韓國精密工學會 2002年度 秋季學術大會論文集 pp.308~311 KSPE 02F129

세라믹 형을 이용한 통기성 금형제작

김경래*, 정성일(부산대원), 정해도(부산대 교수),
이석우, 최헌종(한국생산기술연구원), 박영진(영남소결금속)

Rapid Tooling of Porous Metal Mold using Ceramic Mold

K. L. Kim, S. I. Chung(Precision and Mech. Eng. Dept., PNU), H. D. Jeong(Mech. Eng. Dept., PNU),
S. W. Lee, H. J. Choi(KITECH), Y. J. Park(Young Nam Sinter Metals Co.)

ABSTRACT

Removal of gas in a mold has been a big problem in pressing mold or in injection mold. Air vent has been used to solve the problem, but it has weak points such as the increased cost, the increased number of process, and vent marks on the surface of a product. In this study, the sintering method and rapid tooling method are used for making porous metal mold. Porous metal mold has many open pores, which are very small. When porous metal mold is used for pressing mold or injection mold, all process would be made short, produce cost would be down, and vent marks would be not leaved on the surface of a product. Characteristic of Porous material varies from sintering conditions, which are the length of sintering time, sintering temperature and sintering atmosphere etc. This study will find optimized sintering condition for the porous metal mold.

Key Words : Air Vent(공기구멍), Sintering Method(분말야금 법), Porous Metal Mold(통기성금형), Rapid Tooling (쾌속금형제작기술)

1. 서론

금형을 사용하는 것은 하나의 금형으로 다수의 동일한 성형체가 얻어진다는 것을 의미하고, 대량생산에는 그 위력을 충분히 발휘하고 있다. 하지만 석유 위기 이후부터 시작된 다품종 소량생산의 시대는 금형을 사용하는 소형재 가공에서는 대단히 엄격한 시대가 왔다고 할 수 있다. 즉 하나의 모델 생산이 감소되면 고가의 금형은 생각할 수 없고, 제품 가격이 차지하는 금형비의 비율은 증대하며, 다른 가공방법에 비하여 경쟁력이 저하된다. 또한 금형은 일반적으로 개발, 설계, 가공을 포함하여 그 제작에 상당한 장시간을 필요로 한다. 하지만 다품종 소량생산은 동시에 제품의 라이프 사이클(life cycle)을 단축시키며, 모델교환이 빈번하고 제품개발 기간의 단축 때문에 단납기 금형에 대한 요구로 나타난다[1]. 현재까지 금형 및 정밀부품의 제작은 거의 절삭에 의존해 왔는데, 이러한 절삭공정은 높은 치수정밀도를 얻을 수 있는 반면에, 가공시간 및 비용 문제 때문에 정밀부품 및 금형의 시작품 제작에 있어서 절삭을 대체할 수 있는 공정에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다[2]. 이러한 관점에서 발달한 기술들 중에서 대표적인 것이 쾌속조형기술(Raipd prototyping)을 이용한 쾌속금형제작기술(Rapid tooling)이다. 본 논문에서는 쾌속금형제작기술과 분말야금 기술을 도입하여 통기성 금형을 제작하고자 한다.

현재 사용되고 있는 많은 주조용 금형, 가압프레스용 금형, 사출금형 등에서 공통적으로 문제화되고 있는 것이 금형 내의 공기나 유해가스들이다. 이러한 내부 공기가 적절히 빠져주지 않는다면 제품표면에 결함이 발생하게 되고 결과적으로 제품의 질을 떨어뜨리게 된다. 따라서 내부공기 제거를 위해 금형제작시 수퍼드릴(super drill)이나 와이어 커팅(wire cuttiong) 등으로 에어벤트(air vent)를 금형에 직접 뚫거나, 플러그 식 에어벤트를 끼우고 있다. 하지만, 이런 에어벤트의 수는 금형 하나 당 적게는 수 십 개에서 많게는 수 백 개에 이른다. 이로 인해 금형 단가나 납기가 늘어나는 것은 당연한 결과로 나타난다.

반면, 통기성 금형이란 금형내부에 무수히 많은 미세한 기고을 내포하고 있어 따로 에어벤트를 만들지 않아도 내부 공기를 원활히 배출시킴으로써 양질의 제품을 생산할 수 있는 금형을 말한다. 이러한 통기성 금형을 쾌속금형제작기술을 통해 보다 빠르고, 보다 값싸게 제작하고자 한다.

2. 통기성 금형제작

2.1 세라믹형 제작

본 논문에서 간이 세라믹 형을 제작하기 위해 사용된 공정은 슬러리 캐스팅(slurry casting)이다[3]. Fig.1에서 보는 바와 같이, 슬러리 캐스팅은 세라믹 분말과 유기 바인더를 혼합하여 만든 슬러리를 간이 형에 흘려 넣은 후, 건조, 탈지, 소결의 과정을 거쳐 제품을 얻는 공정이다. 슬러리 캐스팅은 분말이 아닌 슬러리를 이용하여 캐스팅하기 때문에 표현 가능한 형상의 제한이 적고, 일반적인 세라믹의 가공에 비해서 공정과 비용을 줄일 수 있다는 장점이 있다.

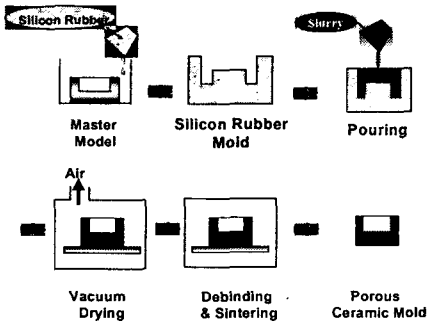

Fig.1 Process of slurry casting

2.2 통기성 금형제작

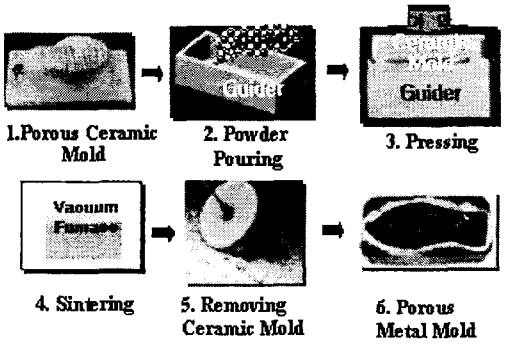

Fig.2 Process of porous shoe metal mold

본 논문에서는 통기성 금형을 제작하기 위해 분말야금 기술이 도입되었다. 다공질 재료의 제작은 분말야금 기술의 특유의 것으로서 분말 입도, 가압력, 소결온도, 소결시간 등을 적당히 선정하던가, 융점이 낮은 금속분 또는 저온에서 증발비산하는 유기물분을 미리 소량 혼합함으로써 균일한 다공질재가 얻어지며 다공도를 적당히 조절할 수가 있다[4]. 본 과제에서 사용한 분말은 Sn 10%와 P 0.38%가 함유된 청동분말을 사용하였다. Fig.2는 통기성금형 제작의 전체 공정을 나타낸 것이다.

2.2.1 가이드(Guider) 제작

가이드는 성형시 파우더의 외곽형상을 잡아주기 위한 것이다. 가이드 역시 세라믹형으로 제작이 가능하나 세라믹형의 강도가 약하여 반복사용이 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 카본(carbon)을 절삭가공하여 가이드를 제작하였다. 카본 가이드는 열전도도가 좋아 소결성이 뛰어나고, 단단하여 반복작업이 가능하다.

2.2.2 파우더 성형

일반적으로 분말을 성형하여 압분체를 얻는다는 것은 원하는 형태를 만들어 운반시에 손상이 없고 소결작업에 지장이 없을 정도로 굳히는 것을 말한다. 압분체를 만들 때의 가압력의 크기는 상온 가압시 일반적으로 최소한 1t/㎠이상의 압력이 필요하다[4]. 하지만 본 논문에서는 높은 밀도의 소결제품을 얻고자 하는 것이 아니라, 적당한 표면 조도를 가지는 정도에서 최대한 내부기공을 함유하는 통기성 제품을 제작하는 것이 목표이다. 또한 성형 후 세라믹형과 함께 분말을 소결하기 때문에 소결전 이형작업이 필요가 없다. 따라서 통기성 금형제작 공정에서는 최소 성형압력의 제한이 없으므로, 본 논문에서는 세라믹형을 분말에 삽입 후, 분말이 패턴의 세밀한 곳까지 전사가 가능하도록 가볍게 진동을 가하여 내부기공이 최대한 유지가 되도록 성형을 하였다.

2.2.3 소결

소결로 내 분위기를 유지하는 방법에는 분위기 가스를 사용하는 방법과 진공분위기를 유지하는 방법이 있다. 가스를 사용할 경우 폭발의 위험성과 가스 유지비가 많이 든다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 진공분위기 상태에서 소결하였다.

온도 상승 속도는 20℃/min이며 냉각 속도는 12℃/min 이며, 소결온도는 800℃, 850℃ 그리고 900℃ 등 50℃ 간격으로 변화시켰다. 소결시간은 30, 40, 50, 60 분으로 10분 간격으로 하였다.

2.2.4 이형

소결이 끝나면 가이드에서 소결체와 간이 세라믹형을 분리시킨 후, 고압세척기로 간이 세라믹형을 소결체에서 제거해 낸다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 통기도

통기도의 측정은 시편을 두께 5㎜, 지름20㎜가 되게 준비한 다음 Fig.3에서 보는 바와 같이 진공흡입구에 위치시키고 진공펌프를 이용하여 1000cc의 내부공기를 시편을 통과시켜 제거한다. 이 때 진공게이지 값이 -760㎜Hg까지 떨어지는 데 소요되는 시간을 측정한 다음 통기도식에 의해 구하였다.

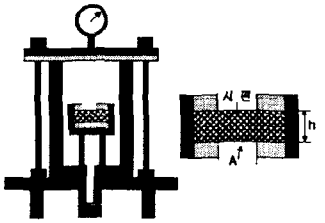

Fig. 3 Permeability tester

$$\text{통기도} = \frac{V \cdot h}{P \cdot A \cdot t}$$

여기서,

P : 수주높이 (cm·Hg)
V : 통과 시킨 공기량 (㎤)
A : 시편의 단면적 (㎠)
h : 시편의 높이 (cm)
t : 통과 시간 (min)

Fig.4, Fig.5에 각각 소결온도와 소결시간의 변화에 따른 통기도 변화를 나타내었다. 그래프를 살펴보면 온도와 시간이 증가함에 따라 통기도가 감소함을 알 수 있다. 이 것은 소결온도가 높아지고 소결시간이 증가할수록 소결목(sintering neck)이 커지면서 기공의 크기가 작아지는 반면 내부 밀도는 증가함으로써 공기의 흐름을 방해란 결과로 볼 수 있다.

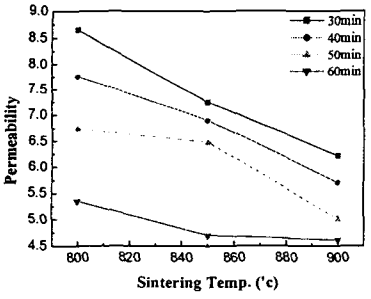

Fig.4 Permeability of sintering temp. condition

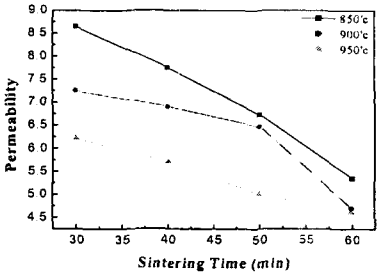

Fig.5 Permeability of sintering time condition

3.2수축률

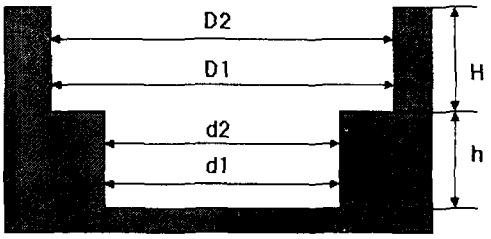

Fig.6 Master model

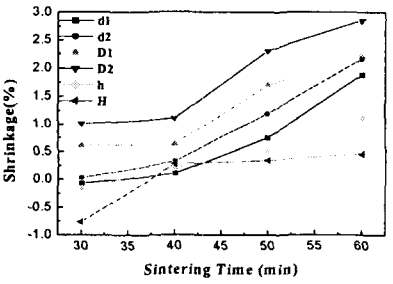

Fig.7 Shrinkage for sintering time at 800℃

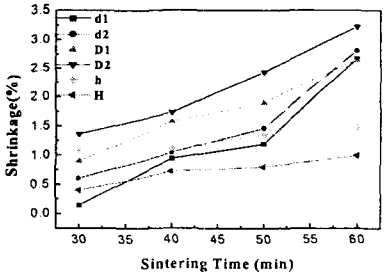

Fig.8 Shrinkage for sintering time at 850℃

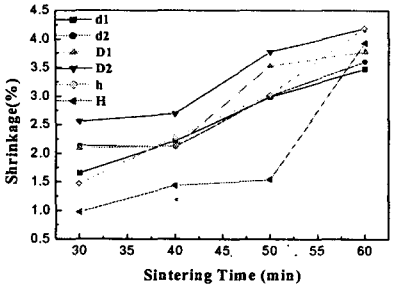

Fig.9 Shrinkage for sintering time at 900℃

Fig.6에 수축률 측정을 위한 마스터 모델의 모습을 나타내었다. D1, D2는 각각 80㎜, d1. d2는 각각 60㎜이며 H, h는 각각 20㎜이다. 측정은 프루브형 3차원측정기로 했으며 소결온도 800℃, 850℃, 900℃에서의 소결시간에 따른 수축률 변화를 각각 Fig7, Fig.8, Fig.9에 나타내었다.

3.3 경도

본 논문에서는 로크웰 경도의 B scale로 측정하였으며, 강구의 직경은 1/16in, 하중은 100kg으로 하였다. Fig.10, Fig.11에 각각 소결온도 및 소결시간의 변화에 따른 경도변화를 나타내었다.

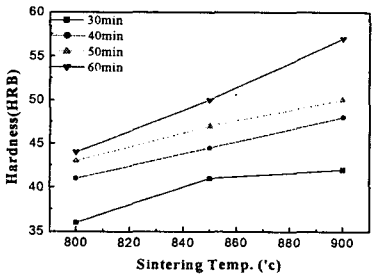

Fig.10 Hardness of sintering temp. condition

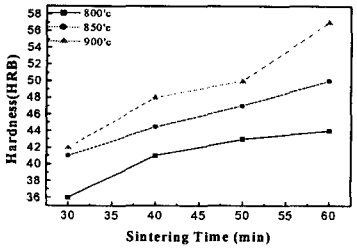

Fig.11 Hardness of sintering time condition

4.결론

본 연구의 수행결과를 정리해 보면 다음과 같다.

1. 통기성 금형의 특성을 평가하기 위해 통기도, 경도, 치수정밀도를 평가하였다.
2. 통기도 측정 결과, 4.6 ~ 8.6㎝/Hgmin 범위의 값을 얻을 수 있었다.
3. 수축률 측정 결과 800℃ ~ 850℃사이에선 대략 0.1% ~ 2%의 수축률을 보였고, 900℃에선 2% ~ 4%의 큰 수축률을 보였다.
4. 경도 측정 결과 35 ~ 60(HRB)의 값을 보였다.

Fig.12는 통기성 금형제작 공정에 의해 제작된 통기성 신발금형이다.

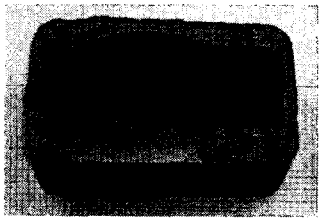

Fig.12 Porous shoe metal mold

후기

본 연구는 국제 IMS(Intelligent Manufacturing System)프로그램의 연구비 지원에 의해 진행되었습니다. 또한 세라믹 형 제작에 많은 조언과 도움을 주신 (주)기은캐스텍 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 손양언, 사출성형 금형설계, 기전연구사, p. 16, 1955.
2. Terry T. Wohlers, "Worldwide developments & trends in rapid prototyping & tooling", ICRPM'98, pp. 1-6, 1998.
3. 정성일, 통기성세라믹형을 이용한 알루미늄 정밀주조 제품의 쾌속 제작 구현, 부산대학교 정밀기계공학과 공학석사 학위논문, p. 2, 2000.
4. 김문일, 이동희, 분말야금 · 소결기구, 청문각, pp. 6-34, 1987.