

# 깨끗한 환경을 선도하는 분해설계(DFD)

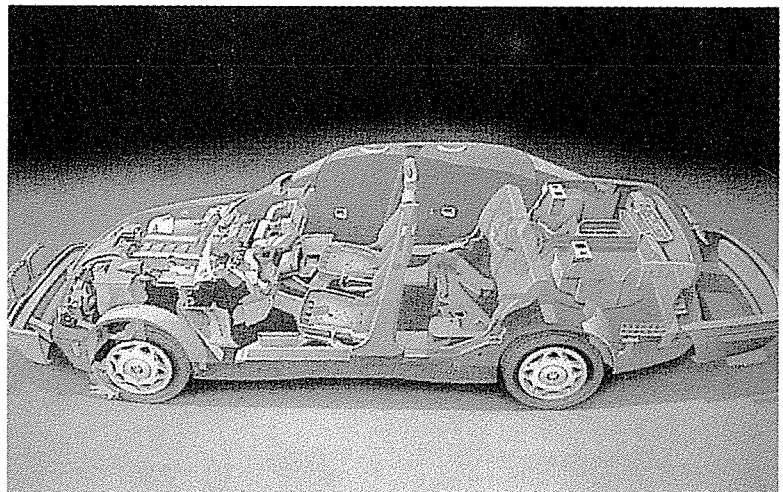
玄 源 福 <과학저널리스트/본지 편집위원>

1980년대 말부터 독일에서 선을 보이기 시작한 이른바 분해설계(DFD)는 가장 많은 원자재를 사용하는 단일제품인 자동차를 포함하여 오늘날 제조업계의 새로운 생산방법으로 자리를 굳혀가고 있다. 1994년 여름 미시간주 하일랜드 파크에서 문을 연 '차량 재순환개발센터'는 자동차가 수명을 다 했을 때 주요한 부품을 쉽게 제거하는데 필요한 설계연구에 착수했다. 미국의 3대자동차 메이커인 GM, 포드, 클라이슬러사가 공동으로 운영하는 이 센터의 목표는 장기적인 관점에서 폐차할 때 부품을 회수하여 재사용하는 방법을 제품의 착상단계부터 미리 생각하여 개발하며 제작하자는 것이다.

## 돈도 벌고 오염도 줄이고

이런 구상은 미국만 아니라 일본과 유럽의 제조업자들에게도 가장 큰 관심사가 되고 있다. 그래서 시멘스사의 커피포트, 캐터필러사의 트랙터, 제록스사의 복사기, 이스트만코닥사의 카메라, 미국의 개인용 컴퓨터(PC)와 일본의 레이저 프린터, 독일의 기관차 엔진 그리고 캐나다의 전화에 이르는 광범위한 제품들이 DFD방식으로 제작되기 시작했다.

그런데 종전의 환경보전 생산방법과는 달리 부품을 줄이고 재료를 절약하



◇BMW의 시리즈 3형차는 재생 플라스틱으로 만든 부품(청색)과 재생할 수 있는 부품(녹색)으로 만들었다.

며 부품을 재사용하는데 중점을 둔 이 '그린 제품' 들은 종래의 방법보다 더 능률적으로 생산할 수 있다는 것이 드러나기 시작했다. 그래서 제록스사와 코닥사를 포함한 일부 미국기업들은 분해용 설계와 부품재사용을 통해 벌써 돈을 많이 벌어들이고 있다.

한편 '그린 운동'의 뿌리의 나라인 독일에서는 제조업자들이 이미 자사제품포장물의 종말처리를 책임지고 있다. 미국기업들도 세계시장에서 경쟁하려면 방대한 유럽시장의 그린규정을 지키는 제품을 생산해야 할 형편이다. 이미 12개국가가 그린생산에 참여하고 있다.

1991년 독일연방정부가 제정한 포장재정령(政令)은 쓰레기의 20% 이상을 차지하는 포장재를 줄이는 한편 그 회수·재생을 다른 쓰레기로부터 분리하여 처리하는 전국규모의 통일시스템 구축이다. 1993년 1월부터 시행되고 있는 이 정령의 목적은 첫째, 포장재를 되도록 사용하지 말 것 둘째, 포장재의 사용이 필요한 경우에도 그 사용을 최소한으로 억제할 것 셋째, 재이용할 수 있는 포장재를 사용할 것 넷째, 재사용할 수 없는 경우는 사용했던 포장재를 재생한다는 4가지이다.

그러나 이 시스템의 가장 큰 특징은 포장재의 회수·재생을 생산자와 판매



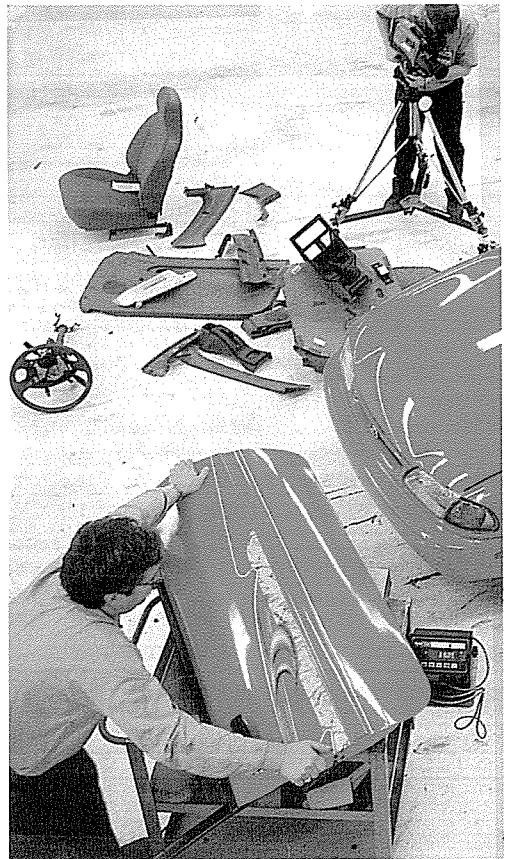
업자에게 의무화시켜 이에 수반되는 비용도 이들 업자들이 부담한다는 점이다. 생산자와 판매업자에는 포장재 소재와 포장재생산업자, 포장소재및 포장재의 판매업자, 소비재의 생산자, 포장재를 사용하는 상품을 배송하는 모든 단계에서의 판매업자들이 포함된다. 외국회사도 이런 제품을 독일시장으로 들여 올 때는 같은 의무가 발생한다. 이 정령이 시행된지 첫 2년간 포장 폐기물의 양은 약 6억톤이나 줄었다.

한편 이 환경법의 자극을 받아 기업들은 포장을 줄이고 상품을 출시하는 참신한 방법을 개발하고 있다. 예컨대 콜게이트사는 상자없이 머리쪽으로서는 치약튜브를 설계했는데 독일만 아니라 미국에서도 이런 제품을 팔기 시작했다. 독일에 있는 휴렛-패커드사의 워크스테이션 설계자들은 폴리프로필렌 포말 새시를 개발하여 수송용 포장의 양을 30% 줄이는 한편 분해 시간을 90% 줄일 수 있게 되었다. DFD의 주요원칙인 보다 적은 부품과 재료를 사용하고 나사못 대신 결쇠를 이용한다는 것은 동시 엔지니어링과 종합품질관리와 같이 보다 효율적인 조립을 위한 현대의 노력과 부합된다는 것은 제조업자로서는 다행스런 일이라고 할 수 있다.

◇미국 3대 자동차메이커들이 운영하는 디트로이트의 차량 재순환개발센터에서는 부품을 쉽게 분해하여 재사용할 수 있는 길을 찾고 있다.

### 자동차의 자동분해

오늘날 승용차생산공장에서는 어디를 막론하고 차를 보다 분해하기 쉽고 부품을 재사용하기 쉽게 만들자는 노력에 열을 올리고 있다. 독일의 BMW사는 20세기 말까지 유럽에서는 연간 2천만대의 승용차가 재순환될 것이며 그중에서 BMW가 25만대를 차지할 것으로 어림하고 있다. 이렇게 많은 차들을 재순환하기 위해 BMW와 독일의 다른 자동차메이커들은 실험용 분해공장을 세우고 심지어 새차 모델까지 분해하여 분해에 관해 더 많은 것을 배우려고 노력하고 있다. 예컨대 플라스틱 측판을 마치 호두껍질의 반쪽처럼 떼낼 수 있는 BMW의 1991 Z1 로드스터는 분해용으로 설계한 승용차의 좋은 보기가 된다. 이런 과정에서 배운 한가지 교훈은 범퍼의 접착제나 또는 땀납은 패스너로 대체하여 범퍼를 보다 쉽게 분리하여 재료를 다시 사용할



수 있게 해야 한다는 것이다. BMW는 또 계기판도 바꾸고 있다. 과거에는 이것을 여러 합성제품을 접착하여 만들었으나 이제는 폴리우레탄, 포말 그리고 고무를 사용하여 패널을 한번에 재순환할 수 있게 되었다. 이렇게 해서 BMW는 승용차의 재순환비율을 무게로 따져 80%까지 끌어 올렸으나 앞으로 95%로 늘릴 것을 목표로 하고 있다. 폴크스바겐도 독일 전역에 재순환센터를 계획하고 있다.

한편 세계에서 가장 효과적으로 자동차의 재순환을 하고 있는 국가의 하나인 미국은 이미 무게로 따져 승용차마다 75%의 재순환율을 기록하고 있다. 1만 2천여의 자동차부품 재순환업자들은 먼저 승용차의 엔진, 제너레이터, 올터네이터와 같은 귀중한 부품을 벗겨내어 다시 판다. 다음은 금속 잔해는 약 2백개의 절단기로 강철조각이

되어 강철메이커에게 보내면 이것을 재생하여 새차의 차체를 만들 수 있다. 이것은 미국에서만 연간 수백억 달러규모의 비즈니스를 이루고 있는데 이익도 많다. 그러나 아직도 타이어, 유리 그리고 플라스틱을 처리하는 문제가 남아 있지만 그린 메이커들이 이런 문제를 사전에 고려한다면 재순환비용을 크게 줄이고 환경에 대한 위험도 제거할 수 있을 것이다.

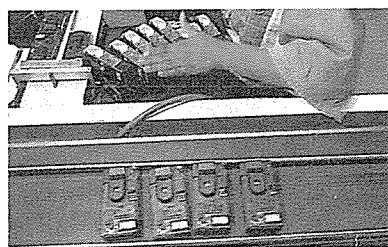
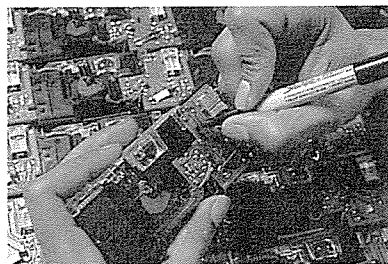
### 컴퓨터의 짧은 수명

『오늘날 컴퓨터는 공장을 떠난 뒤 12개월도 못되어 벌써 퇴물이 되어 버린다』고 미국 카네기-멜론대학의 과학자들은 말하고 있다. 그래서 미국의 여러기관 지하실에는 7천만대나 되는 이런 컴퓨터들이 잠자고 있는데 재순환 되지 못한다면 쓰레기매립장으로 갈 운명에 있다.

낡은 컴퓨터를 분해하는 일은 새로운 것은 아니다. 수년전부터 주로 금과 백금과 같은 귀금속을 회수하기 위해 컴퓨터의 분해가 시작되었다. 이런 금속은 회로판의 칩을 연결하는 길을 만들기 위해 구식 컴퓨터에서는 많이 사용되었다. 이 회로판은 칩회수업자들에게 팔려가서 칩은 다시 장난감메이커와 같은 이용자들에게 팔려 나갔다. PC의 부품수와 분해에 소요되는 시간을 줄일 수 있다면 PC가 다시 돌아올때 컴퓨터메이커로서는 이익을 볼 수 있다. 그래서 IBM, 휴렛-패커드(H-P), 디지털 이큅먼트(DEC)를 비롯한 여러 메이커들은 빠른 걸음으로 회로판에 DFD기술을 도입하고 있다. IBM은 벌써 1991년 PS2E의 2개 모델에 대해 보다 쉽게 분해하고 에너지소모량을 줄일 수 있는 설계를 했다. 오늘날 IBM의 모든 설계자들은

그린 설계로 전환하라는 지시를 받고 있다. H-P의 경우는 1년여전부터 12개 모델의 벡트라 PC제작에 DFD기술을 사용하고 있다.

1993년에 선을 보인 시멘스사의 넥스도프 PC-41은 조립부품의 수가 29개인데 비해 1987년에 만든 PCD-2는 87개였다. 그래서 PC-41은 7분이면 조립할 수 있고 4분이면 분해할 수 있는데 비해 PCD-2는 조립에는 33분, 분해에는 18분이나 걸린다. 한편 H-P사는 컴퓨터재순환사업을 개시한지 불과 1년 남짓밖에 되지 않지만 벌써



코닥사는 용접대신 스냅식으로 결합하는 부품을 사용하여 '펜세이버 35' 카메라를 10번까지 다시 팔 수 있는 길을 찾았다.

부터 이익을 올리고 있다. H-P의 경우 회수하는 워크스테이션을 다시 만들어 재순환한다. DEC의 자원회수센터도 '비용효과'가 좋다는 것이다. 그러나 시멘스의 넥스도르프사는 아직도 충분한 양의 회수 컴퓨터가 처리되지 않기 때문에 재순환은 적자를 보고 있는 것으로 알려져 있다.

### 코닥사의 귀중한 교훈

코닥사는 어려운 체험을 통해 귀중한 교훈을 얻게 되었다. 1980년대말 일단의 엔지니어들이 '플링'(Fling)이라는 이름의 1회용 35mm카메라를 개발하는데 성공했다. 그러나 이 제품은 코닥의 철학과 역행하기 때문에 최고경영층의 뜻뜻미지근한 지지밖에 얻지 못했다. 코닥의 신념은 '하느님의 뜻은 사람들이 필름과 카메라를 사고 그 필름을 그 카메라에 장진하게 한다'는 것이라고 생각했다. 과연 플링은 잘 팔리지 않을 뿐 아니라 환경보호주의자들을 크게 격분시켰다.

그러나 이 사업을 추진한 앨런 반데모어 그룹은 포기하지 않았다. 한 엔지니어는 카메라가 광각촬영을 할 수 있는 2중 렌즈를 발명했다. 10달러짜리 카메라로 전경을 찍을 수 있다는 것은 신기한 일이 아닐 수 없었다. 이들은 또 수중촬영용 카메라도 개발하고 카메라의 이름도 '펜세이버 35'(Funsaver 35)로 개명했다. 이 새 모델은 잘 팔렸으나 환경주의자들의 미움은 여전했다.

그래서 엔지니어들은 이 카메라의 재순환을 위해 DFD와 부품의 재사용을 제의했다. 그러나 경영진은 하품만 했다. 그런데 한 미국 의회위원이 코닥에 대해 '올해의 쓰레기생산 대상'을 주자 정신을 차리기 시작했다. 경

영층은 반데모어를 불러 당장 그의 그린구상을 실천에 옮기라고 지시했다. 1990년말 코닥은 일회용 카메라를 재순환할 수 있는 것으로 전환했다. 종전에는 초음파로 용접했던 카메라 케이스를 쉽게 뗄 수 있게 다시 설계했다. 그래서 고객이 사진 현상인화업자에게 다 쓴 카메라를 가져 오면 약간의 수수료를 받고 코닥에게 반환한다. 코닥사는 뉴욕주가 후원하는 아우트소스사 (신체장애자고용기관)를 시켜 카메라를 분해한다.

연간 2억달러를 절감하고 있다. 그러나 당초 제록스사는 미리 분해용으로 설계하지 않고 분해했다. 예컨대 카트리지에 어셈블리는 초음파로 용접되어 있어 손으로 떼어내야 했다. 제록스는 재순환을 전제로 한 설계로 바꿨다. 잠재적으로 재사용할 수 있는 부품은 쉽게 접근할 수 있는 자리에 두었고 나사못을 스텝으로 대체했다. 플라스틱 패널과 같은 일반부품은 다른 제품에도 사용할 수 있게 표준화했다.

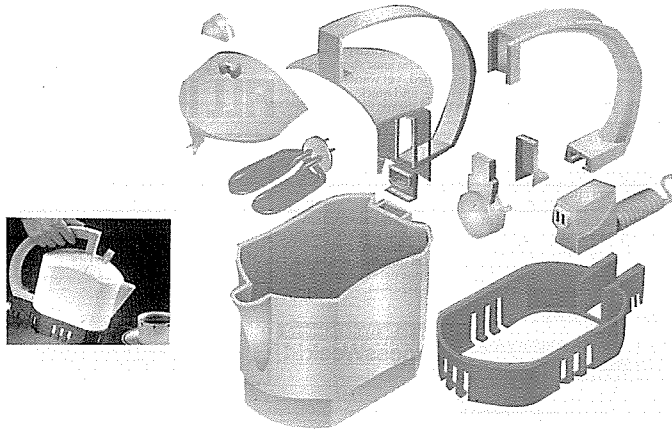
그런데 재순환을 통해 다른 재미있

다 신뢰성이 있다는 사실을 발견했다.

그린식 제품설계는 또 지구의 광물자원의 고갈문제를 해소할 수 있다. 뿐만 아니라 폐기물의 양을 줄여 공업세계에서는 마련하기 쉽지 않은 매립지의 수명을 연장할 수 있다. 예컨대 강철과 같은 완제품을 현명하게 사용한다면 현재 미국인 한사람의 연간 사용량 2만파운드(약 9,072kg)라는 막대한 양의 수요를 크게 줄일 수 있다. 미과학아카데미에 따르면 지구에서 뽑아 낸 강철제품의 94%는 불과 몇달안으로 폐기물의 대열에 동참한다는 것이다.

그러나 문제는 우리의 오래된 통념을 쉽게 깰 수 없다는 사실이다. 아무리 싼 카메라라고 해도 고객들에게 재생품으로 만든 제품을 신제품으로 사게 한다는 것은 쉬운 일이 아니다. 제록스사는 재생된 복사기를 모두 새부품을 가진 기계와 똑같은 조건으로 보장해도 팔거나 임대하는데 다소간의 저항을 받고 있다. 또 소비자들은 재생된 발전기뿐만 새차 사기를 주저할 것 같다. 이를테면 50개의 플라스틱 음료수병을 갈아서 만든, 방열용 격자를 가진 새차를 사는 것은 움직이거나 회전하여 닳는 부품을 재생한 것을 받아 들이는 것과는 엄연히 다른 것이다.

그러나 재생품에 대한 태도는 조금씩 바뀌기 시작했다. 미국의 경우 클린턴대통령은 1993년 말 연방정부기관에게 재생복사기와 같은 그린제품을 구입할 것을 촉구하는 대통령행정부령을 내렸다. 21세기로 접어들면서 환경에 대한 관심이 더욱 높아지고 오염에 대한 규제가 더욱 엄격해 질 것으로 미루어 전문가들은 10년내에는 모든 제품을 사용후에는 분해하고 재생할 수 있게 생산하게 될 것으로 전망하고 있다. ㉞



분해식설계로 만든 티포트

재순환센터에서는 커버와 렌즈를 떼낸다. 플라스틱으로 된 부품은 갈아서 펠릿으로 만든 뒤 새로운 카메라부품으로 주조한다. 움직이는 부분과 전자부품을 포함한 카메라의 내부는 시험하여 10회까지 다시 사용한다. 무게로 따져 카메라의 87%가 재사용되거나 재순환된다. 코닥은 1993년 세계도처에서 약 3천만대의 1회용 카메라를 팔았다. 오늘날 이 카메라는 코닥사의 가장 빠르고 가장 많은 이익을 내는 제품이 되었다.

### ‘새 것보다 우수한 낡은 것’

제록스사는 4년전 원가절감이라는 기치아래 그린생산에 착수했다. 오늘날 제록스사는 이미 부품의 재사용을 통해

는 사실이 밝혀졌다. 사용하거나 또는 개장한 부품은 새로운 부품보다 더 잘 작동하는 일이 가끔 있다는 것이다. 이것은 특히 디지털 전자공학에서 통용된다. 메모리칩이나 마이크로프로세서는 움직이는 부분은 전자뿐이기 때문에 반복되는 열의 공세나 물리적인 손상을 입지 않는 한 사실상 수명은 영원하다.

그래서 미국 산호세시에서 빠른 성장을 하고 있는 칩회사 및 전매업자 폭스 일렉트로닉스사는 다시 파는 낡은 칩을 검사하는 수고마저 생략한다. 그 이유는 간단하다. 새로운 칩이 초기검사서서 이른바 ‘유아사망율’은 5%이지만 폭스사는 낡은 칩의 사망율은 불과 2%밖에 안되어 새것보다 보