

새 文明을 만들어 내는 이 新素材

—不可能을 可能케 하는 36개의 超素材—

(11) 자동차의 연료를 2분의 1로 한다

— 세라믹엔진

왜 세라믹엔진인가

도대체 자동차는 가솔린이 지니고 있는 에너지를 어느 정도 살리고 있는지.

가솔린의 에너지밀도는 1kg당 6000와트/시 정도 함유되고 있으나 이 함유에너지가 어느정도 최종 에너지로서 활용되고 있는지 이것을 에너지효율(열효율)이라고 말하고 있다. 이것은 자동차 엔진 뿐만 아니라 모든 열기관인 원동기에 공통의 바로미터가 된다.

자동차 엔진의 예로서는 가솔린차로 20~25%, 디젤차로 25~28%라는 저레벨이다. 연료에너지의 태반이 낭비되고 있다는 것은 너무나 가까운 일이다. 그러나 이것은 사실이다. 디젤차가 다소 고효율인 것은 엔진룸에서의 연소온도가 가솔린차 보다도 어느정도 높기 때문이다.

자동차의 연료소비의 절약을 위해 종래부터 취해진 수단으로서는

- 차체경량화
- 엔진을 전자제어(電子制御) 함으로써 최적인전
- 터어보차아자(過給器)의 병용

등이다.

차체중량을 경감함에 따라 연료부담이 절약될 수 있는 것은 이론적으로도 경험적으로도 충분히 실증되어 그러한 목적에서 고장력강판(高張力鋼板)의 채용, 차체부품의 알루미늄화, 플라스틱화등이 발전되어 왔다. 정성적(定性的)으로는 차체중량 10%의 경감

은 연료소비량 8.5%의 절감으로 연결되는 것으로 생각되고 있다.

다음으로 엔진의 전자제어로 엔진의 연소상태를 최적조건으로 하기위해 연료유량, 공급량, 공기유량, 산소량을 센서로 검출하고 다시 자동차의 주행상태에 맞추어 제어함으로써 연료소비량을 저감하는 방법인데, 엔진 전자집중제어장치, 전자연료분사장치, 기화점화용(氣化點火用)의 전자제어 이그나이터, 아이드링 시성연장치(時省燃裝置) 등이 장비되어 가고 있다.

터어보차아자(過給器)는 일종의 터어버펜으로 엔진연소실에 공급하는 공기를 압축함으로써 단위용적당의 산소부화(酸素富化)를 도모하며, 부하변동에서의 조속한 대응성, 연료절감을 도모하려는 것이다.

그러나 이같은 시책도 한계에 달하게 되어가므로 근본적인 대책이 필요로 하게 되었다. 세라믹 엔진은 그러한 목적에 응하는 것으로서 이때까지의 엔진은 금속으로 만들어져 왔는데 대해 세라믹으로 엔진을 만든다는 것이다. Ceramics란 무기질의 소결체(燒結體)로 도자기는 Ceramics인 것이다.

그렇다면, 엔진을 세라믹으로 만든다면 어떠한 효용이 있을지. 세라믹엔진의 제 1의 장점은 첫째 세라믹의 비중은 금속의 2분의 1 이하이니 차체중량의 대부분을 차지하는 엔진의 중량을 대폭으로 경감할 수 있다는 점이다. 차체를 고장력강판이나 플라스틱으로 하여 경량화를 도모한다고 해도 가장

중요한 엔진이 무거운 금속으로 되어 있다면 아무런 소용이 없다.

둘째는 세라믹스에는 냉각이 불필요하므로 냉각을 위한 열낭비가 없게 되며 냉각장치도 필요 없게 된다. 엔진을 움직이면, 엔진의 온도는 사정없이 올라간다. 따라서 엔진의 금속은 800도C 이상의 고온에는 견디지 못해 약해지므로 냉각수로 냉각하고 있다. 무리한 주행으로 오버피트하는 것은 이 냉각이 되지 않기 때문이다. 그러나 세라믹스는 1000도C 이상의 고온으로 소결하여 만드는 것이니 고온에도 견디어 내는 것이다.

세째로 배기가스는 앞에서 말한바와 같이 상당한 에너지를 지니고 있음에도 이때까지는 이를 버려왔다. 이 에너지를 회수하여 배기가스터빈등으로 활용할 수 있다.

일본의 세라믹엔진 개발의 선발은 1981년 가을 일본특수도업이 배기량 50cc, 단기동의 Recipro Engine 을 질화규소(窒化珪素)로 시작(試作)한 것으로 시작된다. 이 엔진은 실린더케이스, 피스톤, 피스톤로드는 물론, 복잡한 형상으로된 크랭크샤프트까지 질화규소를 사용하여 그 운전시간은 50시간을 기록했다. 다음으로 「교오세라」가 통산성의 중요기술개발 보조금을 받아 3기동 2800cc급의 시작품을 완성했다. 이 엔진은 「이즈즈」자동차의 「제미니」에 장비하여 최고시속 50K의 주행테스트에 있어서 30%의 연료절감 효과를 얻었다. 그러나 이 시작 엔진은 디젤엔진의 안쪽에 질화규소를 바른 것으로서 본질적으로는 특수도업의 것보다는 초보적인 단계에 있다.

실용적인 파인세라믹스란?

그렇다고 해도 과연 세라믹스는 고온에 견디어 낼 것인가 엔진부재가 된다면 금속과 같은 강도(기계적강도)가 필요하게 되는 것이나, 세라믹스는 도자기의 예를 본다해도 깨어지기 쉽다. 따라서 세라믹 엔진에 사용하려고 하고 있는 소재는 도자기나 알루미나(산화알루미늄: IC기판등에 사용되고 있다)와 같은 파인세라믹스가 목표가 된다.

이와 같이 질화규소를 주재료한 Recipro의 디젤엔진 개발이 주류를 차지하고 있으나 탄화규소(炭化珪素)를 주재료한 가스터빈을 목표로 하고 있는 연구소도 있다.

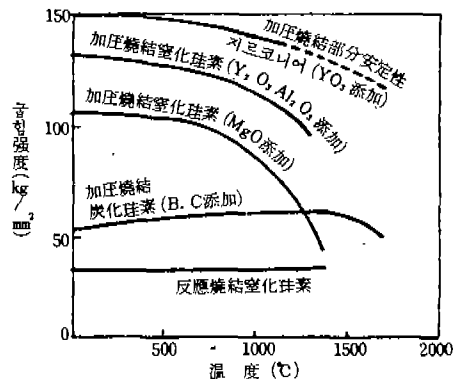
이러한 질화규소, 탄화규소의 개발경쟁에 Dark-horse적인 존재는 부분안정성 지르코니아이다. 이 지르코니아는 마르텐사이트 변태(單斜晶과 正方晶의 混在)에 있어서의 응력흡수가 인성발휘(靱性)의 포인트가 되는 것이나 단사정(單斜晶: 常温~ 1100도C)과 정방정(正方晶: 1100도~2370도C)으로서는 존재하는 온도영역이 전혀 다르므로 특수한 제법을 필요로 한다.

이들 질화규소, 탄화규소, 부분안정성(部分安定性)지르코니아 가운데 어느 것이 세라믹엔진의 주체가 될지 아직 속단을 할 수 없다.

그림21은 이들 각각의 굽힘과 강도(部材의 靱性)을 표시하는데는 굽힘과 강도가 가장 좋다)의 온도 특성을 나타내고 있다. 이 특성에 있어서 탄화규소는 1500도C가 될 때까지 강도를 보지하고 있으나 1000도C 이하에서는 질화규소 보다는 못하다. 부분안정성 지르코니아는 상온에서 170kg/평방mm의 강도를 표시했다고 보고되고 있으나 그 고온특성은 입증되지 않고 있다. 말하자면 다크호스적인 존재라고 할 수 있다.

그러나 세라믹스가 금속만큼의 높은 신뢰성을 얻는다는 취성극복(脆性克服), 비파괴검사(非破壞檢査)기술등의 많은 벽을 넘지 않으면 안된다. 따라서 어느날 갑자기 올 세라믹스의 엔진이 되는 것이 아니라 비교적 무난한 부분부터 세라믹화 되어가면서 10년후나 15년후에 이르러 알고보니 엔진부품이 세라믹스화 되었다는 식으로 진전될 것이다.

한편 세라믹엔진 바로 그것은 아니나, 질화 규소의 굽힘굽힘에 충분히 견디어내는 특성을 이용한



〈그림-21〉 파인세라믹스의 特性

터어보차아자(過給器)가 「닛산」 자동차 「이스즈」 자동차등에 의해 상용화 되어가고 있다.

터어보차아자를 세라믹화 하면 중량이 2분의 1 이하가 되므로 약간의 배기가스로 작동할 수 있게 된다. 재래의 합금제일 것 같으면 스타트시의 배기

가스량이 적으므로 악셀을 밟아도 금방 효과는 나지 않고 가솔린만 홀리게 되어 연료낭비를 가져오게 하고 있으나 세라믹터어보는 그러한 좋지 못한 점을 보완할 수 있게 될 것이다.

(12) 저압법(低圧法)에 의한 합성실현(合成實現)

- 인공 다이아몬드막(膜)

수 캐럿의 큰알 다이아몬드의 합성

다이아몬드는 자연계에서 가장 단단한 물질로 그 열전도율은 동(銅)의 6배나 되며, 절연성은 알루미늄에 비견한다. 거기에다 투명도도 높고 음(音)의 전파속도도 빠르다. 또 특정의 도우펀트에 의해 반도체도 될 수 있으니, 그 훌륭한 열적(熱的) 전기적 특성에서 첨단재료로서 주목을 받기 시작했다.

합성다이아몬드의 제조기술은 1954년 미국의 제너럴 엘렉트릭(GE)이 니켈을 촉매로 하여 16만기압, 2700도C의 정압합성법(靜圧合成法)에 의해 이루어졌다. 인공다이아몬드를 초경공구(超硬工具)로서 사용할 때는 초경합금등의 연삭(研削)에는 복잡한 형상을 한 수지상결정(樹枝狀結晶)을 Resin으로 Bond한 지석(砥石)을 사용하는 것이나 세라믹스등의 절단에는 형상이 고른 단결정(單結晶)을 동계금속(銅系金屬)으로 접착하여 커터로 한다. 그 칼날 끝에 사용하는 다이아몬드는 0.5밀리사이즈 정도의 단결정이다.

그러나 종래의 합성법에서는 1mm경 이상의 단결정은 어려워 그 이상의 사이즈가 필요한 경우는 천연다이아몬드에 의존하고 있었다.

그럼에도 천연다이아몬드는 품질특성의 가격상의 문제가 있으며 합성대형 단결정의 제조기술 확립이 기대되고 있다. 1mm경 이상의 대형단결정 합성은 고온부에 탄소원료, 중간부에 철, 니켈, 코발트등의 촉매금속을 두고 저온부에 종결정(種結晶)을 설치하여 가열가공하면, 종결정이 점차로 성장하여 대형결정이 된다.

이 방법은 온도차법(溫度差法)이라고 하는데 GE사가 5mm경의 결정을 167시간이나 걸려 합성한다.

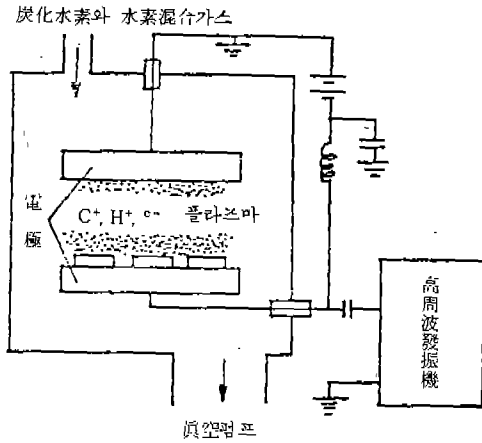
이 방법에서는 결정성장 속도가 늦다든가 불순물등이 혼입한다는 등의 결점이 있다.

그래서 무기재질연구소에서는 무첨가 다이아몬드 소결체, 무첨가질화붕소(無添加窒化硼素)를 만들어 내기 위하여 1000cc의 내용적(內容積)과 10만기압의 초고압 발생능력이 있는 세계최대급의 초고압발생장치를 전설했다.

이 장치는 먼저 길이 4.1m 높이 8.1m 중량 300~400톤의 3만톤 프레스션을 감는 프레임방식이 되어 있다. 그리고 길이 1.2m 폭 4m 높이 5m의 고온정수압 소결장치를 부대시키고 있다. 이 장치에 의해 몇 캐럿이라는 큰 알의 인공다이아몬드를 만들게 될지 기대된다.

저압법에 의한 다이아몬드 합성

이때까지의 인공다이아몬드는 고압고온법이 주류가 되어 있었으나 코스트가 높게 되므로 저압법에 의한 다이아몬드 합성기술의 개발이 진행되고 있다. 세계최초로 성공한 것은 소련 과학아카데미 물리학연구소였으며 이어 무기재질연구소가 상압이하(常壓以下)에서의 미세결정(微細結晶) 막결정형성(膜結晶形成)에 성공하고 있다. 저압법에 의한 다이아몬드합성에는 탄화수소등의 원료가스를 가열한 기판표면(基板表面) 혹은 그 가까이에서 열분해시켜 다이아몬드를 절출시키는 C·V·D(化學氣相) 법과 방전중의 고에너지를 갖는 전자를 이용하여 탄소의 프레스이온, 혹은 여기상태(勵起狀態)의 탄소를 생성하여 다이아몬드를 절출하는 이온방법, 플라즈마 CVD법이 있어 최근에는 후자에 중점이 두어지고 있다.



〈그림-22〉 다이아몬드膜的合成裝置

무기재료연구소가 행한 방법은 석영관중(石英管中)에 기판을 두고 2450Megahertz의 마이크로파 Plasma를 사용하여 700℃의 온도조건을 만들어 여기에 예비가열한 Metha과 수소의 혼합가스를 흘려 1시간의 반응으로 수미크롱경의 미세립자상 다이아몬드와 0.5미크롱 두께의 막상(膜狀)다이아몬드를

생성시켰다. 이 방법에 의해 결정제어도 수백Angstrom에서 수미크롱사이즈까지 된다고 하고 있다. (그림22 참조)

이와같은 저압법 다이아몬드 합성기술이 상용화된면 고압고온합성법(高压高温合成法)에 비해서 월등한 코스트 저감이 가능하며 공구재료로서도 유망하나 생성되는 결정은 수미크롱사이즈이기 때문에 지분공구(砥粉工具)가 주체가 될 것이다. 한편 다이아몬드막은 100미크롱 두께까지 가능한 것으로보여지고 있으나 초경질삭공구의 표면에 다이아몬드·코팅을 할 수만 있다면 종래의 탄화티탄, 질화티탄·코팅보다 훨씬 훌륭한 성능을 가질 수 있다. 또 막상(膜狀) 다이아몬드는 훌륭한 강성(剛性), 열방산성(熱放散性)으로 부터 스피카용 진동판, 레이저·다이오드용 방열기판 혹은 고내열성(高耐熱性)을 갖는 반도체다이아몬드로서 응용 가능성도 있다. 이미 다이아몬드는 붕소(硼素)를 자극제로 하여 P형반도체를 얻을 수 있으나 다시 n형이 되면 실현할 수 있을 것이다. 또 막상 다이아몬드는 보식용(宝飾用)으로도 이용될지 알 수 없다. *

(5 페이지에서 계속)

分은 技術導入에 따른 關聯 原副資材의 輸入이 많다. 따라서 앞으로는 部品輸入에 依한 單純組立生産 關聯技術導入은 可能한限 止揚하고 源泉設計技術導入을 통한 國內 技術開發에 注力해야 하겠고, 技術導入이 不可避한 境遇에는 關聯 原副資材를 可能한限 早期에 國産化하도록 해야 하겠다.

특히 現在 一部地域에 偏重되어 있는 技術導入을 可能한 限 是正되도록 産業界 스스로의 努力이, 要請된다.

둘째로, 通商摩擦의 緩和를 爲해서라도 一部地域에 偏重되어 있는 輸入先을 多辺化 시켜나가야 하겠다. 貿易逆調 是正效果가 큰 品川을 中心으로 可能한 限 最小의 範圍에서 輸入先을 多辺化시킴으로써 通商摩擦을 解消시켜 나가고 對外 環境變化에 따른 原價上昇 圧迫이나 供給先의 橫暴等を 排除시켜 나가도록 해야 하겠다.

세째, 關稅制度의 彈力的 運用을 통하여 供給의 安定化가 必要한 主要 原副資材에 對하여는 割當關

稅를 適用하여 供給의 원활화를 圖謀하고, 競争力이 없거나 附加價値가 낮은 製品에 所費되는 輸出用 原副資材에 對한 輸入을 抑制하여 實益이 적은 輸出은 止揚해 나가도록 해야 하겠다. 또한 輸入自由化 品川에 對해서는 市場機能原則에 依한 價格이 形成 되도록 民間發展協議會를 活性化해 나가겠다.

끝으로 電機製品 貿易逆調 是正과 原副資材의 安全確保對策은 産業界의 努力如何에 달려 있음을 再認識해야 하겠다. 需要가 많지 않기 때문에 原副資材에 對한 技術開發 努力이 不足하고 技術水準이 낮기 때문에 海外依存의 일 수밖에 없다는 過去의 생각을 再考하여 輸入이 完全自由化함에 따라 世界市場이 바로 우리의 市場이라는 생각으로 製品開發에 더 많은 努力을 傾注하여야 하겠다.

이와 같은 空圍氣가 成熟될 때 우리 電氣工業의 先進化와 電機製品의 國際競争力 確保가 加速化 되리라고 믿어 의심치 않는다. *