로스트 왁스법은 절삭가공할 수 없는 복잡한 形狀의 부품을 제조할 수 있지만, 작고 정밀한 부품의 경우는 高價로 되며, 또한鑄型을 부품 성형시마다 만들어야 하기 때문에 1만개 이상의 대량생산에는 적용이 곤란하다. 다이캐스팅(Die Casting)은 알루미늄, 아연 등의 低融點合金 이외에는 적용이 불가능하며, 제품의 강도, 耐熱性에도 문제가 있다. 분말야금도 기본적으로는 2차원 形狀의 부품밖에 제조할 수 없으며, 3차원 形狀의 부품을 제조할 경우는 後加工 등이 필요하기 때문에 코스트가 상승하게 된다.

한편 MIM은 射出成形과 燒結工程을 조합한

것으로, 기존가공기술과 달리 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

(1) 금속분말을 有機바인더와 혼련하여 사출성형하기 때문에 종래 분말야금으로 제조할 수 없었던 3차원 形狀의 복잡한 부품이나 소형, 정밀부품을 쉽게 양산할 수 있다.

(2) 사용하는 금속분말의 粒徑이 평균 10 μ m 이하로 미세하기 때문에 단 1회의 燒結만으로 95%의 높은 燒結密度를 얻을 수 있으며, 또한 燒結部品은 강도, 延伸率, 충격치가 높고 靱性を 갖는다.

(3) 高融點 재료를 비롯한 難加工材, 복합재료 등 다양한 금속재료로 부품을 성형할 수 있

다.

(4) 燒結部品은 $\pm 5\%$ 이내의 높은 치수 정밀도가 얻어지며, 또한 表面粗度가 양호하고 도금, 浸炭 등의 표면처리도 직접 적용할 수 있다.

<표1>은 MIM의 특징을 각종 금속성형 가공법과 비교한 것이다.

2. MIM의 종류

일반적으로 MIM은 금속분말을 바인더(Binder)와 혼합, 혼련하여 사출성형하고, 다시 성형체로부터 바인더를 제거한 후 燒結하는 공정으로 각종 부품을 제조하지만, 이러한 분말의 射出成形은 금속분말 뿐만 아니라 최근 뉴세라

<표1> 金屬粉末射出成形(MIM)과 各種成形法の 비교

제조방법 항목	금속분말사출성형	분말야금	로스트왁스	다이캐스팅	
성형방법	사출성형	프레스성형	鑄造	鑄造	
金屬 粉末	粒徑	5 μ ~15 μ	50 μ ~100 μ	Al, Zn 합금 融點: 300~400 $^{\circ}$ C 강도: 약함 경도: 낮음	
	形狀	球形	불규칙형상		
	價格	현재 분말야금용보다 5~10배 고가, 장래 저렴해질 가능성이 있음	저렴		
바인더의 량	많음	적음	-	-	
재사용	Green Parts 단계까지 가능	불가능	가능	가능	
수축률	약18%	3% 이하	작음	작음	
제품	형상	3차원의 복잡형상	2차원의 단순형상	복잡형상가능	복잡형상가능
	상대밀도	92~97%	80~85%	~100%	~100% 비중 6~7g/cm ³
	延性	높음	낮음	중	소
	충격치	높음	낮음	중	소
	機密性	양호	불량	양호	양호
	後處理	도금, HIP 등 가능	불가능(표면처리를 위해서는 92%의 밀도로 할 필요가 있음)	가능	경화처리는 불가능
	價格	단순형상은 고가이지만 後加工의 절감 등으로 전체코스트는 저하	단순형상은 저렴하지만 複雜形狀의 경우 後加工 공수의 증가로 전체코스트 상승	소형부품은 고가	저렴
	量産性	10만개 가능	가능	불가능(2,000~5,000개/월)	가능
	表面粗度	양호	중	불량	중
	중량	1~20gr(소)	5~50gr(중)	10~5kg(대)	5gr~1kg

믹스 분말의 성형법으로도 큰 화제를 모으고 있다.

세라믹스 분말의 경우, 사출성형기술은 대부분 프로세스 자체에는 特許 등의 제약이 적지만, 세라믹스 분말과 혼합, 혼련하는 바인더에는 성분 특허가 다수 출원되어 있으므로 실용화시에는 신중한 접근이 필요하다.

한편 금속분말의 사출성형기술(MIM)은 현재 바인더 시스템 또는 脫바인더(脫脂) 방식에 따라 크게 Wiech(Witec) 프로세스, Rivers(Cabot) 프로세스, AMAX 프로세스, 기타 일반 MIM 프로세스의 4종류로 구분되며, 특히 앞의 세가지 프로세스는 각각 특허로 출원되어 있다.(미국특허 4197118, 4305756, 4404166, 4113480, 4765950).

R.E.Wiech, Jr. 박사가 개발한 Wiech(Witec) 프로세스는 초기에는 금속분말을 10%(중량)의 왁스 및 열가소성 수지로 혼합, 혼련하여 사출성형한 후, 성형체로부터 제1단계에서 溶劑 抽出法으로, 제2단계에서는 加熱揮散法으로 脫바인더하였지만, 이후 毛細管狀의 吸收孔을 갖는 Wick를 병용하는 加熱脫脂防式으로 개량되었다.

Rivers프로세스는 메틸셀룰로스, 글리세린, 붕산 및 물로 이루어진 수용성 바인더를 사용하며, 사출성형후 성형체는 금형내에서의 加熱揮散에 이어 100℃에서의 乾燥를 통해 비교적 짧은 시간내 脫바인더된다.

AMAX 프로세스는 왁스 및 열가소성 수지 등의 바인더를 사용하며, 성형체의 脫바인더는 저온의 메틸클로라이드 용제로 바인더의 약 70% 정도를 추출한 후 다시 나머지 바인더를 燒結時 加熱揮散시키는 방법으로 매우 짧은 시간내 脫바인더가 이루어지도록 하고 있다.

또한 기타 일반 MIM 프로세스는 세라믹 분말의 사출성형과 마찬가지로 왁스, 열가소성 수지외에 가소제, 윤활제 등을 바인더 성분으로 하고, 가열회산법 등으로 脫바인더하는 방식이다.

III. MIM의 제조공정

〈그림 1〉은 MIM의 기본적인 제조공정을 나타낸 것으로, 각 공정별 역할과 기능을 요약하면 다음과 같다.

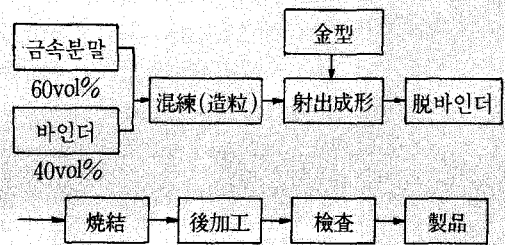
(1) 원료조달 : 분말의 선택(재질, 粒徑, 形狀 등)과 바인더의 성분, 배합(결합제, 가소제, 윤활제 등)의 결정

(2) 혼합, 混練, 조립 : 원료분말, 바인더의 균일한 분산촉진(균질한 컴파운드化)과 사출성형에 적합한 유동성 부여 및 조립

(3) 사출성형 : 장치설계(스크류 형상, 금형 구조 등) 및 사출성형 조건과의 최적화에 의한 무방함, 무변형, 성형체의 확보

(4) 脫바인더(脫脂) : 성형체로부터 바인더만을 제거하기 위한 방법의 선택과 그 조건 설정의 최적화에 의한 건전한 脫脂體의 신속 확보

〈그림 1〉 MIM의 제조공정



(5) 燒結 : 균질, 치밀하고 건전한 燒結體의 확보 및 필요한 치수 정밀도의 달성

1. 原料粉末

원료분말은 바인더와 혼합, 혼련하여 그 혼합물(컴파운드)을 射出成形機 성형할 때의 유동특성, 성형체로부터 바인더를 제거할 때의 脫脂特性 및 形狀維持特性, 燒結時的 燒結特性, 또한 치수 정밀도, 제품 품질 등을 감안하여 선정된다.

(1) 분말의 粒度

종래 분말야금에서는 粒徑 50~80 μ m의 粒度가 비교적 큰 분말을 사용하며, 치밀하고 미세한 분말은 金型의 손상을 가져오고 壓粉體의 강도가 낮다는 점 등으로 그다지 사용되지 않지만, MIM에서는 일반적으로 粒徑 5~15 μ m

의 미세한 금속분말이 사용된다. 분말의 粒度가 작을수록 컴파운드의 유동성이 좋고, 컴파운드 중의 분말충전률을 높일 수 있으며, 燒結後의 수축률과 소결체의 표면조도를 작게 할 수 있다. 또한 粒度가 작을수록 소결밀도를 높일 수 있지만, 너무 미세하면 脫脂特性이 나빠지고 분말의 코스트가 높아진다.

(2) 분말의 形狀

MIM에서는 球形에 가까운 금속분말이 사용된다. 분말의 형상은 球形에 가까울수록 컴파운드의 유동성이 좋지만, 성형체의 강도가 약하고, 금형에서의 離型 및 취급, 금형 캐비티에 壓入할 때의 流路(스푸루, 런너, 게이트: 성형체에는 필연적으로 殘存) 처리시 변형이나 파손되기 쉽고, 脫바인더시 자체 무게로 形狀變化가 일어나기 쉬우므로 주의를 요한다.

(3) 분말의 재질

MIM의 카보닐법(Carbonyl process)으로 제조되는 카보닐 분말, 아토마이징 및 기계적 분쇄법으로 제조되는 분말이 사용된다. 재질로는 현재 양산부품의 경우 카보닐철분말, 혹은 특성향상을 위해 카보닐 Ni 분말을 첨가한 철-니켈계 합금분말, 스테인리스강 분말이 주로 사용되고 있다. 또한 고속도로공구강, 규소강, 초경합금, 티타늄합금, 텅스텐 및 몰리브덴합금 분말 등의 이용도 연구개발되고 있으며, 향후 각종 복합재료나 금속간화합물에 대한 수요도 예상되고 있다.

2. 바인더(Binder)

MIM에서는 원료분말과 함께 바인더의 선정이 무엇보다 중요하다. 바인더는 사출성형시 원료분말을 균일하게 壓流시키고 금형내에서 경화하여 원료분말을 固化시키는 역할을 하며, 통상 금속분말 약 60vol%에 대하여 약 40vol%의 바인더가 첨가된다.

바인더에 요구되는 성질로는

(1) 소량 첨가로 높은 유동성을 부여하고 사출성형성이 좋을 것

(2) 사출성형시 온도변화에 대해 粘度가 크게 변하지 않을 것

(3) 금형으로부터 離型성이 좋을 것

(4) 성형 후 성형체의 강도가 클 것

(5) 금속분말과 화학반응이 없을 것

(6) 脫바인더성이 좋을 것

(7) 분해온도가 혼련온도, 성형온도보다 높을 것

(8) 반복사용할 수 있을 것

(9) 燒結品の 殘留炭素 제어가 용이할 것

(10) 독성이 없을 것

등으로 다양하다.

바인더의 이러한 역할과 요건은 단독 물질로는 충족되기 어려우며, 기본적으로 결합제, 가소제, 윤활제 등의 복수물질이 첨가, 혼합(바인더 시스템) 되어 사용된다. 여기에서 결합제는 금속분말을 결합시켜 유동성을 부여하고 사출성형을 가능하게 하는 것으로 열가소성 樹脂, 왁스가 사용되며, 가소제는 성형성을 개선하기 위해 첨가된다. 또한 윤활제는 유동성을 더욱 향상시키고 동시에 금형 표면과의 마찰저항을 감소시켜 금형으로 부터 離型성을 개선하는 것으로, 왁스류는 윤활제로도 사용된다.

현재 바인더 시스템은 여러 종류가 제안되어 있지만, 크게 R.E.Wiech, Jr에 의해 개발된 열가소성 수지와 왁스의 혼합체를 주요 성분으로 한 것과, R. D. Rivers에 의해 개발된 미틸셀룰로스의 겔화 현상을 이용한 水溶性 바인더의 2종류로 구분할 수 있으며, 전자가 주류를 이루고 있다. 사용하는 수지의 종류, 조성, 배합비 등은 각사의 노하우 및 특징으로 되어 있다.

바인더 시스템은 최근 계통적인 연구가 이루어지고 있으며, 즉시 사용할 수 있는 바인더 시스템도 시판되고 있다. 그러나 현시점에서 모든 점을 만족시킬 특별한 기능이 요구되는 것도 있어 더욱 많은 연구개발이 필요하다. 특히 중요한 포인트는 원료분말에 대한 첨가량을 여하히 적게 할 수 있는가란 점과, 脫바인더 방법에 적합한 성분을 선정하는 점이다. <계속>