

자동차에서의 화인세라믹스의 이용

Application of Fine Ceramics in Automobile

趙 慶 國*
Kyung-Kook Cho

1. 머리말

화인세라믹스가 앞으로 산업의 비약적 발전을 뒷받침할 새로운 재료로 세상의 주목을 끌기 시작한 지 이미 수년이 경과하였다.

처음에는 기대만이 부풀어 단시일내에 공업재료의 주역자리를 차지할 것같은 일종의 열병상태가 되기도 하였다. 그러나, 최근에 와서 드디어 기대와 현실을 구별하여야 할 많은 문제점이 있음을 인식함과 아울러 이를 실현하기 위해서 지금 무엇을 어떻게 하여야 할 것인가를 진지하게 토론하게 되었다.

자동차분야를 살펴 보아도 car-electronics를 뒷받침하고 있는 기능성 세라믹스는 이미 확고한 자리를 차지하고 있는데 비하여 구조용 세라믹스는 지금 막 첫발을 내딛기 시작하였다.

자동차의 장래를 생각할 때 새로운 재료에 기대하는 바가 크며, 특히 화인세라믹스는 그 기대에 부응할 수 있는 충분한 소질을 갖고 있음은 의심할 여지가 없다. 그러나 자동차의 경우, 상품으로서의 매력, 신뢰성, 가격 등의 면에서 엄격한 제약이 있으며 실용화에는 아직도 많은 미해결의 문제가 산적해 있다.

‘화인세라믹스 발전의 전인차적 역할을 자동차가 한다’는 열면 기대도 있고, 또 이 기대를

단순한 꿈으로 끝내지 않기 위해서는 이제부터 무엇을 어떻게 하여야 할 것인가를 구체적으로 생각하는 데 다소나마 도움이 될까 하여, 자동차에서의 세라믹스 이용의 현황을 간추려 보았다. 또 여기에서는 소위 화인세라믹스에 한정시키지 않고 좀 더 넓은 관점에서, 세라믹스를 생각해 보기로 한다.

2. 자동차에 사용되고 있는 세라믹스

현재 운행되고 있는 자동차에 사용되고 있는 세라믹스 부품을 열거해 보면 표 1에 나타낸 바와 같이 30점이 넘는다. 이들은 한대의 차에 모두가 사용되는 것은 아니나, 부품에 따라서는 한대에 여러 개가 사용되고 있는 경우도 있으며 그 내용은 전자기적 특성을 이용하는 기능성 세라믹스가 압도적으로 많다.

중요한 몇 가지 부품에 대하여 그 사용법의 개요를 설명하기로 한다.

(1) 점화플러그(spark plug)

점화플러그는 자동차용 세라믹스 중에서 역사적으로 가장 오래된 것으로 그 구조는 그림 1과 같이 전극, 하우징, 애자의 세 부분으로 구성되어 있다. 세라믹스는 전극과 하우징 사이를 절연하는 애자의 역할을 하고 있다. 이 애자는 일부가 연소실에 노출되어 있으므로 열적으로 상

표 1. 자동차에 사용되고 있는 세라믹스 부품

부 품 명	재 료[특성]	부품(시스템)의 기능
기능성 세라믹스		
점화 플러그 glow plug auto choke heater 혼합기 heater 연 료 heater 온장고 heater hand warmer blower resistor motor core distributor rotor 전자 buzzer 산소 센서 lean 센서 knock 센서 조음파 센서 雨 센서 수온 센서 배기온도 센서 연료 level 센서 성에 센서 light 센서 hybrid IC 기판 IC package 콘덴서 LED 형광표시관 EL	알루미나[절연성] 질화규소[절연성] 알루미나[절연성] PTC heater PTC heater PTC heater PTC heater thermister ferrite [자성] 導電性 ferrite PZT [압전성] zirconia, titania [이온전도성] zirconia [이온전도성] PZT [압전성] PZT [압전성] PZT [압전성] thermister thermister thermister 인산아연[전기저항] photo cell [광전변환] 알루미나[절연성] 알루미나[절연성] 티탄산 바륨[誘電性] Ga. 인등[발광성] 산화아연[발광성] 硫化아연[발광성]	가솔린 엔진에서 혼합기에 불꽃 점화한다. 디젤엔진에서 시동시의 착화물 돕는 heater choke상태를 자동적으로 해제하기 위한 heater 저온시, 혼합기를 가열하여 연소를 좋게 한다. 디젤 엔진에서 저온시의 연료 固化를 방지한다. 車載 溫藏庫 저온시, 손끝을 따뜻하게 하는 heater blower motor의 과전류를 방지한다. 영구자석에 의한 motor의 소형화 전파잡음의 방지 속도 경보등 배기가스중의 산소를 검지하여, 삼원 촉매를 효율 좋게 작용하게 한다. 배기가스중의 산소를 검지하여, 연비가 좋은 희박연소 실현 knocking에 의한 진동을 검지하여, 엔진을 효율 좋게 작동시킨다. 초음파로 후방의 장애물을 검지하여, 경보등 보낸다. 빗방울의 충격을 검지하여 wiper를 작동시킨다. 엔진 냉각수의 온도를 검지한다. 촉매의 온도를 검지한다. 연료량의 감소를 온도에서 검지한다. 후방 window의 성에를 검지하여, defogger를 작동시킨다. 주위의 밝기를 검지하여 헤드라이트를 점멸시킨다. electronics 부품에 널리 사용되고 있다. 계기판에 널리 사용되고 있다.
구조용 세라믹스		
와류실 mechanical seal rocker-arm pad 촉매換體 pallet honeycomb 피스톤링 단열재	질화규소[단열성] [내열성] 알루미나[내마모성] 질화규소[내마모성] 알루미나[내열성] 코디라이트[내열성·저열팽창성] 알루미나, 실리카섬유[내마모성] 알루미나, 실리카섬유[단열성]	디젤 엔진에서, 시동시의 소음을 줄인다. 디젤엔진에서, 고온연소에 의한 고출력력을 실현 water pump축 seal로, 相對材는 carbon Maintenance 기간의 연장. 귀금속 촉매를 표면적을 넓게하여, 효율 좋게 작용시킴 알루미나 纖維 피스톤의 구부러진 FRM화로, 고온 마모 특성을 향상. 촉매 converter의 단열

당히 가혹한 조건에 놓이게 되기 때문에 고순도의 알루미나가 사용되고 있다.

또 금속재료와의 결합에 있어서도 연소실의 고온·고압에 견디는 기밀성과 열전도성을 구비함과 동시에 부착하중이나 운전시의 진동에 견디는 강도 등, 가혹한 조건에 대응할 수 있도록 하

는 연구가 행해지고 있다.

(2) 산소 sensor (배기가스 정화시스템)

삼원촉매에 의한 배기가스 정화시스템에는 산소센서가 반드시 필요하며, 그것은 배기가스 중의 산소의 극히 적은 변화를 검지한다. 그

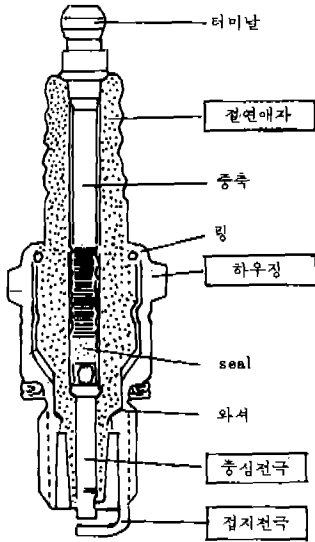


그림 1. 점화플러그의 구조

결과에 따라 엔진이 흡입하는 공기와 연료의 혼합비율(A/F)을 일정하게 제어하고, 한 세트의 커금속으로, 탄화수소(HC)와 일산화탄소(CO)의 산화 및 질소산화물(NO_x)의 환원을 동시에 효율성있게 행할 수 있다.

이 시스템은 다른 정보와 연관시켜 엔진종합 제어의 일역을 담당하고 있다.

(3) lean sensor (희박연소시스템)

lean sensor는 엔진의 흡입 출력, 연비, 배기

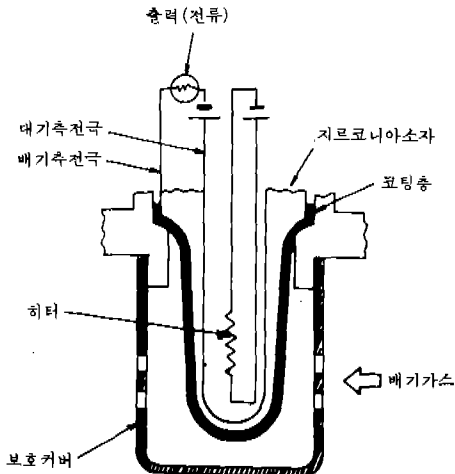


그림 3. lean센서의 구조와 특성

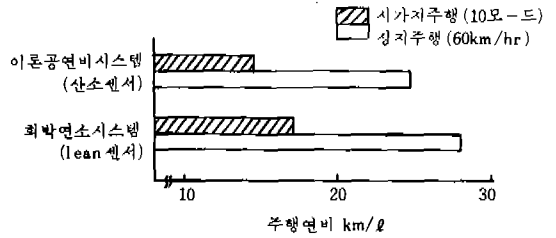
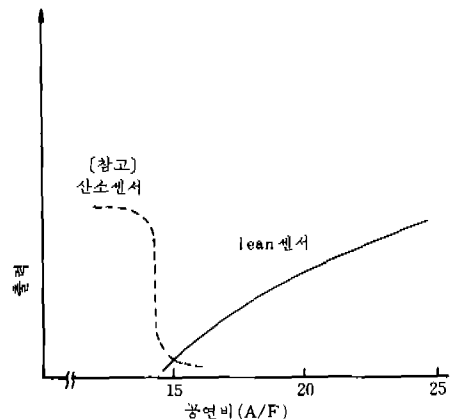


그림 2. 희박연소시스템에 의한 연비향상효과

가스의 상한되는 과제를 일시에 해결해 주는 희박연소의 실현에 불가결한 것이다. 먼저 Toyota 자동차가 실용화시킨 시스템에서는 그림 2에 표시한 바와 같이 대폭적인 연비향상이 도모되고 있다.

기본적으로는 산소센서와 비슷하나 구조, 특성은 그림 3에 표시한 바와 같고 A/F가 높은 영역에서 산소량의 변동을 정확하게 검지할 수 있도록 zirconia소자표면을 코팅하여 전압을 가한 상태로 하든지, 히터를 부설하여 소자의 온도를 일정하게 유지될 수 있도록 하는 방법이 연구되고 있다.

희박 연소엔진의 시스템은 그림 4에 표시한 바와 같이 수온이나 배기온도 등, 관련되는 정보를 종합적으로 처리한 결과에 따라 연료의 분사 조건이나 실린더 내의 소용돌이 상태를 제어하는 기구와 강력한 불꽃을 발생시키는 점화계 등으로 구성되어 있다.



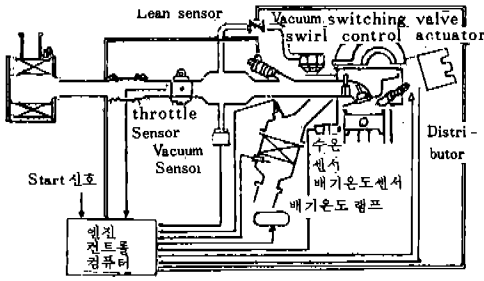


그림 4. 희박연소 엔진의 시스템 개요

(4) knock sensor (점화시기 제어 시스템)

녹 센서는 엔진의 효율이 가장 좋게 운전되는 녹킹 직전 상태에 점화 시기를 맞추도록 제어하는 것으로 엔진의 녹킹(이상 연소)을 실린더 블럭의 기계적 진동으로 검지하는 것이다.

처음에는 녹킹을 일으키기 쉬운 turbocharger 가 있는 엔진에만 사용되었으나, 최근에는 보통 엔진에도 사용되고 있다.

(5) 초음파 sensor (후방 장애물 검지시스템)

이 시스템은 차의 뒷쪽 범퍼로부터 초음파를 발진시켜 그 반사로 장애물을 검지, 경보를 발생시키는 것으로 초음파의 발진과 수신에 압전 소자가 사용되고 있다.

(6) 혼합기 heater (PTC heater)

이는 추울때 가솔린의 기화를 촉진시키기 위하여 기화기에 부착시킨 히타로 한냉지에서의 엔진 시동성을 원활하게 함과 동시에 연비 향상에 도 도움이 되고 있다.

PTC heater는 그 자체가 발열함과 동시에 온도가 어느 일정값 이상이 되면 전기저항이 급상승하여 자동적으로 전류를 감소시키는 온도조절 기능도 가지고 있기 때문에 급속 가열에 적합하다.

(7) glow plug

glow plug는 디젤 엔진의 저온 시동성을 양호하게 하기 위해 연소실에 삽입하는 heater이다. 그리고 그 가열 소요시간을 단축시키기 위해 세라믹스 애자속에 금속 발열체를 삽입시킨 소형 heater를 사용하고 있다. Isuzu자동차에서 실용화된 것은 질화 규소를 사용한 것으로 가열시간

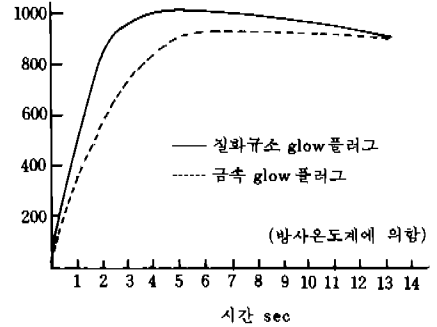


그림 5. glow 플러그의 세라믹화에 의한 온도상승효과

은 그림 5에 표시한 바와 같이 향상되고 있다.

(8) 와류실

디젤 엔진의 부 연소실을 형성하는 와류실(chamber)을 세라믹화 시킴으로서 엔진의 개량이 실현되고 있다. 현재 두가지 상이한 방법이 실용화되고 있는 데 그 하나는 Isuzu자동차에서 실용화된 것으로 보통의 디젤 엔진에서 세라믹스의 단열효과를 이용하여, 주로 아이들링시의 소음감소를 도모하고 있는 것으로서 그 효과는 그림 6에 표시한 바와 같다.

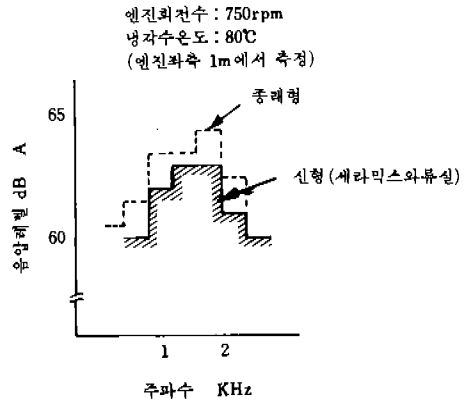


그림 6. 세라믹스 와류실에 의한 아이들링 소음저감효과

다른 하나는 Toyota 자동차에서 실용화된 것으로 turbocharger 부설 디젤에서 그림 7과 같이 대폭적인 고 출력화가 이루어지고 있다. 이는 세라믹스의 내열성을 이용하여 고온 연소를 실현

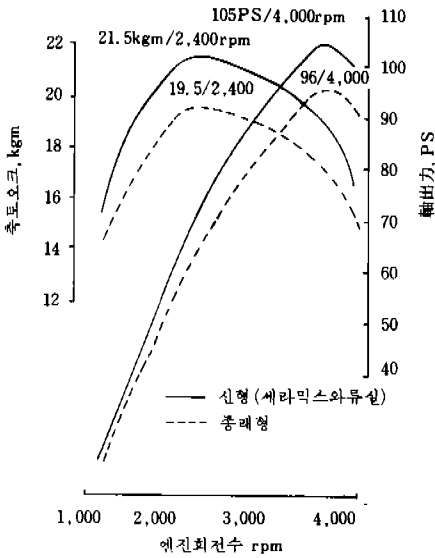
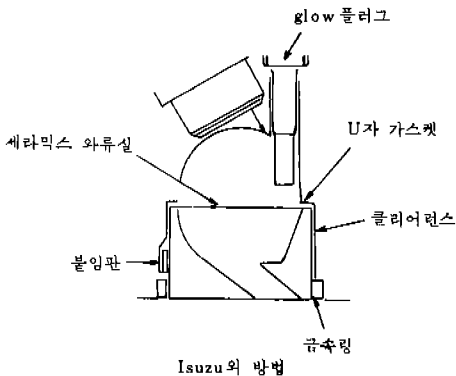


그림 7. 세라믹스 와류실에 의한 출력 향상 효과

한 결과이다.

이 부품의 경우, 강도가 더 높은 세라믹스로 함과 동시에 실린더 헤드에 부착시키는 방법도 연구되고 있으며, 유한 요소법 등의 해석 방법을 사용하여, 형상적으로 응력의 감소될 도모하는 한편, 그 유지 방법도 연구되고 있다. 그림 8에 나타나 있는 바와 같이 Isuzu에서는 U자 gasket를 매개시켜 금속링으로 상하 방향에서 고정하고 외주에 일정한 clearance를 갖게 한 soft한 지지 방법을 택하고 있다. 한편 Toyota에서는 세라믹스 자체는 외주를 금속링으로 소결, 고정시키는



hard한 방법을 택하고, 실린더 헤드간은 soft하게 고정시키고 있다.

(9) rocker-arm pad

엔진 중에서도 특히 심한 운동조건에 구속되는 valve rocker-arm pad부를 세라믹스 함으로써 내구성을 향상시킨 것으로 Mitsubishi자동차에서 실용화되었다.

이 부품의 경우 pad의 접촉면은 가격면에서 부담이 큰 연삭 가공을 택하지 않고, 소결한 그대로 완성시키는 제조상의 연구가 행해지고 있어서, 가격문제에 대한 하나의 시금석으로 주목되고 있다.

(10) 피스톤 링

이는 세라믹스 섬유와 알루미늄 합금의 FRM 인테 그림 9에 표시한 바와 같이 피스톤의 top ring을 삽입하는 홈부분을 국부적으로 강화한 것

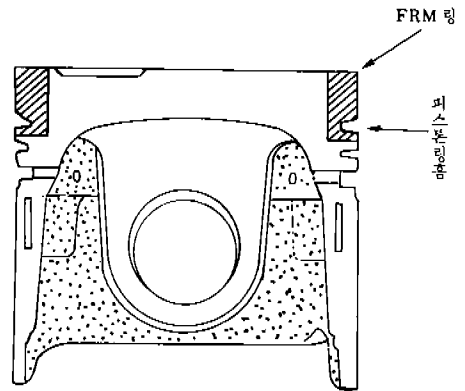


그림 9. FRM 링붙임 피스톤

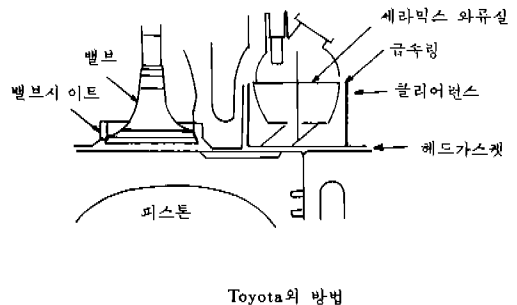


그림 8. 세라믹스 와류실의 실린더헤드에서의 장착방법

이다.

이로서 디젤 엔진의 고온에서의 내소부성, 내마모성이 크게 향상되고, 엔진 성능의 향상에 기여하고 있어서 세라믹스는 하나의 사용방법으로 주목되고 있다.

3. 장차의 세라믹스에 대한 기대

(1) 장래의 자동차

장차 자동차에 요망되는 바를 예측하기 곤란하나 기본적인 면에서의 변혁은 생각할 수 없으며 그림10에 표시한 것과 같은 상품성, 자원, 에너지, 사회적 대응 등의 면에서 보다 좋은 획기

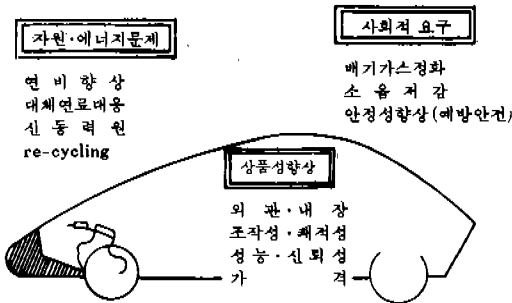


그림10. 장래의 자동차의 과제

적인 기술의 개발이 필요하게 될 것이다.

특히 상품성의 면에서는 눈길같은 도로조건에 여하를 막론하고 마음대로 달리고, 방향을 바꾸며, 멈출 수 있는 차로서의 기본적성능의 향상과 조용한 공기조절, 필요한 정보를 손쉽게 주고 받을 수 있는 쾌적한 공간의 실현이 요청될 것이다. 그리고 이들은 개인적인 취향에 관계되는 부분이 많기 때문에 다양화에 대한 적응도 큰 과제가 될 것이다.

또 사회적 적응과도 관련되는 일이지만 사고를 미연에 방지하는 안전예방에 대한 요망도 한층 더 높아질 것이다.

에너지문제는 한때에 비하면 약간 관심이 적어졌듯 하나, 장기적으로는 역시 중요한 과제이며, 연비를 한단계 향상시키는 것 외에, 보다 유리한 에너지로 가동될 수 있는 동력원의 개발도 요청될 것이다.

또 자원면에서는 자동차로서의 사용량이 많기 때문에 re-cycle 문제도 피할 수 없는 문제이다.

그리고 이들 과제를 해결함에 있어서 필연적으로 가격면의 제약이 따를 것이다.

이들의 때로는 상반되는 곤란한 문제에 대처하기 위해서는 새로운 재료에 대하여 기대하는 바가 상당히 커질 것이다.

(2) 세라믹스의 사용방법

<기능성 세라믹스>

앞서 언급한 바와 같은 장래의 자동차를 실현함에 있어서는 여러가지 고성능sensor나 소형 고성능 actuator의 개발이 필수적이며, 또 전기를 사용하는 장치가 증가함에 대응하여, 소형 고성능 battery의 개발도 필요하게 된다. 또 신호의 광전송화도 진전될 것이다.

이들에 대응할 수 있는 재료로서 기능성 세라믹스의 개발이 한층 더 촉진되지 않으면 안될 것이고, 이에 따라 사용량도 확실하게 신장될 것이 예상된다.

<구조용 세라믹스>

구조용 세라믹스의 경우, 우선 세라믹스를 사용함으로써 생겨나는 잇점을 밝히는 것이 긴요한 일이다. 현시점에서 기대되는 바를 요약하면, 표 2에 표시한 바와 같으나 이하 엔진별로 설명하기로 한다.

1) 가스터어빈 엔진

세라믹스에 대한 매력중 가장 떨쳐 버릴 수 없는 것은 역시 가스터어빈 엔진이다. 자동차용의 소형인 경우에는 blade내 냉각시스템이 구조상 곤란한 점이 있어, 금속재료에 의존하는 한 연소 가스온도는 1,000℃가 상한으로 되고 있다. 이곳에 세라믹스를 사용하여 1,300~1,400℃의 연소 가스를 도입할 수 있으면 열효율이 40% 이상으로 크게 향상될 것이다. 원래 가스터어빈은 연료의 종류를 가리지 않는다는 잇점이 있어 장래의 자동차용 엔진으로 각광을 받을 가능성이 큰 것이다.

이때 연소기, 터어빈 블레이드, 중간duct, 열교환기 등 엔진의 대부분을 세라믹스화할 필요가 있으며, 문자 그대로 세라믹스 엔진이 등장하게 되는 것이다.

표 2. 구조용 화인 세라믹스에의 기대

자동차에서의 잇점	검 토 내 용	세라믹스의 특성
연비의 향상	<ul style="list-style-type: none"> 엔진구조의 개선 배기에너지의 회수 (회수효율을 높이기 위해서는 배기가스의 고온화가 필요) 손실마력의 저감 (마찰손실의 저감, 무냉각수화, 무윤활화) 중량의 저감 	단열성 단열성, 내열성 마찰·마모특성, 내열성 경량성
배기가스의 정화	<ul style="list-style-type: none"> 엔진 연소의 개선 디젤 煤의 捕集 	단열성 내열성
성능의 향상	<ul style="list-style-type: none"> 고온 연소에 의한 출력의 향상 turbocharger의 성능향상 (응답성의 향상, 고온작동화) 	내열성 경량성, 내열성
소음의 저감	<ul style="list-style-type: none"> 엔진 연소의 개선 clearance의 저감 	단열성 저 열팽창성
내구성의 향상	<ul style="list-style-type: none"> 마모문제의 저감 부식문제의 저감 	마찰, 마모특성 내식성
대체 연료에의 대응	<ul style="list-style-type: none"> 디젤 연료의 세탄가 저하에의 대응 	단열성
신동력원의 실현	<ul style="list-style-type: none"> 소형가스 터빈 엔진의 열효율 향상 소형 스테링 엔진의 열효율 향상 	내열성 내열성
자원문제에의 대응	<ul style="list-style-type: none"> 고급 금속의 대체 	내열성, 마찰·마모특성

그러나 가스터빈엔진자체를 자동차용 동력원으로 자유롭게 사용하기 위해서는 세라믹스 이외에도 해결하여야 할 기술적 과제를 안고 있기 때문에 실용화까지는 많은 시간이 걸릴 것이라고 생각된다.

2) 레시프로엔진(왕복피스톤 엔진)

가스터빈 이전에 현재의 주류인 레시프로(왕복피스톤)엔진에서 세라믹스를 유용하게 사용하는 연구가 각국에서 행해지고 있다.

레시프로 엔진도 열기관인 이상, 연소온도를 높일 수 있으면 열효율이 커질 것이다. 현재의 열효율은 가솔린엔진의 경우 30%정도, 디젤엔진의 경우라도 35%정도라고 하고 있으나 이는 운전조건이 가장 양호한 경우이며, 보통의 주행상태에서는 10%전후밖에 되지 않는다. 따라서 이를 조금이라도 개선할 수 있으면 큰 이득이 될 것이다.

승용차용의 주류인 가솔린엔진의 경우 연소실 계에 세라믹스를 사용하고자 한다면 먼저 pre-

ignition(조기착화)에 의한 이상연소가 발생하여, 출력이나 연비가 반대로 저하하여 이 문제를 해결하기 위해서는 많은 곤란이 예상된다.

한편 디젤엔진의 경우에도 착화지연시간의 감소나 체적효율의 저하 등의 문제가 발생하나 다른 종류의 해결방법이 고안되고 있다. 그리고 연료의 성장악화의 대응도 포함시켜, 적극적으로 이득을 얻어낼 수 있는 가능성이 있다.

지금까지 가장 주목을 끌고 있는 것이 가민즈사가 개발한 배기에너지의 회수시스템이다.

기본적인 구성은 그림11에 표시한 바와 같으며, 연소실, 배기계를 세라믹스로 단열시켜 배기가스를 되도록 고온으로 하여 먼저 turbocharger로서 작동시킨 후, 이어서 power turbine을 구동하여 출력으로 얻어내는 것이다. 최종적인 열효율은 냉각수나 윤활유를 없애는데 따르는 손실의 감소 등을 감안하여 50% 정도로까지 높일 것을 목표로 하고 있다.

이와 같은 시스템은 고속트럭이나 군사용 등

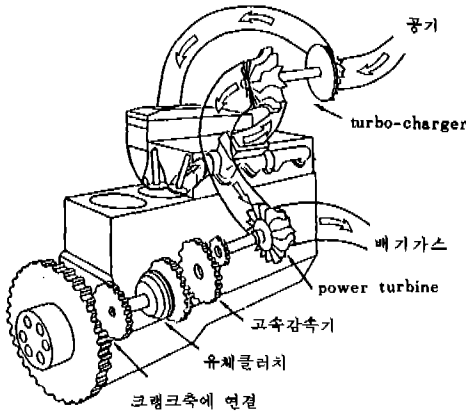


그림 11. turbo-compound 엔진 概要

특수한 용도의 차 이외에는 사용하기 곤란한 면이 많으며 특히 배기에너지의 회수방법 자체에 관하여 폭 넓은 검토가 필요할 것이다.

이상 주로 에너지의 관점에서 살펴 보았으나 이외에도 표 2에 표시한 폭넓은 관점에서 이득을 얻을 수 있는가도 검토되어야 할 것이다.

현재 주목을 끌고 있는 turbo-charger rotor의 세라믹스화는 관성모멘트의 감소에 의한 응답성의 향상을 꾀한 것이나 장래의 차로서는 경량화 이외의 세라믹스가 가지는 특징을 잘 조합시켜 갈 필요가 있을 것이다.

4. 구조용 세라믹스 실용화의 과제

앞서 말한 자동차로서의 이득추구와 동시에 부품으로서의 신뢰성이 확보되지 않으면 실용화는 당연히 달성되지 않는다. 따라서 신뢰성의 면에서 금후 해결하여야 할 과제에 대하여 아래에 기술하고자 한다.

신뢰성의 확보란 단적으로 말하면 세라믹스의 결점을 어떻게 보완하는가 하는 문제이다. 구체적으로는 脆性材料로서의 설계·평가기술의 확립, 재료특성 자체의 안정, 향상, 금속재료와의 결합기술의 확립이다.

이 중에서도 특히 중요한 것은 설계평가 기술이다. 일반적으로 부품을 설계할 때 재료여하에 구애되지 않고 필요로 하는 “기본적인 요소”와

사용되는 재료의 “고유한 요소”로 나누어 생각할 필요가 있다.

세라믹스에 대하여 살펴 보면 이제까지는 취성에 관한 고유한 요소, 예를 들면 파괴인성치 등에 중점을 둔 반면, 기복적인 요소, 예를 들면 피로나 creep, 지연파괴, 혹은 고온에서의 부식 등에 관한 자료가 상당히 불비한 상황에 있다고 할 수 있다. 흔히 “세라믹스에 적합한 설계”라고 말하여지고 있으나 이를 구체적으로 검토하려면 기본적인 자료의 축적이 한층 더 요망된다.

기본적인 자료는 금속재료와 비교하는 것이 가능하나 측정방법에 대해서는 세라믹스의 특징을 고려하여야 한다. 그리고 자료의 정리에 있어서도 설계에 유용하도록 사용한다는 관점에서, 엄밀하게는 분포상의 문제는 있어도 정규분포에 근사시켜, 그 재료 혹은 그 lot로서의 하한보증치가 추정되도록 할 필요가 있다.

현재 JIS에 규정되고 있는 강도시험법은 상온에서의 곡강도시험 뿐이다. 금후 빨리 고온을 포함하는 다른 시험법이 정비되어 많은 자료가 의의있게 이용되는 상태가 되어야 할 필요가 있다.

또 비파괴검사에 대해서도, 단지 결함을 검출하는데에 그치지 않고 강도와와의 상관관계를 명확히 하여 실제로 유해한 결함을 검출하는 방법이 확립되지 않으면 안된다.

중극적으로 품질은 검사에서가 아니라 공정에서 만들어져야 하며 품질의 안정성이 높아지면 원료분말, 성형, 소성, 가공 등 각 단계에서는 획기적인 개선이 요구된다. 이는 최종적으로 세라믹스의 발전을 크게 좌우하는 가격문제와도 깊은 관련성이 있다.

끝으로, 세라믹스를 기계부품으로 사용하는 경우에는 반드시 어느 곳에서든지 금속재료와 결합시키지 않으면 안된다. 아무리 우수한 세라믹스부품이 제작되었다고 하더라도 금속과의 열팽창율이나 Young율의 차이, 친화성 등 미시적인 소성변형의 유무등을 잘 극복하지 않으면 실용화까지 도달하지 못할 것이다.

5. 맺는말

이상 말한 바와 같이 현재의 자동차에는 이미 상당히 많은 세라믹스부품이 사용되고 있으나, 이제부터 구조용을 주제로 하여 어떤 위치를 확립해가기 위해서는 아직도 해결되어야 할 문제가 산적되어 있다.

현재의 상황으로는 연구개발이 진전됨에 따라 그 어려움을 통감하는 경우도 있으나 이들 난문제를 하나 하나 확실하게, 경우에 따라서는 발상의 전환을 겨냥한 광범위한 검토를 하면서 전체의 발걸음을 맞추어 해결을 도모함이 필요하다.

이렇게 하기 위해서는 세라믹스, 금속, 수지 등의 재료는 물론 설계, 평가 등 각 전문분야의 사람들이 서로 협력하고 때로는 관련분야의 내용을 서로 중첩되게 같이 연구해 봄도 필요할 것이다.

그렇게 하면 세라믹스가 가지는 특징을 유효하게 활용한 새로운 제품을 만들어 내는 일이나, 세라믹스의 결점을 보완하는 획기적 방법도 기대할 수 있다. 그리고 현재 주목되고 있는 질화규소, 탄화규소 혹은 지루코니아 보다 더 우수한 재료나 재료처리기술의 개발도 기대될 것이

다.

자동차부품으로 실용화함에 있어서는 평가가 특히 중요하다. 최종제품 상태에서의 신뢰성 보증을 탑재하는 차종이나 실제로 사용되는 환경 조건도 고려하여 자동차 제조회사가 책임을 져야만 할 것이다. 그러나 거기에 이르기까지의 단계, 즉 단순한 형상의 재료시험편에서 부품에 이르기까지의 중간단계에서의 평가에 대해서는 보편화된 필요사항으로서, 각 분야의 사람들이 협력하여 효율 좋게 진행시킬 수 있는 영역이 있으리라고는 생각된다.

이와 같은 사고방식은 평가면에만 한정되는 것이 아니라 재료나 제조법의 개발, 금속재료와의 결합기술 등에도 적용되는 영역이 있으리라고 생각된다.

이와 같은 관점에서 현재 「산관학」의 협력체 제하에서 진행되고 있는 여러가지 활동이 유기적으로 작용하여, 우리나라 화인세라믹스에 관한 기술수준의 향상에 도움이 될과 동시에, 국제적인 협동체제가 이루어져 가는 것에 크게 기대하는 바이다.