

# 휴대폰을 종이두께로 자동차 무게를 절반으로

글\_한유동 한국기계연구원 재료기술연구부 책임연구원 ydhahn@camp.re.kr

**요**즘 나오는 휴대폰을 보면 그 기능과 성능에 놀랄 때가 많다. 작은 단말기 안의 카메라, MP3, 게임 등 여러 기능들과 그 성능은 독립적인 제품과 별 차이가 없을 정도이다. 이와 같은 기술이 가능한 이유는 여러 기능을 담당하는 부품들을 소형화, 모듈화했기 때문인데, 이는 소재성형 기술의 한 예일 뿐이다.

소재성형기술은 기존 소재의 기능을 강화하고 제조공정을 개선해 우리 나라 주력산업의 국가경쟁력 강화를 위한 전략기술이다. 현재 전자통신용 고정밀 핵심부품, 자동차 부품을 비롯한 핵심 기계류 부품, 그리고 고분자 복합재료 등을 생산하는 과정에서 제조 원가에 상당한 비중을 차지하는 성형공정을 단순화하거나 부품의 특성과 정밀도를 향상시키는 새로운 공정 기술이 속속 개발되고 있다.

이전에는 상상도 못했던 전자 제품과 통신기기가 등장하고 있다. 정보를 교환하는 방법도 소리에서 영상으로 변모하고 좀더 많은 정보를 좀더 빠르게 주고받기 위해 전자·통신기기는 디지털화를 통해 업그레이드되었다. 전자·통신기기의 가장 큰 장점은 휴대성으로 언제 어디서나 정보의 습득과 교환이 가능하

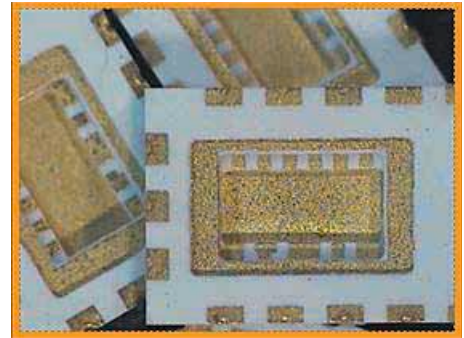
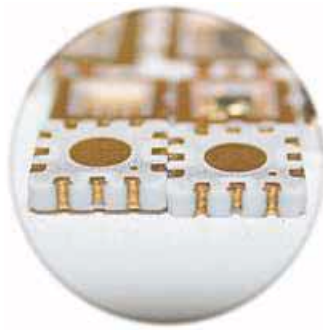
도록 발전되어 왔으며, 그에 부합해 작아지면서 그 기능과 성능은 향상되었다. 작아지기 위해서는 부품을 소형화해야 하는데 부품은 이미 더 이상 작게 만들면 오히려 가격이 상승할 뿐만 아니라 그 크기가 너무 작아 조립할 수 없는 수준에 와있다. 기존의 부품들은 초록색 인쇄회로기판인 PCB 위에 2차원적으로 꽂혀 조립돼 있기 때문이다. 예를 들어 단독주택만으로 도시를 개발할 때와 비슷한 현상으로 2차원적인 배치로는 더 이상 주택가격을 낮추기 힘들고 토지의 활용도가 떨어진다.

## ‘적층 모듈화’로 부품 소형화·고성능화

그렇다면 아파트처럼 꾸미면 어떻게 될까? 실제로 부품들을 3차원으로 쌓으면 크기가 작아지면서 성능은 우수해진다. 여러 종류의 부품을 집적해 아파트처럼 3차원으로 쌓아 하나(모듈)로 만드는 방법을 ‘적층 모듈화’라고 한다. 적층 모듈화에는 여러 재료간에 문제가 없는 새로운 재료 기술이 필요하고, 또한 설계에 따라 여러 모양을 구현해야 하기 때문에 고도의 성형기술이 필수적이다. 이전에는 PCB 위에 납땀으로 조리됐던 각종 소자들이 3차원으로 한 모듈내에

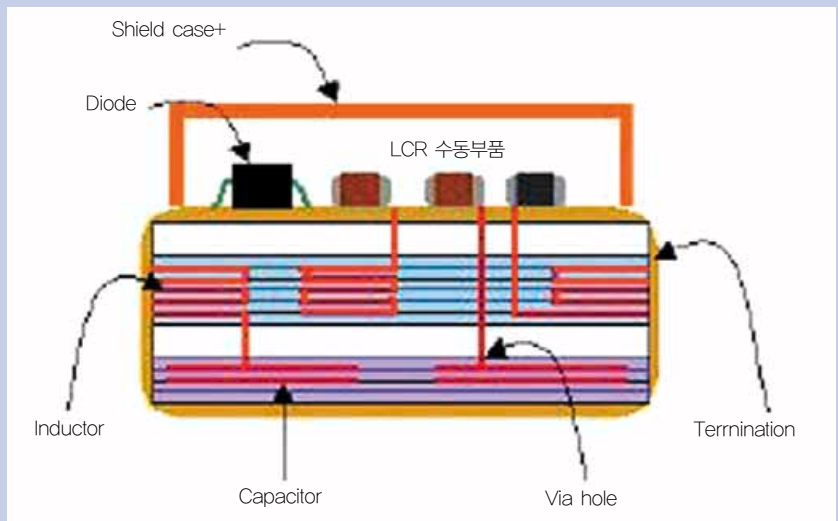
### 기획연재순서

- ① DNA
- ② 반도체
- ③ 자동차
- ④ 항공
- ⑤ 로봇
- ⑥ 차세대 전지
- ⑦ 토목
- ⑧ 바이오신약
- ⑨ 스마트 무인기
- ⑩ 인간유전체기능연구
- ⑪ 21세기 차세대 초전도기술
- ⑫ White Biotechnology
- ⑬ 지능형 교통시스템(ITS)
- ⑭ 나노바이오 융합 측정제어기술
- ⑮ 차세대 광통신 기술
- ⑯ 차세대 소재성형 기술



'녹아' 들어가는 것으로 각기 다른 기능을 가진 세라믹 판을 여러 층으로 쌓아 복합화하는 방법이다. 어떤 층들은 저항의 역할을 하고 또 다른 층은 커패시터(콘덴서) 역할을 한다. 고성능 컴퓨터, 통신 기기와 같은 제품에도 PCB를 다층으로 쌓는 기술이 쓰이지만 적층 모듈화는 이와 질적으로 다르다. PCB라는 플라스틱 기판은 아래층과 위층을 절연하는 기능만을 하지만, 세라믹으로 적층할 경우 절연 기능과 동시에 저항이나 콘덴서와 같은 소자 역할도 담당할 수 있기 때문이다.

이같이 적층하는 방법에는 LTCC(저온도 시소성 세라믹)라는 새로운 재료와 이를 성형하는 고도의 기술이 필요하다. 주로 유리와 세라믹을 혼합한 재료를 종이보다 얇은 그린시트(세라믹 테이프)로 만들고, 이 시트를 여럿으로 자른 후 각 시트 위에 금, 은, 구리 등의 금속을 단순 전극이나 소자의 역할에 맞도록 입히고 나서, 이를 여러 층으로 쌓아 동시에 구워(소성) 하나의 모듈을 만드는 기술이다. 그린시트의 한 층은 두께가 5~20 μm이므로 이들이 여러층으로 쌓인 LTCC 제품이 되더라도 두께가 100μm인 종이처럼 얇아질 수 있다. 이와 같은



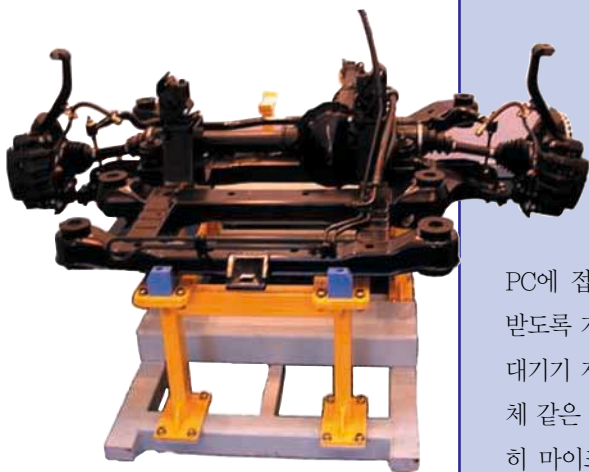
LTCC 기술로 제작된 '프런트 엔드 모듈'(FEM)과 LTCC 모식도

LTCC 제품이 휴대폰에 적용된다면 종이처럼 얇은 휴대폰이 가능할 것이다.

LTCC 기술은 현재 인덕터, 커패시터, 저항이 내장되고 반도체 칩을 탑재한 '프런트 엔드 모듈'과 같은 '다중칩 모듈'을 거쳐서 여러 회로단이 하나로 통합된 형태인 '다기능 세라믹 모듈'로 발전하고 있다. 또한, 전자·통신기기 소형화뿐만 아니라 많은 기기들을 연결하는 선을 없애기 위한 연구에도 중요한 역할을 하고 있다. 이것을 블루투스 모듈이라 하는데, 블루투스란 이동전화, PDA, 노트북 등 이동 가능한 소형 장치들간의 양방향 근거리 통신을 가능하게

해주는 근거리 무선통신 기술로 이동형 소형 장치들의 연결에 필요한 복잡한 선들의 제거에 대한 아이디어에서 비롯되었다. 예를 들면 컴퓨터 뒤쪽만 보더라도 전원, 모니터, 키보드, 프린터 등 온갖 잡다한 선들이 거미줄처럼 연결되어 있다. 이같은 선들을 없애면 컴퓨터 관련 장치들을 분산할 수 있고, 좀 더 효율적으로 공간을 이용할 수 있게 된다.

블루투스는 세계적으로 같은 통신주파수(2.4GHz)로 고정되기 때문에 전세계 어디서나 사용될 수 있다. 휴대폰, PDA, 노트북컴퓨터, PC 등 디지털 제품이라면 모두 가능하다. 금속이 아닌 물체도



일체화 성형기술로 제작된 front subframe 모듈로 쌍용자동차 '로디우스'에 적용 탑재

통과할 수 있기 때문에 노트북이 가방에 있는 상태에서 컴퓨터가 수신한 e-메일 등을 휴대폰으로 받을 수 있고, 휴대폰이나 PDA가 PC에 접근하면 자동으로 각종 자료를 받도록 기능을 설정할 수 있다. 현재 휴대기기 제조업체는 물론 자동차 제조업체 같은 기업의 지지도 받고 있으며, 특히 마이크로소프트를 비롯해 루슨트테크놀로지, 모토롤라, 3Com 등 세계 유력 IT업체들이 블루투스 보급단체인 블루투스 SIG의 주도 기업으로 참여하고 있으며, 이런 블루투스 모듈을 탑재한 제품들이 현재 IT제품을 중심으로 판매되고 있으며 향후 대부분의 가전제품에 표준으로 탑재될 것이 예상된다.

### ‘일체화 성형’ 통해 초경량·고효율 자동차 가능

자동차는 이제 사치품이 아닌 하나의 생활필수품이다. 생활필수품으로 자리 잡은 자동차는 우리에게 많은 이점을 가져다주었지만 그에 못지않게 문제점도 안겨 주었다. 매연으로 인한 환경오염문제와 석유 사용에 따른 자원 고갈 문제가 가장 큰 문제로 대두되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 현재 완전 무공해 자동차인 전기자동차나 연료 전지 자동차 개발에 상당한 연구가 진행되고 있다. 현재까지는 이들 자동차와 기존 자동차의 중간 형태인 하이브리드 자동차(HEV)가 개발되었고, 곧 상용화될 것이다.

자동차에 대한 연구는 차세대 자동차

에 사용될 배터리 및 동력장치 개발 등과 함께 차체 경량화 연구가 활발히 진행되어왔다. 차체 경량화를 통해 매연을 줄이고, 연비를 향상시킬 수 있기 때문이다. 자동차 한 대를 만드는 데는 2만여 개의 부품이 필요하고, 이들 부품들을 일일이 조립하기 위해서는 많은 시간과 경비가 소요된다. 이러한 문제 해결을 위한 노력이 바로 일체화 성형기술이다. 일체화 성형기술은 복잡한 형상이나 다수의 부품으로 구성된 제품을 1회 또는 극소수의 가공으로 최종 형상을 생산하는 기술로서, 공정 단축, 재료비 절감, 부품 생산시 소용되는 에너지 절감 등을 기대할 수 있다.

또, 여러 개의 부품을 조립하는 과정에서 용접을 하거나 볼트와 너트를 사용하는데, 이런 부분들은 파손을 일으키는 주원인이 된다. 일체화 성형은 이런 결합 부분을 줄여 부품의 강도 및 성능의 개선도 함께 이룰 수 있다. 이러한 일체화 성형기술은 자동차의 경량화, 가격 경쟁력 향상, 그리고 성능 향상까지 한꺼번에 이룰 수 있는 기술이다. 예를 들어 자동차 엔진을 얹어 놓을 수 있는 엔진 크레이들이란 부품은 지금까지 6개 이상의 부품을 따로 만든 후 용접해 한 개의 부품으로 만들었으나 일체화 성형을 하면 원재료 튜브 한 개로 제작할 수 있다. 이렇게 하면 무게는 10% 이상 가벼워지고, 용접을 하지 않고 제작하기 때문에 제품의 강도와 신뢰성이 향상된 제품을 생산할 수 있다. 자동차에서 엔진 크레이들을 비롯 캠축, 방열기 프레임 등 일체화 성형을 이용해 만들 수 있는

부품은 수없이 많다.

일체화 성형기술에는 분말을 이용해 복잡한 모양인 부품을 하나로 만드는 기술도 포함된다. 자동차에는 금속분말을 이용해 만들어진 작고 정밀한 부품들이 150여종 사용되고 있다. 금속분말을 이용해 부품을 만드는 공정은 빵을 만드는 방법과 유사한 기술이 적용된다. 금속분말을 일정한 비율로 혼합한 후, 틀에 채워서 성형하면 부품 형태의 성형체가 제조되고, 이를 다시 일정한 온도 이상 가열해 구우면(소결), 분말입자끼리 서로 결합해 가공이 필요 없는 정밀한 부품이 제조된다. 이렇게 하면 대량으로 값싼 부품을 제조할 수 있어 기어류와 같은 동일한 소형 부품을 제조할 때 사용된다. 최근에는 금속분말을 연달아 밀어내면서 부품을 찍어내는 분말시출성형기술이 개발되어 종전의 방식에 비해 생산성이 크게 향상되었다.

이러한 일체화 성형기술이 완성되어 자동차 부품에 적용시키면 현재 우리가 타고 다니는 자동차 무게가 반 이상 줄어 휘발유를 한번만 채우고도 서울에서 부산을 왕복할 수 있을 것이다.

### 강철보다 강하고 알루미늄보다 가볍게

섬유가 플라스틱과 만나면 강철보다 강해진다. 다른 아닌 고분자 복합재료 얘기다. 실제로 탄소섬유와 고분자수지의 복합재료는 강철보다 강하고 알루미늄보다 가볍기 때문에 항공기 등에 많이 사용된다.

복합재료는 성질이 다른 재료 두 가지 이상이 거시적으로 혼합돼 각 재료에서

얻을 수 없는 새로운 성질을 갖는 재료다. 탄소섬유와 고분자 복합재료를 예로 들면 섬유길이 방향의 강성은 강철의 70%이며, 인장강도는 강철보다 4배 이상 높다. 무게(비중)를 고려해 강성과 강도를 비교하면 강철보다 각각 3배와 20배 이상 높은 것이다. 이 때문에 현재 항공우주, 자동차, 선박, 생체 의학, 스포츠 등 다양한 분야에 이용되고 있다. 최근에는 토목건축 분야에서도 사용되어 공사기간을 상당시간 단축하고 있다. 실제로 미국에서는 길이 10m 정도인 교량을 2~3일 만에 교체한 적이 있다.

복합재료는 재료 자체의 가격이 다른 재료에 비해 매우 비싸기 때문에 전체 복합재료의 가격을 좌우한다고 생각하기 쉬우나 실제로는 복합재료의 가격을 구성하는 요소의 70%가 생산 공정에 있다. 빠른 시간에 복합재료를 생산하는 일이 가격을 낮추는데 가장 중요하다는 것이다.

복합재료를 제조하는 방법은 다양하다. 보통 항공·우주용 판매 부품은 오토클레이브 성형법으로 제조하는데 기포를 거의 완벽하게(2~3%) 제거할 수 있어 고성능 복합재료를 제조할 수 있다. 그러나 재료인 프리프레그와 장비인 오토클레이브가 고가이고, 장비의 크기에 따라 제품의 크기가 제한된다는 단점이 있다. 수직층법은 대형 복합재료 구조물의 제조에 사용되는데, 직물형태의 보강재에 수지를 묻혀 한 장씩 두껍게 쌓아나가는 기술로 기포가 많이 생길 수 있고 다량의 휘발성 가스가 나와 작업 환경이 나쁘다는 단점이 있다.

최근에는 제품의 크기에 큰 제약을 받지 않고 생산비가 저렴한 수지충전 성형법에 대한 연구가 진행되고 있다. 보강재로 원하는 모양을 만든 다음, 금형 내부에 넣고 수지를 주입하거나 진공에 의해 수지를 빨아들이게 만드는 성형법으로 보강재의 섬유 구조에 따라 수지 흐름이 어떻게 달라지는지, 수지가 금형 내부를 모두 채우는지, 아니면 어디에 기포가 생기는지에 대한 연구가 중요하다. 제품의 크기와 거의 같도록 짜여진 직물(보강재)로부터 복합재료가 제조되기 때문에 재료 손실이 적고 무게가 가벼워지며, 생산시간이 단축되고 결합부위에서 발생하는 문제가 없다. 아울러 직조에서 복합재료 제조까지의 전과정을 자동화할 수 있기 때문에 제조 원가가 낮아질 수 있다.

미국의 시사 주간지 뉴스위크는 최근 '장차 우리의 삶의 형태를 바꿔 놓을지도 모르는 10대 발명품'을 소개한 적이 있다. 고품질 인조 다이아몬드, 파리처럼 냄새 맡고 날 수 있는 로봇, 세포 프로그래밍, 우주 엘리베이터, 컴퓨터 운전 차량, 기억칩, 우주 식물, 플라스틱 전자혁명, 경량 자동차, 수륙 양용 주택이다. 이와 같은 미래기술을 현실화하기 위해서는 기능이 복합화·모듈화되는 부품성형기술이 반드시 필요하다. **ST**



글쓴이는 서울대학교 공과대학 졸업 후 한국과학기술원에서 재료공학 석사학위를, 미국 폴리테크닉대학에서 박사학위를 받았다. 경남대학교 기계공학과 겸임교수, 한국과학기술원 재료공학과 겸임교수를 지냈으며, 현재 차세대 소재성형 기술개발사업단장을 겸임하고 있다.