

# Tin powder 23 nm의 열간 압출에 의한 고밀도 예비 성형체 제작 Fabrication of high density preform using Tin powder 23 nm hot extrusion process

\*이상진<sup>1</sup>, 이경훈<sup>2</sup>, 이정민<sup>3</sup>, #김병민<sup>4</sup>  
\*S. J. Lee<sup>1</sup>, K. H. Lee<sup>2</sup>, J. M. Lee<sup>3</sup>, #B. M. Kim(bmkim@pusan.ac.kr)<sup>4</sup>  
<sup>1, 2, 3</sup>부산대학교 정밀가공시스템공학과, <sup>4</sup>부산대학교 기계공학부

Key words : Hot Extrusion, Compaction, Miniature gear, Tin Powder

## 1. 서론

최근 마이크로 부품 생산이 증대되고 있으며 이러한 마이크로 부품은 의료, 센서, 전자기기 등에 여러 가지 형태로 응용되고 있기 때문에 나노 분말의 활용성이 더욱 커지고 있다. 따라서 본 연구에서는 나노 분말을 이용한 미세기어 제작에 초점을 맞추어 연구하였으며, 이는 초미세 제품에 다양하게 응용 될 수 있다.<sup>1</sup> 현재까지 마이크로 기어 가공은 주로 MEMS 또는 LIGA 방법에 의해 제작 되었으며 소재는 폴리머 또는 플라스틱인 경우가 많았다. 이러한 방법은 설비비가 많이 드는 단점과 대량생산이 불가능 하였다. 본 연구에서는 열간 압출 방법을 이용하여 Tin (230 nm) 분말의 피치원 지름 1.5 mm인 스피어 기어 형상의 예비 성형체를 제작 하였다. 이 예비 성형체를 소결하여 정밀한 형상 및 강도를 지닌 기어를 제작하기 위해서, 양호한 표면 형상과 높은 상대밀도를 갖게 하는 것이 중요하다. 이에 따라 압출 공정 변수인 온도, 다이 반각, Ram 속도에 따른 영향 및 초기 소재의 상대밀도에 따른 영향 등을 기초 연구 하였다.<sup>2,3</sup>

## 2. 실험 장치 및 실험 조건

실험에 사용한 분말은 Tin 분말로 순도 99.9 %, 평균 입도 230 nm 그리고 spherical 형태를 갖으며, 폭발 성형법으로 제조 되었다. 또한 분말 표면에 산화막으로 2 nm 정도 코팅 처리 하여 공기 중에서 반응하지 않도록 안정화 처리 되었다. 압분체는 상대밀도 0.84, 0.85, 0.86 가 되도록 각각 1.48, 1.33, 1.18 g씩 Tin 분말을 compaction mold에 넣고 일축 가압 성형하였다. 압분체 사이즈는  $\Phi 4.8$ , 높이 12 mm이며, 압분체 제작시에 접촉 및 점착 방지 및 표면 미관 향상을 위하여 이형체를 사용하였다.

압출 장치는 AISI H-13 소재이며 와이어 방전가공 하여 Fig. 1 과 같이 펀치, 컨테이너, 다이, Backer 를 제작하였다. 기어 형상은 기어 잇수 6, 모듈 0.25, 치외경 2 mm, 피치원 지름 1.5 mm, 압력각 14.5°이며, 다이 랜드부 길이는 1 mm 이다. 다이 반각은 30, 45, 60, 90° 로 제작 하였고, 압출비는 모두 10.2:1 이다. 실험 조건은 Table 1 과 같으며, 공정 변수는 온도, Ram 속도, 다이반각과 압분체의 초기 상대밀도로 이루어져있다.

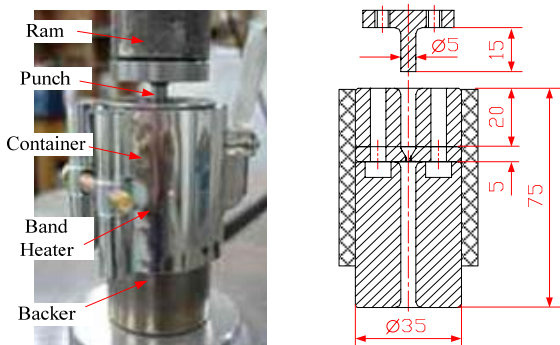


Fig. 1 Extrusion equipment

Table 1 Conditions for hot extrusion

Hot extrusion conditions	Values
Temperature (°C)	100, 120, 140, 160
Relative Density	0.84, 0.85, 0.86
Die angle(°)	30, 45, 60, 90
Punch speed (mm/min)	60, 120, 240

## 3. 실험 결과 분석

Table 1 조건에 따라 압출된 형상의 표면과 단면은 Fig. 2 에 나타내었고, 압출 하중은 Fig. 3 에 나타내었다.

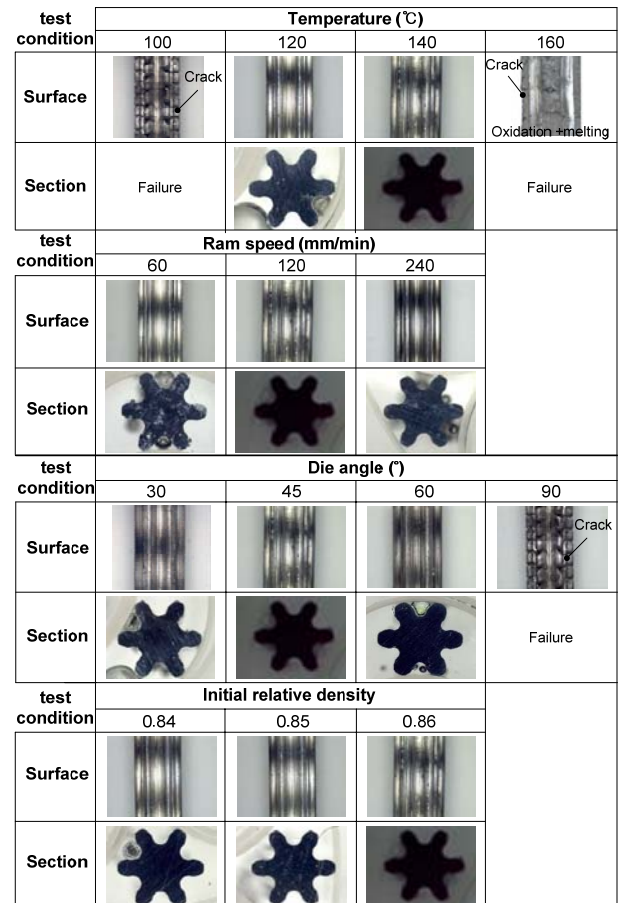


Fig. 2 Shapes of extruded powder

온도 증가에 따라 압출 하중이 감소하였으며, 100, 160°C 에서는 표면에 크랙이 발생되었다. 표면 크랙 발생원인으로는 소재와 다이 랜드부 벽면 사이의 마찰에 의해 소재 외부와 내부의 속도차에 의한 것이다. 따라서 이러한 마찰을 줄이기 위하여 온도를 높여 압출 하중을 줄여 압력에 의한 점착을 방지 해야 한다. 또한 압출 전에 다이에 이형체를 분사하여 소재가 점착되는 것을 방지하여야 한다. 160°C에서는 하중은 감소하였으나 높은 온도로 인해 압출

시편 표면에 크랙 및 산화가 일어나 기어 이빨 부분의 형상을 제대로 갖추지 못하였고 색이 변하였다.

Ram 속도를 60, 120, 240 mm/min 로 변화시켜 실험한 결과 Ram 속도가 증가함에 따라 하중이 증가하였다. 이는 압출속도가 증가하면 단위 시간당 가해지는 일도 커지기 때문이다. 또한 압출 속도가 너무 크면 소재 재료가 압력에 의해 온도가 상승하여 표면에 초기 용융을 일으킬 수 있기 때문에 적절한 속도로 가공하는 것이 좋다.

다이 반각은 30, 45, 60, 90°로 변화시켜 실험한 결과 다이 반각이 증가할 수록 하중이 크게 증가하였다.<sup>4</sup> 30~60°에서는 양호한 기어형상 및 단면을 보였으나 다이 반각 90°에서는 표면 크랙이 발생하였다. 이는 전단변형이 심하고 압출 하중이 크게 작용하여 압분체와 다이 사이의 마찰에 의해 다이랜드부에 소재의 점착이 주기적으로 발생하였기 때문이다.

또한 초기 압분체의 상대밀도 0.84, 0.85, 0.86 으로 변화시켜 실험하였다. 실험 결과는 Fig. 4 와 같이 상대밀도가 낮을 수록 압분체의 압축에 의해 압출이 지연되는 경향이 있으며 초기 질량이 낮으므로 압출 길이가 짧아져 마찰력 저하로 인해 하중을 감소시킨다. 그러나 초기 상대밀도가 낮을수록 압출 된 시편의 상대밀도가 감소하므로 소결 공정에서 예비 성형체의 변형이나 비틀림을 발생시킬 수 있다. 따라서 초기 상대밀도를 높이는 것이 상대밀도를 증가시키는 데 유리하다고 판단하였다.<sup>5</sup>

이 반각 30°C, Ram 속도 120 mm/min, 초기 상대밀도 0.86 이며, 이때의 예비 성형체가 가장 높은 상대밀도 값을 가진다.

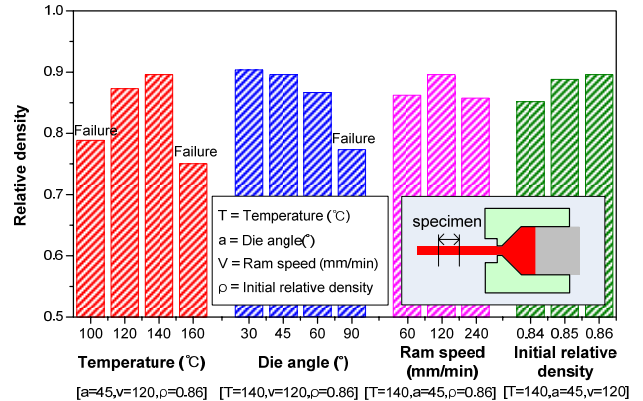


Fig. 5 Relative density for each condition

4. 결론

본 연구에서는 스퍼 기어 형상을 갖는 예비 성형체의 형상 정확도와 밀도 분포를 향상 시켜 소결 공정시에 부품의 일그러짐 현상을 방지하는 것을 목적으로 본 연구를 수행하였다. 그 결과 온도 및 초기 상대밀도의 증가에 따라 압출된 시편의 상대밀도가 증가하였고, 다이 반각이 감소할수록 상대밀도가 증가하였다. 또한 본 연구의 실험결과 상대밀도 0.9 정도의 높은 밀도를 나타내었다. 이는 소결시 수축에 의한 형상 변형을 크게 줄일 수 있음을 의미한다. 앞으로는 더 높은 상대밀도를 갖는 예비 성형체를 제작하기 위해 압출비를 크게 하여 연구 할 것이다. 또한 예비 성형체를 소결하여 본 실험 조건에 대한 영향을 평가할 것이다.

후기

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 국가핵심연구센터 사업(R15-2006-022-03003-0) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. 소대섭, 김경호, 반응병, 이일형, “나노복합재료,” 한국과학기술정보연구원, 2002.
2. S. Shima., “A study of Forming of Metal Powders and Porous Metals,” 1975.
3. 황병복, 이호용, “금속분말의 압축생형의 소성이론 정립 및 유한요소법을 이용한 금속분말 성형공정 해석,” 한국과학기술재단, 1997.
4. 오성국, 임용택, “분말 소결금속의 전방압출에서의 치밀화에 관한 연구,” 대한기계학회지, 92,161-165,1992.
5. 오홍국, 이정근, “소결 금속의 압출에 관한 연구,” 대한기계학회지,84,57-64,1984.

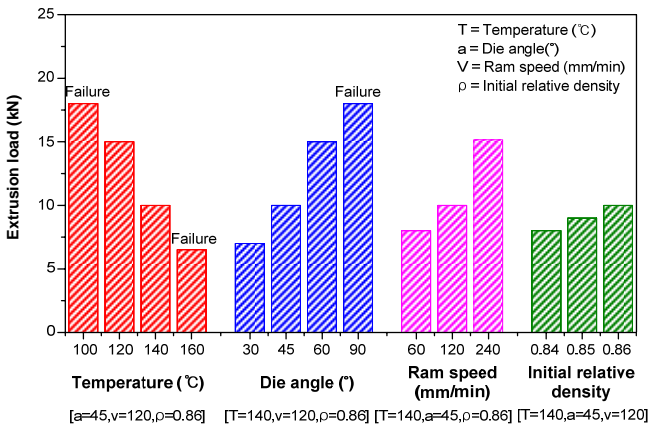


Fig. 3 Extrusion load for each condition

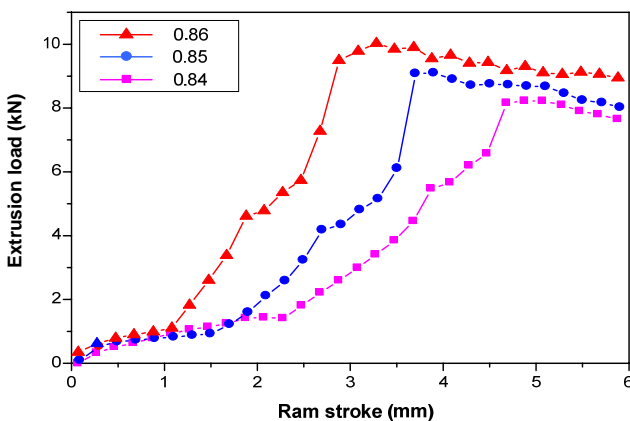


Fig. 4 Extrusion load for each initial relative density

압출된 소재의 상대밀도가 소결 공정에 큰 영향을 미치므로 각 조건별로 압출된 시편의 초기 부분과 끝 부분을 각각 2 mm 씩 잘라낸 다음 상대밀도를 측정하였다. 그 결과 Fig. 5 와 같이 압출 온도가 높을 수록 다이 반각이 작을 수록 높은 상대밀도를 갖는 예비 성형체를 제작할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 최적의 공정조건은 온도 140°C, 다