

| 차세대 소재성형기술개발 |

‘₩2,000,000,000,000시장’ 공략

3차원적 고분자복합재 마하2 속도로 금속코팅 0.1나노분말로 부품성형

소재·부품 기술개발은 속으로 끓아 있는 우리 산업기술에 대한 처방전이다. 우리 나라는 2003년 일본과의 무역에서 수입이 수출보다 186억 달러나 많아 사상 최대의 무역적자를 기록했다. 이같은 대일무역적자는 지난해 우리 나라가 기록한 155억 달러의 무역흑자를 크게 초과한 액수다. 이는 다른 나라와의 무역에서 흑자를 올려 일본과의 무역적자를 메운 셈이다.

지난 40년간 계속된 대일무역적자는 우리의 수출액이 늘어날수록 커지고 있다. 그 이유는 무엇인가. 바로 제조업의 가장 기본인 소재·부품 기술이 뒤떨어져 있어서다. 일본에서 부품을 사다가 조립 생산을 해서 수출을 하다 보니 이런 현상이 일어나고 있다. 국내 기업이 수출을 늘리기 위해 뺄뺄 땀을 흘릴 때 일본 기업은 앉아서 수출을 확대하고 있는 꼴이다. 수출 효과 품목이라고 하는 휴대폰에도 원가 기준 40%가 일제 부품을 비롯한 외산이 포함돼 있다.

과학기술부의 21세기 프런티어연구개발과제 가운데 차세대 소재성형기술개발사업은 바로 일본 의존도를 획기적으로 줄여나가는 계기를 잡기 위한 시도라고 할 수 있다. 소재와 부품 분야에서 우리의 원천기술을 확보함으로써 국산화를 대폭 향상시키는 것이 차세대소재성형기술개발사업단의 몫이다.

최고의 소재를 가지고 최고의 부품을 만들어야 베스트 제품이 생산될 수 있다. 그러나 소재나 부품기술은 쉽게 확보할 수

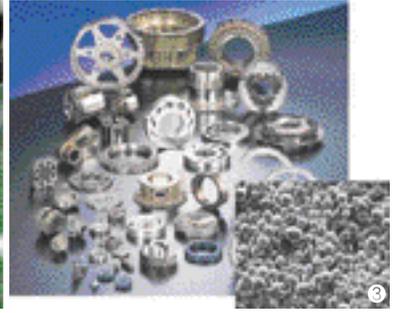
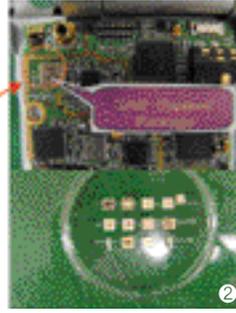
글_ 장재열 한국과학기술자협회 미디어센터장 kpb11@hanmail.net

있는 것이 아니다. 소재성형사업단은 우선 기본적 소재를 가지고 최고의 부품을 만들 수 있는 공정기술 개발에 힘을 모으고 있다. 소재는 크게 금속·세라믹·고분자로 구분된다. 수요를 보면 금속 50%, 세라믹 30%, 고분자 20% 정도다.

사업단장 한유동 박사는 “소재성형 기술 개발은 제품의 경량화·소형화를 달성해 결과적으로 기업의 경쟁력을 증대시킬 수 있다”고 말한다. 나노기술이나 바이오처럼 각광받는 첨단 기술은 아니지만 국내 산업의 ‘아킬레스 건’을 해소시킬 수 있는 사업이라는 지적이다. 국내 산업계는 철 소재를 제외하고는 이 분야의 기반이 취약하며 일본·독일 등에 대한 의존도가 높다. 이에 사업단은 국내 수요가 많고 5~10년내에 선진국과 어깨를 나란히 할 수 있는 5개 분야를 선정해 기술개발에 나섰다. 20여 건의 세계 최고 수준의 성형공정기술을 2010년까지 개발해 2조 원 이상의 경제효과를 올려 기업들에 획기적 기여를 하겠다는 것. 그래서 74개 참여기관 가운데 기업이 35개에 달한다. 기업들은 이 사업을 통해 △원가절감 △제품의 경량화 △소형화를 이루게 된다.

적층형 세라믹 전자부품 기능은 향상시키고 크기는 작게

5개 연구 분야의 하나인 적층형 세라믹 전자부품은 핸드폰 등 전자 기기의 소형화·고성능화를 달성하는데 필수적이다.



- ① 적층형 세라믹 전자부품의 회로를 구성하기 위한 인쇄공정 작업모습
- ② 이동통신에서 송수신을 연결하는 부품(SAW Duplexer)이 적층형 세라믹 기술로 제조돼 휴대폰 소형화에 한 몫을 하고 있다.
- ③ 금속분말로 제조된 여러 가지 기계류 부품들. 고강도가 필요한 부위에 쓰이는 부품이 대부분이다. 작은 사진은 금속분말의 현미경 사진
- ④ 차세대소재성형기술개발사업단장 한영동 박사

소자를 세라믹을 이용해 여러 층의 회로로 구성하는 것이다. 세라믹 테이프층의 두께는 5~20 μ m(1 μ m는 1백만분의 1m)이어서 수십층을 쌓아도 신용카드 두께면 충분하다. 반도체·저항·콘덴서·필터 등 소자들이 층층이 자리잡아 한 덩어리(모듈)로 제조되는 것이다.

여기에 핵심이 되는 기술이 LTCC (Low Temperature Co-fired Ceramics 저온동시소성세라믹)기술이다. LTCC기술을 이용하면 소성(고열로 굽는 것)온도를 기존의 1,200 $^{\circ}$ C에서 900 $^{\circ}$ C 이하로 낮출 수 있다. 이러한 기술 개발을 주도하는 기관은 삼성전기 중앙연구소이다. 적층형 모듈화 기술은 이동통신을 비롯하여 컴퓨터·의료기기·자동차 등에 적용된다.

전기연구원 송재성 박사가 개발한 적층형 세라믹 액추에이터는 소비전력이 0.001W로 100V의 전압을 가하면 15 μ m의 변형이 일어난다. 이 액추에이터는 전기적 에너지를 기계적 에너지로 변환시키는 부품으로 전자기기 동작이나 밸브의 정밀 제어에 쓰인다.

연구팀의 최종 목표는 200층에 제어변위 8 μ m 5msec(1msec는 1천분의 1초)의 민감도를 갖는 적층형 세라믹 부품을 개발하는 것이다.

적층형 박막은 어떻게 만드나. 먼저 세라믹 분말을 첨가물과 섞어 죽처럼 만든 다음 미세한 두께의 테이프로 제조한다. 이 테이프에 구멍을 뚫거나 굽어내 전기회로를 꾸미기 위한 작업

을 한다. 은이나 구리로 전기회로를 연결하고 소자를 인쇄하듯 부착하여 몇 층으로 집합시킨 후 약 850 $^{\circ}$ C에서 구워낸다. 이렇게 제조된 적층형 세라믹 부품에는 소자들이 밀집돼 있기 때문에 제품의 소형화를 이룰 수 있는 것이다.

분말성형 정밀 부품 고강도·고정밀에 도전

직경 0.3 μ m 크기의 금속이나 세라믹의 초미세분말을 이용하여, 부품의 강도는 50%, 수명은 2배 향상시킨다. 분말을 가지고 성형, 소결(분말을 고온으로 결합시켜 단단하게 만드는 것) 과정을 거쳐 부품을 제조할 경우 분말의 크기가 작을수록 강도가 세진다.

금속분말의 합금을 1,300~1,400 $^{\circ}$ C에서 소결하여 소재를 만들 경우 그 조직이 균일하고 치밀해지기 때문에 절삭공구 등을 제작하는데 유용하다. 또한 알루미늄이나 세라믹의 분말을 혼합하면 고성능 부품을 만들기도 쉬워진다.

사업단은 원천기술로 0.1 μ m 분말을 제조하는 복합분말설계 기술을 2006년까지 개발해 고강도 첨단부품을 생산한다는 목표를 세웠다. 즉 원료분말을 제조하는 기술을 국내에서 개발해 원천기술로 노하우를 확보할 계획이다.

분말성형으로 제작되는 부품에는 공구, 알루미늄 실린더, 피스톤, 특수 필터 등이 있다. 다음은 주요 연구과제 내용이다.



- ① 분말로 만들어진 다공성 세라믹의 현미경 사진. 기공의 크기를 조절해 단열재·나노필터 등 다양한 용도로 개발이 가능하다.
- ② 복합재용 섬유시트를 연결하는 공정. 이 섬유에 수지를 침투시키면 고분자복합재가 된다.
- ③ 열을 가하면 굳어지는 테이프로 복합재용 섬유층을 짜는 설비

△경량 고강도 분말제품 정밀 가공기술 - 철 부품을 대체해 경량화·원가절감을 노린다. 알루미늄 분말에 구리·마그네슘·실리콘 등의 분말을 혼합해 고강도 신합금을 개발한다. △고강도 알루미늄 복합재료 개발 - 알루미늄 분말과 세라믹을 혼합하여 극미세구조의 복합재료 생산 △고강도 분말제품 동적 성형기술 개발 - 알루미늄과 알루미늄의 복합재료를 제조할 수 있는 성형 및 소결 기술을 러시아 연구진과 공동연구.

3차원 형상 고분자 복합재 장갑차 동체로도 가능

성질이 다른 두 가지 이상의 소재를 결합시켜 그 기능을 강화한 것이 복합재료이다. 사업단은 섬유와 고분자 수지를 다양한 방법으로 결합 가공하여 강도를 높이고 손쉽게 여러 가지 형태로 만들 수 있는 고분자 복합재를 개발 중이다. 고분자 복합재는 유리섬유나 탄소섬유를 석유화학제품인 데폭시수지와 결합시킨 것으로 가볍고 단단하기 때문에 항공기·자동차·선박 등 수송 장비에 수요가 많다.

고분자 복합재에는 일종의 보강재인 섬유가 가로·세로 또는 층층이 3차원적으로 짜여 있다. 여기에 수지를 입히고 가열하여 경화시키면 고분자 복합재가 만들어진다. 따라서 고분자 복합재 기술은 섬유를 어떻게 배열하며, 연속적으로 보강재를 만들 수 있느냐가 핵심이다. 한국화학연구원의 ‘광·열 경화용 복합재료 중간재 및 제품 개발’은 세계적 물질 특허가 기대

되는 복합재료 연구다. 광이면 광, 열이면 열에 의해 복합소재가 경화하는 것이 보통이다. 그러나 연구팀이 개발한 광·열 동시 경화시스템은 촉매를 이용해 태양빛에 의해서도 수지가 굳어버려 경제적으로 제조가 가능하다.

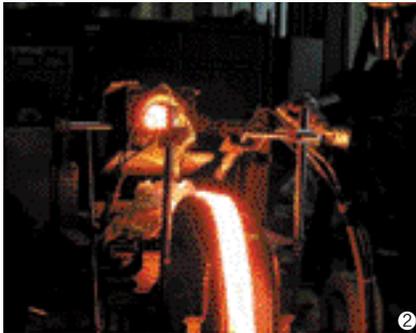
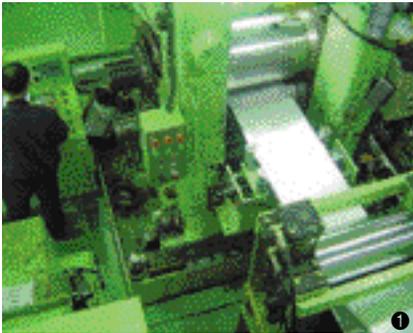
고분자 복합재료의 장점은 가벼우면서도 강도는 높다는데 있다. 비행기의 날개에 복합재를 쓰면 인장강도가 철의 4배에 달하고 탄성이 좋기 때문에 쉽게 변형되지 않는다.

사업단은 2009년까지 교량, 헬기 동체, 장갑차 동체에 사용 되는 고분자 복합재를 개발기로 했다. 이를 위해 길이 5m 이상, 두께 5cm 이상의 후판을 만들 수 있는 기반을 확보할 예정이다. 이런 자재를 사용할 경우 30% 이상의 비용 절감이 기대된다.

기능성 정밀 금속판재 제품 고급화의 핵심 소재

기능성 금속판재란 개별 속성이 향상된 소재로 기존의 금속이 갖지 못한 기능을 발휘한다. 따라서 기능성 판재는 합금이나 코팅, 적층 등의 방법을 통해 신소재가 된다.

한국과학기술연구원의 신금속재료연구센터는 강판에다 부식에 강한 타이타늄을 접합(클래드)시킨 신소재를 개발해 냈다. 내식성이 강한 타이타늄은 강재에 비해 70배나 비싸 제대로 활용하기 어려웠다. 연구팀이 개발한 Ti/강 클래드 판재는 강재에 약 3mm 두께로 티타늄을 붙인 것으로 내식성과 강재의



- ① 알루미늄과 스테인리스를 접합한 기능성 판재가 연속공정으로 제조되고 있다.
- ② 니켈합금판재가 금속이 용융된 상태로 만들어지는 모양
- ③ 자동차의 엔진 등을 올려놓는 서브프레임을 만드는 유압 성형공정 시스템. 튜브가 이 공정에서 서브프레임으로 성형된다.

강도를 모두 활용토록 고안되었다. 강재와 타이타늄의 접합에 니켈박판을 이용, 기존의 공법보다 절반의 비용으로 붙이는데 성공을 한 것이다.

저항심 용접법(상온에서 압력과 전기를 동시에 사용해 용접 접합)을 응용한 연구팀은 티타늄 클래드 판재를 연속 공정으로 생산할 수 있는 길을 열었다. 그 동안 티타늄 클래드 강판은 중간 결합재료로 은합금, 타이타늄합금, 마나뎀 등 고가의 금속을 사용해 부담이 컸다. 배관의 안쪽이 티타늄이어서 황 성분의 부식에 견디고 바깥쪽은 철판이어서 기존 제품 가격의 절반 이하로 내부식성 배관이 생산된다. 정원엔지니어링(주)은 이 소재를 삼천포화력발전소의 탈황 설비 배관에 적용하고 있으며 연간 400억 원의 수입대체효과를 기대하고 있다.

아주대학교 고경현 교수는 알루미늄이나 구리 입자를 마하 1.5~2의 고속으로 노즐에서 나오는 압축공기에 실려 코팅하는 기술을 개발했다. 금속이 코팅하고자 하는 소재에 충돌하면서 달라 붙는 것이다. 이 기술을 이용하면 소재에 열을 가할 필요 없이 세라믹, 고분자 등에도 코팅할 수 있다. 고 박사팀은 미국·러시아에 이어 세 번째로 기술 개발에 성공했다. 이 기술은 알루미늄과 구리 혼합분말, 알루미늄과 알루미늄이나 혼합 분말의 코팅도 가능해 다양한 소재 개발이 이루어지게 되었다.

또한 삼고내식성 마그네슘합금 △자성박판 △규소강판 등 기능성 금속판재가 개발돼 자동차·휴대폰 케이스·반도체 방열판 등에 사용될 것이다.

부품 일체화 성형기술 자동차 산업의 혁신 기대

부품 일체화 성형은 여러 부품이나 복잡한 형상을 1회의 가공으로 최종 형상을 제작하는 것으로 자동차 부품 생산에 가장 적합하다. 기본 재료가 되는 것은 튜브로 금형과 용접·성형 기술을 이용해 원하는 형상을 만든다.

여러 부품을 한 덩어리로 만들어 하나의 모듈로 바꿔 버리는 것이다. 자동차 내부의 이리저리 들어찬 배관을 볼트와 너트 등을 이용해 일일이 결합하지 않고 하나로 만들면 공정단축, 부품 최소화 효과 크다.

포스코(주)의 자동차강재 연구센터는 일자형 파이프에 1,000~2,000기압의 유압을 가해 복잡한 모양의 배관을 한 번에 제조하는 연구를 진행 중이다. 배관의 길이는 3m. 일체화 성형이 가능한 자동차 부속품은 배기관·범퍼·동력전달장치·프론트 서브프레임 등이 있다.

자동차 샤시 부품 일체화 기술을 개발중인 한국기계연구원은 승용차용 프론트 서브프레임 모듈이 성공할 경우 △소음진동절감 30% △충돌 성능 향상 10% △원가절감 10%의 효과가 있을 것으로 기대한다.

사업단은 자동차 부품 중 최소 10종 이상을 일체화 성형부품으로 생산할 계획이다. 부품 일체화 기술은 국내 자동차 산업의 기술력을 한 단계 향상시켜 국산차의 고급화에 크게 기여할 전망이다. 