

# MIM공법을 적용한 고중량 부품 제조기술에 대한 연구

## A Study on the heavy-duty product manufacturing by using MIM process

\*김제현<sup>1</sup>, #전성준<sup>2</sup>, 도준석<sup>2</sup>, 정희진<sup>1</sup>, 김승진<sup>3</sup>

\*J. H. Kim(kimman79@ghi.re.kr)<sup>1</sup>, #S. J. Jeon(jsj@krmim.com)<sup>2</sup>, J.S.Do<sup>2</sup>, H.J.Jeong<sup>1</sup>, S.J.Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(재)경북하이브리드부품연구원, <sup>2</sup>케림금속(주), <sup>3</sup>(주)씨엠티

Key words : Metal powder, Injection molding, Binder, Debinding

### 1. 서론

금속사출성형(Metal Injection Molding)은 최근 본격적으로 상용화되기 시작한 신 공정 기술로서 전통적인 분말야금기술과 정밀 플라스틱 부품 생산기술인 사출성형기술을 접목한 공정이다. MIM은 정밀하고 복잡한 형상의 금속 제품을 플라스틱 성형기술로 제조할 수 있는 기술로서, 형상이 복잡하고 생산량이 많을수록 높은 가격 경쟁력을 가질 수 있다.

그러나 MIM공법의 최대 단점은 고중량 제품 생산이 어렵다는 것에 있다. 현재까지 최대 생산 중량은 40g 이하로 소형 정밀 제품에 주로 적용되어 왔으며, 자동차 같은 대형 부품용으로는 해외 일부 고급 차종 외에는 적용된 적이 거의 없다. 그러나 최근 나노급 파우더, 바인더 등의 기술이 크게 개선되면서 고중량 제품 제작에 가능성이 높아지고 있으며, 이에 MIM공법을 적용한 고중량 제품 개발 기술에 대한 연구를 수행하였다.

MIM공법으로 상당한 크기와 강도의 제품을 개발하기 위하여 소재 분석 및 결합제 개발 등의 연구를 수행하였으며, 평가를 실시하였다.

### 2. 소재분석

MIM공정에는 크게 스테인레스 스틸 계열과 페로니켈(Ferro-Nickle)계로 나누어지며, 주로 사용되는 소재는 SUS316L, SUS304, SUS630, SUS420J2, SUS440C, Fe-2%Ni, Fe-7%Ni등이 있다. 연구를 위한 후보 소재로는 자동차 부품에 일반적으로 많이 사용되는 SCM415에 대응할 수 있는 Fe-2%Ni와 한 단계 높은 강도의 Fe-7%Ni, SUS630으로 하였다.

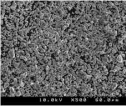
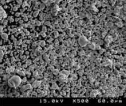
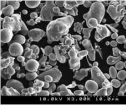
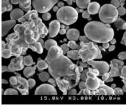
먼저 Fe-2%Ni와 SUS630의 SEM 형상분석을 하였다. 두 소재 분말 모두 구형을 나타내고 있지만,

입도에 있어 동일 규격임에도 불구하고 Fe-2%Ni이 다소 작게 나타나고 있다. 그러나 이러한 입도의 차이는 공정상에 문제를 발생시킬 정도의 차이는 아니다.

소재분석결과 Fe-7%Ni의 경우는 SCM415에 대비해 과도한 강성을 가지게 되며, SUS630의 경우 Cr의 함량이 높다. 그리고 결정적으로 두 개 소재 모두 Ni가 5%가량 추가로 포함되어져 원부소재의 원가를 고려했을 때 부적당한 것으로 고려된다.

따라서 분석자료 및 여건사항을 감안했을 때, SCM415 소재에 대응하기 위한 MIM소재로는 Fe-2%Ni가 적절할 수 있다.

Table 1 Shape Analysis Using SEM

	Fe-2%Ni	SUS630
X500		
X3000		

### 3. 결합제 개발

40g 이상 중량의 부품을 MIM으로 제조하기 위해서는 사출을 위한 금속분말의 유동성을 확보하고, 탈지 시 100% 제거가 가능하고, 액상과 고상의 젖음성이 좋으며, 최종 단계에서 형상을 유지시킬 수 있는 신규 결합제가 필요하다.

최적 결합제 비율을 위하여 각 탈지방법 및 성분, 요건들을 감안하여 총 5개의 혼합비를 구성하여 유동성, 사출성, 탈지성에 대해서 테스트 후 분석하였다.

유동성 평가를 위하여 각 결합제와 금속분말을

혼합하여 점성을 측정하였다.

Table 2 Viscosity evaluation results

No.	주요 성분						유동성 평가결과
	A	B	C	D	E	F	
#1	47	25	25	0	3	0	9
#2	47	20	30	0	3	0	9
#3	0	12	0	60	3	25	7
#4	0	12	0	80	0	8	5
#5	0	3	0	90	0	7	3

테스트 결과 1,2번 성분배합의 결합제가 가장 유동성이 좋은 것으로 나타났으며, 3번 성분배합의 결합제는 1,2번과 대비해서는 유동성이 떨어지지만 공정상 문제는 없을 정도로 나타났다.

사출성 평가를 위하여 결합제별로 동일한 금속 분말과 함께 고온에서 혼합한 후 테스트품을 제작하였다.

Table 3 Injection evaluation results

No.	사출성 평가 항목			
	플로우 마크	웰드 라인	기포	사출강도(N)
#1	8	2	0	30
#2	8	1	0	32
#3	3	2	0	75
#4	3	1	2	76
#5	4	2	1	85

테스트 결과 3번 성분배합의 결합제가 기포발생은 0이면서 플로우마크 및 웰드라인이 작은 것으로 나타났다.

마지막으로 탈지성 평가를 위하여 5mm이상 제품에 대해 우수한 특성을 나타내는 촉매탈지 공정을 결합제별로 적용하여 테스트 하였다.

Table 4 Debinding evaluation results

No.	탈지성 평가 항목			
	탈지율	크랙	부품	변색
#1	91	발생	발생	없음
#2	90	미미	발생	없음
#3	94	없음	없음	없음
#4	95	없음	없음	없음
#5	97	없음	없음	없음

테스트 결과 3~5번 성분배합의 결합제가 불량율이 높은 탈지율을 보이는 것으로 나타났다.

각 유동성, 사출성, 탈지성 테스트 결과를 바탕으로 고중량 제조에 가장 적합한 성분배합의 결합제를 최종 선정하였다.

#### 4. 평가

최적 소재 및 결합제를 적용한 테스트품에 대해서 평가를 수행하였다. 신뢰성 평가는 테스트 품에 대한 비파괴 검사와, 인장시험을 수행하였다.

비파괴 검사 결과 Fig.1과 같이 1~2번, 4~5번 결합제를 사용한 테스트품의 경우 일부 기공 및

Crack이 발생하였으며, 3번 결합제를 사용한 테스트품의 경우에는 불량률이 0%인 것을 확인하였다.

인장시험을 위하여 Fig. 2와 같이 "MPIF Standard 50"의 시편을 MIM공정과 개발 결합제를 적용하여 제작하였으며, 인장시험을 위하여 별도 지그를 제작하여 적용 하였다.

6개 시편으로 인장시험을 실시한 결과 최소 인장값이 988 MPa로 기준 소재인 SCM415 대비 강도가 우수한 것으로 나타났다.

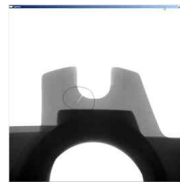


Fig. 1 NDI

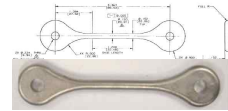


Fig. 2 Tensile test specimens

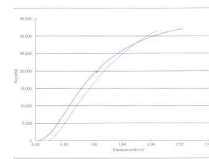


Fig. 3 Tensile test result

#### 5. 결론

MIM 공법을 적용하여 고중량의 제품 생산을 위해서 적용 가능 소재에 대한 분석을 실시하였으며, 최적 소재 후보군을 선정하였다. 또한 최적 성분 및 혼합비를 적용한 바인더를 개발하였으며, 신규 바인더에 대한 유동성, 사출성, 탈지성을 테스트 하여 최적 조건을 확인하였다.

비파괴 검사 결과 최종 결합제 및 MIM 공정 적용 시 50g 이상 제품도 불량없이 제조가 가능함을 확인하였으며, 인장시험 결과 기준 소재 대비 동등 이상의 물성도 확보한 것을 확인하였다.

#### 후기

본 연구는 지역산업기술개발사업 수행결과의 일부이다.

#### 참고문헌

- Joan M. Adams, "Characterization of Polymeric Binders for Metal Injection Molding (MIM) Process," , 2007
- 김형준, "카보닐 철분말의 금속사출성형," 서울대학교, 1992