

소결기술의 현재와 미래

본고는 J. Japan Society of Powder and Powder Metallurgy 최근호(Vol. 42, No. 9, 1995)의 "Today and Tomorrow of the Sintering Technology"를 번역, 편집한 글임.

(인하대학교 금속공학과 김목순 교수, 편집위원)

1. 서론

소결부품은 복잡형상품을 고정도로 대량생산이 가능하고 수율이 좋으며 제조에 필요한 소비 에너지가 적음과 동시에, 재료설계의 자유도가 크다는 등의 특징에 의해 수송기계용부품을 중심으로 생산량이 증대되어 왔다. 그러나, 국내(일본) 경기의 저미와 해외 생산의 증가 등에 의해 수송기계용부품은 '93년도에 처음으로 마이너스 성장을 기록하였다(그림 1). 이와 같은 배경속에서 소결부품의 확대를 위해, 생산량의 약 90%를 점하는 수송기계용 부품을 중심으로, 고강도화, 고기능화, 고정도화, 저코스트화의 기술이 개발되어지고 있는데, 이러한 소결기술의 개발상황에 대하여 소개하고자 한다.

2. 고강도화

소결부품은 수송기계를 중심으로 고강도화하는

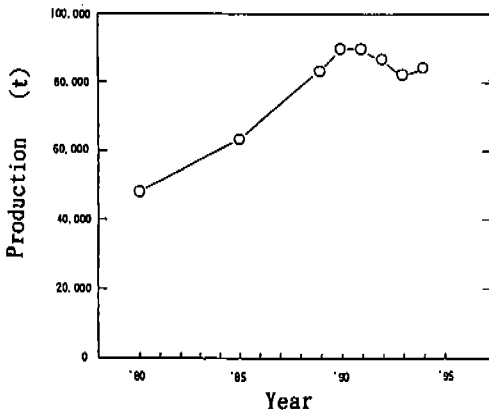


Fig. 1. Production of P/M parts for automotive application.

것으로 인해 그 적용 분야를 확대해 가고 있다. 고강도화의 수법으로서는 고밀도화 및 합금원소의 첨가에 의한 방법, 소결조건의 개량을 꼽을 수 있다. 고밀도화의 수법으로서, 원료적으로는 고압축성 원료의 개발, 제조공정으로는 2P-2S법(2번 프레스-2번 소결), 동용침법, 소결단조법 및 최근 개발된 온간성형법(Warm Compaction Process) 등이 있다. 고압축성 원료로서는, 압축성이 뛰어난 순철분의 돌레에 필요 성분을 부분 확산시킨 부분합금분이 개발되어져 있다. 일반적으로, 필요한 성분을 모두 완전 합금시킨 경우에는 경도가 높아져 성분밀도가 향상되기 어려우나, 부분합금의 개발에 의해 고밀도화, 합금원소의 균일화가 용이해져, 소결부품의 적용 분야가 크게 확대되고 있다.

2P-2S법은 1P-1S법으로 달성하기 어려운 7.3~7.5 g/cm³의 밀도를 얻기 위해, 800°C 전후의 가소결 후에 재가압을 행한 뒤 본 소결을 행하는 방법이다. 소결단조법과 비교하여, 종래의 설비를 이용할 수 있다는 잇점은 있으나, 1P-1S법에 비하면 공정이 늘어나는 만큼, 제조원가는 상승하게 된다. 이러한 관점에서, 최근 개발된 온간성형법이 주목을 받고 있다. 이 온간성형법은 특수한 윤활제를 첨가한 원소분말 및 금형을 150°C 전후의 온도로 가열하여 성형하는 방법으로, 1회의 성형으로 2P-2S법과 동등한 밀도인 7.4 g/cm³까지 올릴 수가 있다.

또한, 종래 설비에 가열 장치를 부과하는 것만으로도 고강도화가 가능하며, 그림 2에 나타난 소결 밀도와 제조원가로부터도 2P-2S법에 비해 우위인 것을 알 수 있으며, 고강도화의 수법으로써 실용화가 기대되어지고 있다. 합금원소의 첨가에 의한 고강도화 방법으로서, 첨가방법에 따라 요소분말법과 합금분말법의 두 종류가 있다. 요소분말법은 원료분말

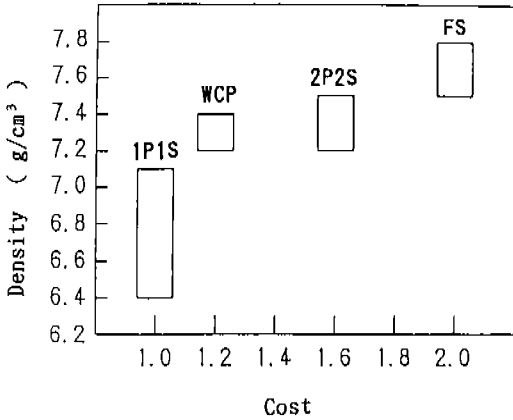


Fig. 2. Relationship between sintered density and production cost.

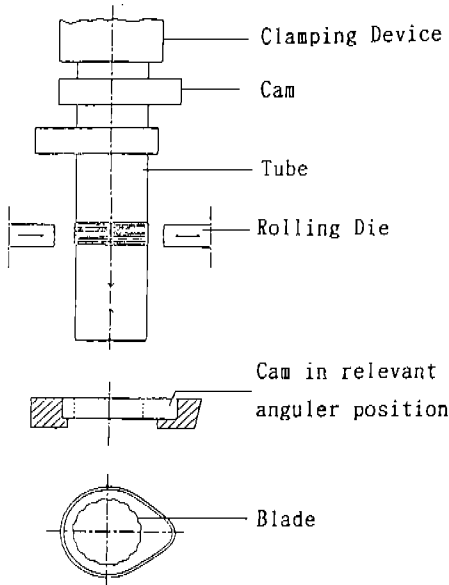


Fig. 3. Mechanical assembly camshaft.

의 압축성은 좋으나 소결시 조성의 균일화가 곤란하며, 합금분말법은 균일성은 우수하나, 전술한 바와 같이 압축성이 저하한다.

이러한 관점에서 전술한 부분합금이 개발되었던 것으로, 최근에는 소량의 첨가로는 압축성을 저해시키지 않는 Mo를 사용하여 완전합금분말을 제작한 후, Ni을 부분 확산시킨 합금분말도 개발되었다.

소결조건의 개량으로서, 종래부터 1300°C 전후에서 소결함으로써 고강도를 꾀하여 왔으나, 소결온도로부터 냉각 속도를 제어하여 2~5°C/sec 정도의

급냉을 행함으로써 열처리를 별도로 하지 않고도 고강도화를 달성하는 소결경화의 기술도 저코스트화의 요구에 부응하여 금후 확대되어질 것으로 생각된다.

3. 고기능화

재료의 고강도화에 의해 소결부품의 적용 분야를 확대하는 한편, 고기능화·고특성화에 의해서도 적용 분야를 확대할 필요가 있다. 즉, 단일 재료로서 대응이 곤란한 부품이나, 부분적으로 고성능화가 요구되는 부품에 관해서는, 이종재료를 복합화하는 기술이 필요해진다.

종래로부터 행해지고 있는 복합화기술로서, brazing법이나 소결시의 치수 변화차를 이용한 소결동시접합법, 액상소결시의 액상을 이용한 확산접합법, 이종 재료의 2층성형법 및 기계적접합법 등이 있다.

최근 개발된, 고정도/고신뢰성의 접합기술로서, 용접법(laser 용접, projection 용접)이 있으며 일부 실용화단계에있다. 소결재를 용접할 때 재료중의 기공존재에 의해 용접부에 결함이 발생하여 제품화가 곤란하였으나, laser 용접에 있어서는 적절한 용가재가 개발되어져 실용화가 가능케 되었으며, projection 용접에 있어서는 용접부형상 또는 용접조건의 최적화에 의해 신뢰성이 향상하여 판금부품과의 접합으로서 일부 실용화되고 있다.

전술의 brazing법 및 확산접합법을 적용한 예로서 조립방식에 의한 Camshaft를 들 수 있다. 이 방법은, 중공화에 의한 경량화 및 내마모성 향상 등의 잇점은 있으나 제조공정이 복잡하고 가격이 비싸지므로 적용 범위가 한정되어져 있었다. 그림 3에 도시한 방법은, 기계적으로 각 부품을 조립하는 방법으로, 종래의 방법에 비하여 자동화가 용이하며 양산성이 뛰어나다. 조립방식의 잇점인 경량화 및 내마모성재료의 선택의 폭이 크므로, 금후 점차적용이 확대될 것으로 기대된다.

소결온도차가 큰 이종재료의 소결법으로서 Hot press의 일종인 방전소결법에 의한 개발이 행하여지고 있다. 그러나, 본 방법은 품질안정성, 경제성, 양산성 등에 과제를 남기고 있으며 일반부품에 적용하기 위해서는 더 한층의 기술개발이 필요한 것으로 사려된다.

4. 고정도화, 저코스트화

소결부품의 고정도화, 저코스트화의 기술로서, 성형 프레스로 복잡제어축을 배치한 CNC(Computerized Numerical Control)제어가 실용화되어, 제품치수의 안정화, 압분체밀도의 제어, 성형결함의 제어가 가능하게 되어진 결과, 복잡한 다단성형에 의한 박육화, 경량화, 가공생략화가 실현되었다. 또한, 유한요소법 해석을 이용한 최적설계수법을 소결부품에 적용함으로써 경량화, 저코스트화가 실현되고 있으나, 그 위에 제조 프로세스에 있어서의 Simulation 해석기술이 필요하다고 생각된다.

성형공정에 있어서의 압밀 Process의 확립에 의해 압축시의 깨짐방지, 금형파손방지, 성형조건최적화에 요하는 시간단축, 제조의 신뢰성, 정도의 향상이 가

능해지며, 또한 소결공정에 있어서의 변형은, 종래에는 경험적 지식에 의해 예측되어지고, 시행착오에 의해 형상 및 소결조건이 결정되어졌으나, 변형에 대한 Simulation이 가능해지면 재압축없이도 정도 높고 저렴한 부품을 제작할 수 있을 것으로 생각된다.

5. 맺음말

국내(일본) 시장이 저미되고, 해외생산비용이 증가하고 있는 현상황에서, 소결부품이 금후 계속 발전하기 위해서는 고강도, 고기능화, 고정도화의 신기술과 소결의 특징인 재료설계의 자유도가 크다는 잇점을 살린 개발을 단시간에 달성하여 적용 분야를 확대시켜 나가는 것이 필요하다고 생각된다.