

〈기술해설〉

분말야금 제품의 마무리 작업

안 인섭 · 문 인형

한양대 공과대학 재료공학과

분말야금법에 의해서 제조된 제품의 표면처리 공정은 통상적으로 제조된 것들 - 주조품과 가공제품, 즉 주괴로부터 단조, 압연, 인발 또는 압출된 제품 - 과는 다르다. 이러한 차이점에 대한 이해를 돕기 위해 분말야금법으로 제품이 어떻게 생산되는지를 간단히 기술하고자 한다. 원료는 금속분말이며 여러가지 방법으로 제조할 수 있지만 그중에서 가장 중요한 방법에 대해서만 언급하겠다.

산화물 환원법은 고순도 철광석으로부터 탄소로 환원시킨 스피ن시상 철분말을 만드는 방법이다.

두번째로 중요한 분말제조법은 분사법이라 불리는 공정인데 용융금속류가 유체 - 공기와 같은 기체나 물과 같은 액체 - 의 흐름에 의해 미세한 입자로 깨어지고 응고되어 분말을 형성하는 것이다. 알루미늄, 주석 납과 같은 저융점 금속분말은 물론이고 몇몇 철강분말, 동합금분말등도 이 방법으로 제조된다.

전해석출법은 몇몇 등급의 동분말 제조에 사용되는 방법이다. 만약에 동전극에 의해 매끄러운 동의 침적이 생기도록 하려면 욕(浴)의 음극전류밀도와 농도가 조절되어야만 한다. 낮은 CuSO_4 농도와 높은 전류밀도를 이용하면 동분말야금의 원료로서 이용되는 스피ن시상의 수지상 침적물의 동분말을 얻을 수 있다.

분말야금의 다음 단계는 분말을 비교적 고압(2~8 ton/cm²)으로 다이에서 압축하여 성형체를 얻는 것이다. 성형체의 형태는 압력을 받는 다이 모양에 의해 결정되어진다. 이때문에 다소 복잡한 모양, 즉 캠, 기어, 레버 등은 금속분말로부터 원하는 모양으로 성형될 수 있다. 분말이 압축된 상태를 성형체 (green compacts)라 부른다. 이것들은 다소 부서지기 쉽고, 압력을 받는 금속분말이 경(硬)할수록 더욱더 부서지기 쉽다. 그러나 일반적으로 성형체는 손으로 다룰 수 있을 정도로 강하고 연속장입 식로에 넣어진 후 소결이 행해진다.

소결은 분말야금의 기본과정중 최종 단계이고, 높은 온도 - 성형체가 녹거나 형태를 잃어버릴 정도가 아니고 성형체보다 더욱 단단해 지고, 더 큰 인성과 연성을 부여하게 될 정도의 - 로 가열함을 의미한다. 또한 어떤 분말야금법을 적용할 경우에는 성형체가 수축하여 그들의 크기는 줄어들지만 그 형태는 유지된다. 대부분의 소결은 금속이 고온에서 산화물을 형성하므로 대기중에서가 아닌 보호성 가스 분위기에서 행해져야 한다.

이 글에서는 주로 구조품에 대하여 언급할 것이다. 이 구조품들은 수축이 일어나지 않거나 또는 일어난다 하더라도 미소한 수축이 일어나는 분말야금 제품이다. 이러한 것들은 분말야금법이 주조나

봉재가공과 같은 통상적인 방법보다 훨씬 경제적이므로 분말야금 방법으로 만들어진다. 만약 주조제품이 정밀한 치수를 가지기 위해서는 정밀주조방법, 즉 다이캐스팅이나 매몰 주조법을 쓰지 않는다면 거의 전체를 가공해야만 한다. 터닝, 드릴링, 밀링이나 평삭같은 가공처리는 봉재나 조악한 단조품등의 마무리작업에 필요하다. 반면에 부품들은 금속 분말로부터 매우 잘 조절된 치수여유를 가진 복잡한 형태로 성형될 수 있다. 또한 만약 소결시 이들 성형체들의 크기 변화를 좀 더 정밀하게 조절할 수 있다면 분말야금법에 의해 구조품들도 만들어 낼 수 있으며 이 구조품들은 마무리된 집합체로 조립되기 전에 가공처리가 약간 필요하거나 혹은 전혀 필요치 않을 것이다. 치수 변화가 0.5% 이하 정도로 적을 경우에는 소결시의 크기 변화를 조절하는 것은 매우 쉽다.

다른 한편으로 소결시 수축이 없거나 매우 적은 부품은 소결된 상태에서도 기공을 함유하고 있으므로 같은 조성을 가진 주조나 단조품보다 더 작은 밀도를 가지게 된다. 철, 강, 스테인레스강, 동, 황동, 청동, 니켈, 은, 알루미늄과 같은 모재(母材)로 만든 대부분의 구조품들의 소결 밀도는 이론치의 80~90% 범위에 있게 된다. 밀도가 높으면 높을수록 기계적 성질, 인장강도, 연성, 인성이 더 좋아지기 때문에 더욱더 높은 밀도가 바람직하다. 소결된 금속분말 구조품의 밀도를 증가시키는데에는 몇가지 방법이 있으나 이 모든 방법들은 제조 단가를 증가시킨다. 이런 방법이 사용되거나 안되는 것은 흔히 경제적인 문제이다. 구조품들은 소결 후에 재압축, 재소결되어 밀도가 이론치의 95% 이상까지 다다를 수 있다. 또한 철강구조품들은 동과 동합금으로 용침시켜서 대부분의 기공을 채워 거의 조밀한 부품이 되게 할 수 있다. 구조품의 밀도를 증가시키는 어떤 방법—소결체의 정밀고온단조와 냉간가공—은 부분적으로 이론밀도까지 얻을 수 있다. 그러나 소결체의 고온단조 및 냉간가공에 있어서의 기술적, 경제적 문제는 아직 완전히 해결되지 못하였으며, 아직 이 방법이 널리 이용되지 않고

있다.

구조품의 기공도는 이 부품의 마무리 작업에 관한 한 문제가 되면서도 좋은 점이기도 하다. 물론 철, 탄소강, 저합금강으로 만든 부품은 매우 제한된 내식성을 갖는다. 스테인레스강 분말로 부품을 제조하면 내식성은 크게 향상될 것이다. 304와 316 오스테나이트계 스테인레스강(18%Cr, 8% Ni와 17% Cr, 12% Ni, 2% Mo)의 조성을 가지는 분말과 저 탄소와 12% Cr을 함유한 철-크롬 조성을 가지는 분말은 성형과 소결에 이용할 수 있다. 그러나 스테인레스강 구조품은 같은 조성의 단조품 만큼의 좋은 내식성을 갖지 못하는데, 이는 부품의 기공이 틈부식을 증가시키기 때문이다. 단조품과 같은 정도의 내식성을 갖는 분말제품을 얻기 위해서는 상당히 높은 합금량을 가져야 한다.

분말로 만든 철, 순탄소나 저합금강 부품의 내식성을 향상시키는 한 방법으로 그 부품들에 기름을 주입시키는 법이 있다. 그러나 이 방법은 기름주입이 주는 부식저항 정도가 그리 크지 않고, 또한 부품 밖으로 흘러나오는 소량의 기름이 부품작용에 방해할 하지 않을때만 이용되어질 수 있기 때문에 그 응용이 제한되어 있다.

금속분말로 만든 구조품들은 전기도금이 될 수 있으나 그 기공때문에 몇가지 주의를 요한다. 전해액이 부품에 주입되는 것을 막기 위해 도금처리하기 전에 기공을 메워주어야만 한다. 도금처리후에는 철저한 세척으로 전해액의 대부분을 제거할 수 있으나 흔히 완전한 제거는 곤란하다. 만약 전해질이 부품을 도금하는 동안 기공밖으로 나온다면 이는 바람직하지 않은 침적층을 형성할 수도 있다. 이러한 이유로 시아나이드전해질에서 기공이 있는 부품을 도금하는 것은 명백히 인체에 해롭기 때문에 권할만한 것이 못된다.

최근에 성형체의 기공을 메울 수 있고 도금상의 통상적인 문제점들을 극복할 수 있는 폴리머 화합물들이 개발되었다. 부품들은 단일체나 혹은 부분적으로 중합체화된 액체 주입물로 채워진 다음 세척된다. 저온 중합 반응은 액체주입물을 고체로 변

화시킨다. 또한 철강구조품의 기공도는 기계침탄에 의해 표면경화되어질 때 고려되어야만 한다. 다공성부품들은 침탄처리할 때 일반적으로 표면에 탄소농도가 높고 중심부에 탄소농도가 낮아 열처리함으로써 표면은 내마모성을 갖고 중심부는 인성을 갖는 통상적인 양상을 띄지 않는다. 대신에 침탄가스는 부품의 내부로 침투해 들어가서 횡단면에 걸쳐 취성이 큰 고탄소조성을 갖게 한다. 이러한 결점은 만약 그 부품이 이론밀도의 90% 이상의 밀도를 갖게 되면 상당히 감소되는데 이러한 경우에는 만족할만한 표면-내부구조를 용이하게 얻을 수 있다.

마지막으로 기공은 몇몇 구조품들이 뿔질에 의해 하나의 집합체로 연결될때 결합이 된다. 뿔물질로 쓰이는 액체동, 동합금, 은합금등은 결합되는 부품간의 연결부 물질로 이용되는 반면에 뿔질될 부품의 기공으로 침투해 들어갈 것이다. 동용침시킨 철강부품들을 연결하여 뿔질함으로써 하나의 집합체로 결합하는 것이 가능하나 용침 및 납뿔물질의 정확한 투입량이 다소 문제가 된다. 금속분말 부품을 하나의 집합체로 결합시키는 또다른 방법이 있는데 이것은 연결될 부품들과 약간 다른 조성을 사용하는 것으로 하나는 소결하는 동안 다소 팽창하고 또 어떤 것은 약간 수축한다. 팽창하는 조성은 집합체의 내부에 사용되며 수축하는 조성은 외부에 사용된다. 부품들은 성형된 상태의 조성으로 결합되고 소결하는동안 아주 훌륭한 결합이 형성된다.

하지만, 분말야금 구조품에 있어서 기공은 언제나 결점이 되든 것은 아니라 어떤 이익을 제공하기도 한다. 기공이 있는 부품들이 어떤 마무리 작업에 의해 피복될때 그 부품의 표면 근처에 있는 기공들은 금속기지와 마무리처리층사이에 보다 나은 고착이 이루어지도록 한다. 이러한 것은 유기물처리뿐만 아니라 인, 크롬처리의 경우에서도 마찬가지이다.

철강 분말야금 구조품의 기공이 직접적으로 이용되는 하나의 마무리 작업이 있다. 이 작업을 증기처리라고 불리워 왔으며 부품들은 약 550°C의 온도

에서 건조증기로 처리된다. 그 증기는 부품의 표면과 반응하여 Fe_3O_4 을 형성한다. 부품들은 기공이 있으므로, 외부표면 뿐만 아니라 외부와 연결된 기공들이 상당량의 내부표면을 가지므로 이 기공으로 증기가 침투해 반응할 수 있다.

그러므로 Fe_3O_4 은 외부 뿐만 아니라 부품의 내부에 걸쳐서 골격을 형성하므로 그 산화물은 대단히 점착성이 좋으며 상당한 부식저항을 제공한다. 이러한 이유로 증기처리는 표면처리만이 아닌 실질적으로 부품의 기계적 성질을 변화시키고, 경도, 내마모성, 압축강도를 증가시킨다. 이러한 기계적 성질의 개선은 예를들어 분말제품인 충격흡수피스톤과 같은 제품을 증기처리하는 주된 이유이다.

분말야금 제품의 마무리처리에 관해 이 글에서의 주 관점은 소위 구조품에 대한 것이었다. 그러나 어떤 특수화된 표면처리가 다른 분말야금 제품을 위해 발달되었다. 여기서 간단히 논의하고 싶은 것은 초경합금의 표면처리에 대한 것이다. 초경합금들은 주로 절삭공구로써 사용되고 이 분야에 있어서 고속도강을 대체하여 많이 사용되고 있다. 비금속재료, 비철합금, 주철의 절삭용 초경합금들과 광업부문에서 쓰이는 암석굴착용 초경합금들은 80~90%의 텅스텐카바이드(WC)와 결합체로써 3~20%의 코발트(Co)로 되어 있다. 강절삭용 초경합금들은 TiC, NbC, TaC을 WC기지에 첨가하여야 한다. 이것은 공구들이 절삭하는 재료에 용착되거나上面마모되어지는 것을 방지하기 위해서이다. TiC를 함유한 재종들은 TiC를 함유하지 않은 것들보다 좀 더 좋은 내마모성을 갖고 있으나 이 향상된 내마모성은 낮은 인성과 연계된다. 탄화물상이 모두 TiC인 재종들은 유용하나 이것들은 단지 특수한 경우 즉 뛰어난 내마모성이 요구되고 낮은 인성은 크게 문제가 되지 않는 경우에만 쓸 수 있다. 최근에 TiC의 뛰어난 내마모성과 초경합금의 인성을 결합시킬 수 있는 방법이 발견되었다. 초경합금공구의 표면을 약 5μ 두께의 TiC층으로 피복시킨다. TiC층을 초경합금에 피복시키는 방법중의 하나가 다른 금속표면처리에서도 크게 각광받는 CVD(ch-

emical vapor deposition) 방법이다.

물론, 분말야금법은 금속제품 제조에 있어서 특수한 방법이다. 분말야금에 의한 제조는 단가를 낮출 뿐만 아니라 통상적인 제조방법에 의해 얻을 수

없는 성질들을 얻을 수 있다. 분말야금법의 이용은 계속적으로 증가되고 있으며 이와 더불어 이 제품들의 보다 향상된 마무리 작업을 위한 연구가 계속 진행되어지고 있다.