

자동차용 구조용 세라믹 부품

Structural Ceramic Parts for Automobile

유 승 을
S. E. Yoo



유 승 을
• 1960년 10월생
• 세라믹 재료
• 한국자동차부품종합기술연구소(KATECH) 연구개발부 소
재용용2실

적으로 많았으나 최근에는 엔진의 연비향상 및 고성능화를 위해 비산화물계를 주체로한 구조용 세라믹스도 응용되고 있어 앞으로 그 중요도와 이용도는 더욱더 확대될 전망이다.

본 글에서는 구조용 세라믹스의 자동차 부품으로써의 응용예와 이의 연구개발 현황에 대하여 간단히 정리하여 소개하고자 한다.

1. 서 론

세라믹스의 구조재료로서의 실용화는 1980년 대에 들어와서 자동차용, 산업용으로 폭 넓게 진행되어 왔다. 이러한 배경에는 고신뢰성 세라믹 재료의 개발, 정도 높은 제조기술의 진보, 금속과 세라믹스와의 접합기술등을 들 수 있으나 한편으로는 세라믹스에 대한 사용자측에서의 최적설 계기술, 평가기술등의 진보가 불가결 하였다.

자동차에의 세라믹스의 응용으로써 종래에는 세라믹스의 투광성을 이용한 자동차 유리, 헤드 라이트 렌즈등과 절연성 및 고온 강도성을 이용한 스파크 플러그 등에 한정되어 있어 자동차를 구성하는 재료중에서 세라믹스가 차지하는 비율은 매우 작았다. 그러나 1970년대의 배기가스규제 대책으로 산소센서, 촉매담체등을 중심으로 자동차에의 적용이 시작되어 현재에는 없어서는 안될 재료로 되어 있다. 지금까지는 전기·전자적 특성을 이용한 기능성 세라믹스의 응용이 압도

2. 구조용 세라믹스의 이용

세라믹스 재료는 전기적·자기적·광학적 기능을 이용한 기능성 세라믹스와 기계적·열적·화학적 특성을 이용한 구조용 세라믹스로 크게 분류할 수 있다.

많은 세라믹스 중에서도 자동차에 이용되는 구조용 세라믹스로서는 비산화물계인 질화규소(Si_3N_4), 탄화규소(SiC), 질화 알루미늄(AlN)과 산화물계의 알루미늄(Al_2O_3), 지르코니아(ZrO_2), 코디어라이트($\text{MAS} : 2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) 및 티탄산 알루미늄(Al_2TiO_5) 등으로 매우 한정되어 있다. 이 중에서 비산화물계 세라믹스는 내열성이 우수하며 고온강도가 높고, 내마모성, 내식성이 우수하며 또한 경량이므로 자동차용 세라믹스의 주류를 이루고 있다. 특히 질화규소 재료는, 종래의 알루미늄(Al_2O_3)등 산화물계 세라믹스에 비하여 고온강도, 파괴인성 그리고 내열충격성

등이 우수하기 때문에 구조용으로써 가장 가능성이 있는 재료로 기대되어, 오래전부터 이에 대한 재료개발이 진행되어 왔다. 표 1에 구조용 세라믹재료의 주된 물리적 특성¹⁾을 나타 내었다.

구조용 세라믹스의 자동차 부품으로의 실용화는 스파크 플러그로 시작되어, 1980년대에 들어와 본격적으로 적용이 확대되었다. 자동차부품으로

서 실용화된 예를 표 2에 나타내었다. 이제까지 실용화 된것은 주로 디젤엔진 부품에 적용되어 있고 이들은 현행의 엔진부품의 일부를 세라믹스로 대체함으로써 엔진의 고성능화와 마모저감에 의한 내구성 향상등의 효과를 얻고 있다. 또한 앞으로 세라믹 가스터빈 엔진의 개발도 기대되고 있는 분야이다. 그림 1에 최근 수년간 자동차

표 1 구조용 세라믹재료의 물리적 특성

Property Material	density	room temp. strength	high temp. strength	Young's modulus	fracture toughness	specific strength at high temp.	hardness	thermal expansion	thermal conductivity	thermal shock resistance	
	ρ	$\sigma_B(RT)$	$\sigma_B(1200K)$	E	K_{IC}	$\sigma_z/\rho(1200K)$	HV 10	α	$\lambda(1200K)$	R_1	R_2
	g/cm ³	MN/m ²	MN/m ²	GN/m ²	MN/ $\sqrt{m^3}$	km	MN/m ²	10 ⁻⁶ /K	W/mK	K	W/m
SSN	3.2	800	650	300	6	12.1	15000	3.2	10	300	3000
SSiC	3.15	450	450	400	4.5	8.6	23000	4.5	40	150	6000
MAS	1.0	10	10	12	-	-	-	2	1	300	300
ZrO ₂	5.9	600	300	200	8	3.1	10000	9.8	2	200	400
Al ₂ TiO ₅	3.2	35	25	13	-	-	-	2	2	800	1600

표 2 자동차용 구조용 세라믹부품의 실용화 상황

부 품 명	재 료	자 동 차 메이커	세라믹스 메이커	채용년도	세라믹스화의 효과
글로우 플러그 (Glow plug)	Si ₃ N ₄	Isuzu	Kyocera	1981	· 시동시간 단축 · 진동 · 소음저감
		Mitsubishi	Kyocera	1983	
		Mazda	Kyocera	1985	
		Nissan	N T K	1985	
와류실 (Swirl chamber)	Si ₃ N ₄	Isuzu	Kyocera	1983	· Idling 소음저감 · 동력성능 향상 · Particulate 저감
		Toyota	Toyota	1984	
		Mazda	N G K	1985	
터보차저 로터 (Turbocharger rotor)	Si ₃ N ₄	Nissan	N T K	1985	· 가속응답성 향상 · 동력성능 향상 · 차량성능 향상
		Nissan	N G K	1985	
		Isuzu	Kyocera	1987	
		Toyota	Toyota	1989	
		Toyota	Kyocera	1989	
로커암 팁 (Rocker arm tip)	Si ₃ N ₄	Mitsubishi	N G K	1984	· 마모저감 · 마찰손실 저감
		Nissan	N T K	1987	
		Mazda	Kyocera	1990	
배기포트 라이너 (Exhaust port liner)	Al ₂ TiO ₅	Porsche	Hoechst	1985	· 냉각시스템 간략화 · 배기가스 저감

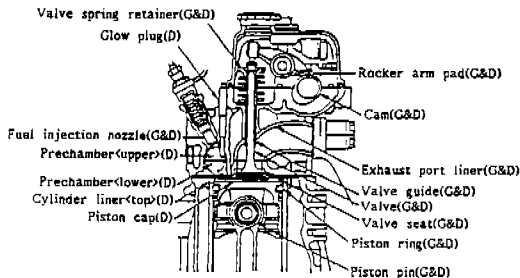


그림 1 세라믹화가 검토되고 있는 자동차 부품

엔진용으로서 실용화 또는 현재에도 연구되고 있는 세라믹스 부품²⁾을 나타내었다. 그림에서 D는 디젤엔진, G는 가솔린엔진 차에의 응용인 것을 나타낸다.

3. 구조용 세라믹부품의 응용현황

3.1 세라믹 글로우 플러그

글로우 플러그는 디젤엔진의 시동을 용이하게 하기위해 연소실에 삽입되어 있는 소형 히터로 디젤엔진은 가솔린 엔진과는 달리 저온시 엔진 시동에 글로우 플러그에 의한 예열이 필요하게 된다. 종래의 금속제 글로우 플러그에 있어서는 저온시 시동하기 까지 20~30초 정도의 예열시간이 필요 하였으며, 또한 금속 슬리브의 내열성이 없으므로 연소온도를 높여 출력을 증가시키는 것이 곤란하였다.

이들 제반 문제점을 해결하기 위한 것으로써 열간가압 소결한 질화규소(HP-Si₃N₄, HPSN) 세라믹스를 이용한 세라믹 글로우 플러그가 일본 Kyocera사에서 개발되어 1981년 Isuzu 자동차에 의해 처음으로 채용되었다. 세라믹 글로우 플러그는 질화규소 소결체에 텅스텐(W) 히터를 내장한 구조로 되어 있다(그림 2). Si₃N₄는 금속과 비교하여 우수한 고온강도를 지니며 연소가스중의 산화환원 분위기 속에서도 산화부식이 발생하지 않는 매우 양호한 내구성을 지닌다. 따라서 Si₃N₄의 열전도성 및 고온에서의 우수한 내산화성을 이용한 세라믹 글로우 플러그는 900°C, 3.5

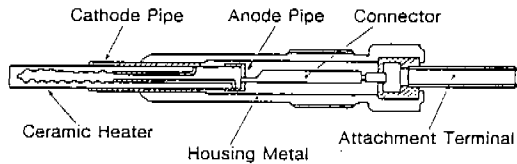


그림 2 세라믹 글로우 플러그의 구조

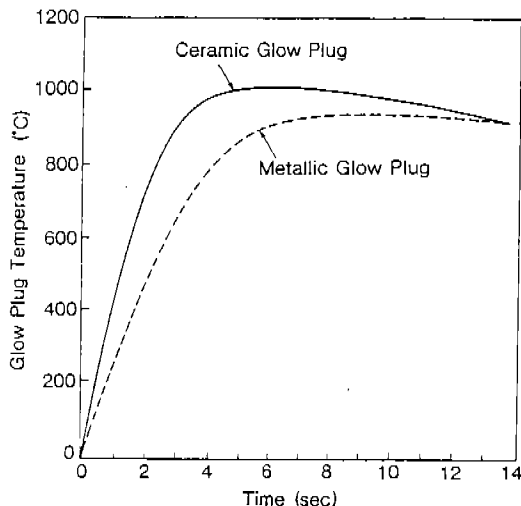


그림 3 세라믹 글로우 플러그의 승온특성

초의 급승온이 가능하므로 예열시간이 대폭 단축되며³⁾, 엔진 시동후에도 after glow로써 가열을 계속하여 연소 안정화에 기여하고 아울러 소음·진동억제 및 배기가스를 청정하게 하는 역할을 한다. 세라믹 글로우 플러그의 승온특성을 그림 3에 나타내었다.

3.2 세라믹 와류실

디젤엔진의 부연소실을 형성하는 와류실을 세라믹화 함으로써 엔진성능 및 내구성 향상을 기대할 수 있다. 세라믹 와류실은 이스즈 및 토요다 자동차에 의해 실용화 되었으나 서로 다른 목적을 갖고 있는데 이스즈의 경우는 세라믹스의 단열효과를 이용하여 idling시의 소음저감을 꾀하고 있으며⁴⁾, 한편 토요다의 경우는 터보차저 탑재 디젤엔진에 장착하여 고온연소에 의해 대폭적인 고출력화를 달성하고 있는 것으로 세라믹스의 내열성을 이용하고 있다.⁵⁾ 형상을 포함

하여 각 사가 독자적 방법으로 설계하고 있는 세라믹 와류실의 장착구조를 그림 4에 나타내었다.

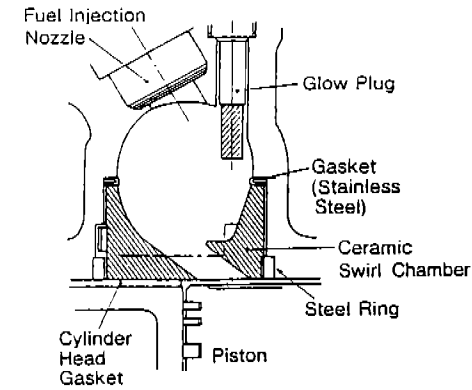
엔진 연소실의 일부를 구성하는 와류실은 2,000~2,500°C의 고온가스에 접하게 되어 표면온도가 900°C 이상으로 가열되어 지며, 한편 외측은 300°C 이하로 강제 냉각되어 매우 큰 온도구배를 갖게 되어있다. 또한 연소와 배기가 반복됨에 따라 온도변화가 격렬하게 일어나는 잔혹한 사용환경 때문에 강도, 내산화성, 내침식성이 우수한 Si_3N_4 재료가 사용되고 있는데 승용차에 과급식 디젤엔진이 많이 탑재되면 종래에 사용해 오던 고가의 Nimonic(Ni-Mo계 내열합금)의 대

체에 의한 경제적 효과도 기대할 수 있다.

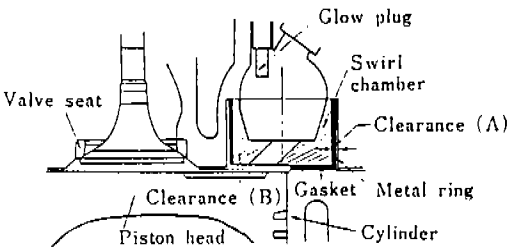
한편 마쯔다 자동차는 와류실 내부 전체를 고온강도가 큰 Si_3N_4 재료로써 세라믹산화 함으로써 엔진 시동시나 idling시의 불완전 연소를 대폭 개선시켜 미립자의 발생을 크게 억제하는데 이용하고 있다.⁶⁾

3.3 세라믹 터보차저

터보차저를 장착한 엔진은, 자연급기의 엔진에 비하여 엑셀개도에 대한 가속응답성이 약간 뒤떨어 지므로 이를 개선하기 위해서 회전부분의 관성질량을 작게할 필요가 있었다. 따라서, 가속응답성의 개선을 목적으로 종래의 Ni기 내열합



a) 이스즈 방식



b) 토요다 방식

그림 4 세라믹 와류실의 장착구조

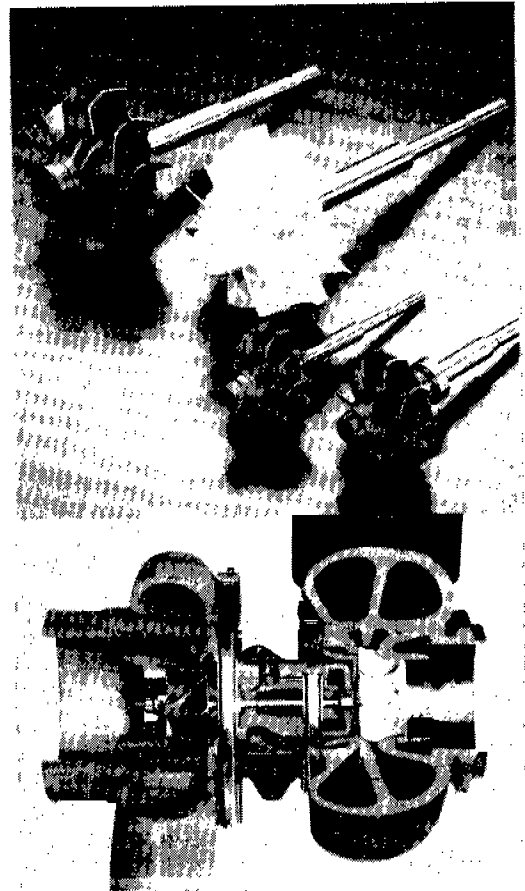


그림 5 Si_3N_4 터보차저 로터 및 터보차저 단면

금제 로터보다 경량이며 아울러 장래의 사용온도 상승에 의한 고출력화를 고려하여 세라믹 터보차저가 개발되었다. 일본특수도업(NTK)사에서 개발한 세라믹 터보차저(그림 5)는 1985년 10월 세계에서 처음으로 실용화되어 시판차인 Nissan의 Fairlady Z에 탑재 되었으며⁷⁾, 현재 NTK에서 개발한 세라믹 로터만도 1990년까지 약 40만대 이상에 장착되어 있다.

터보차저 로터는, 10수만rpm의 고속회전과 900°C 전후의 고온 배기가스에 접하게 되어 열응력과 기계적응력이 동시에 부가되는 동적부품이다. 이와같은 가혹한 사용환경에 있어서는 고온강도, 파괴인성, 내열충격성등이 요구되므로 일본 NTK사에서는 로터 재료로써 가스압소결 Si_3N_4 (GPSN)를 사용하여 사출성형법으로 로터부를 성형하고, 금속축과의 접합은 활성금속법을 이용한 경납법법에 의한 접합기술을 채용하여 터보차저 로터를 제조하고 있다.⁸⁾ 이와같이 세라믹 터보차저 로터의 개발에 있어서는 재료개발, 성형기술 개발, 접합기술 개발 및 엔진 평가기술 개발등이 불가결하였다.

세라믹 로터와 금속 로터의 관성모멘트 및 가속응답성을 비교하면 관성모멘트는 회전체 전체로 34%가 감소하고, 가속응답성은 10만rpm까지의 도달시간이 36% 단축되어 대폭 개선된다. 세라믹스 로터와 금속제 로터에 있어서 가속성능을 비교한 일례를 그림 6에 나타내었다.⁹⁾ 앞으로 세라믹 터보차저는 엔진의 출력향상과 아울러 배기가스 대책에도 유효한 부품으로서 용도가 한층 넓혀질 것으로 사료된다.

3.4 세라믹 로커암

로커암과 같은 접동부품에서 가장 중요시 되고 있는 것은 내마모성이다. 자동차부품의 경량화, 내마모성 향상을 목적으로 maintenance 기간의 연장, 마모의 저감을 달성하기 위해 로커암의 선단부에 Si_3N_4 를 이용하여 금속암에 접합한 로커암이 개발되어 생산되고 있다(그림 7). Si_3N_4 를 사용한 로커암은 종래의 소결합금체에 비하여 100시간의 시험에서 tip마모량이 1/10이하, 상대속인 캠노즈톱의 마모량도 1/6이하로 감소하는

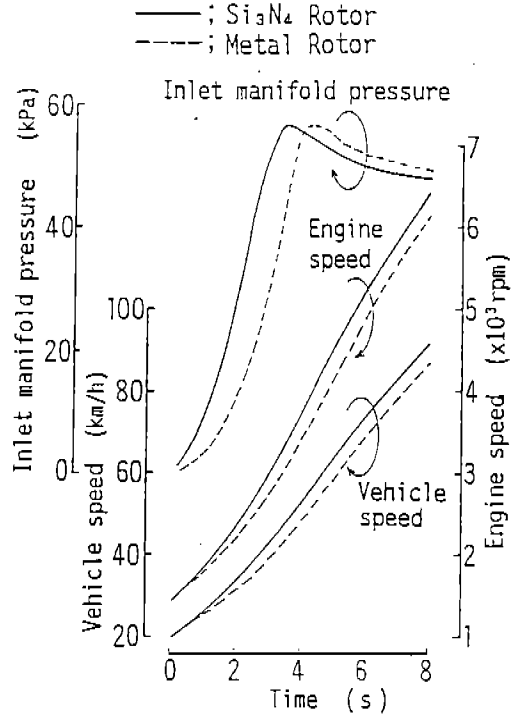


그림 6 Si_3N_4 세라믹 터보차저의 가속성능

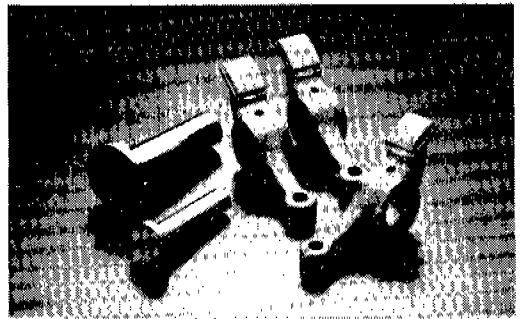


그림 7 세라믹 로커암(우)과 세라믹 태핏(좌)

것으로 알려져 있다.¹⁰⁾

또한, Si_3N_4 는 지르코니아(ZrO_2) 재료와 비교하여 tip마모량은 거의 같으나 캠노즈톱의 마모량은 1/2이하로 자신의 내마모성 뿐만 아니라 상대체에 대한 공격성도 적으므로 세라믹 로커암의 소재로는 Si_3N_4 가 주류를 이루고 있다. 현재

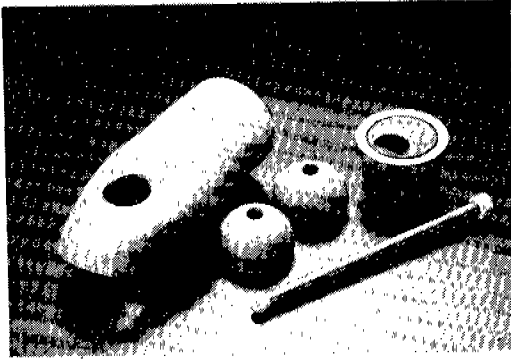


그림 8 Al_2TiO_5 포트 라이너(좌), 디젤엔진 와류실 및 푸시로드(우)

세라믹 로커암은 주로 maintenance 기간의 연장을 목적으로 하여 idling 대기시간이 많은 택시에 이용되고 있다.

3.5 포트 라이너

세라믹 포트 라이너는 티탄산 알루미늄(Al_2TiO_5) 세라믹스가 갖는 우수한 단열성 및 내열충격성을 이용하여 실린더 헤드의 배기포트부를 단열함으로써 연소실의 열효율을 향상시키는 목적으로 사용된다.¹³⁾ 포트 라이너(그림 8)는 Al_2TiO_5 를 slip casting에 의해 성형한 것을 소성한 후 알루미늄 주조한다. Al_2TiO_5 는 알루미늄 합금에 비하여 열전도율이 100~200배나 낮고, 가스 투과율도 낮다. 또한 강도는 낮으나 내열충격성이 우수하여 실린더 헤드 주조시 열충격에 견디며 높은 단열성을 지니므로 배기포트 라이너로서 사용한 경우 냉간 시동시에 엔진성능의 향상을 기대할 수 있으며, 이외에도 실린더 헤드 및 냉각시스템의 소형화가 가능하게 된다. 한편 배기 가스의 온도를 30~70°C 높일 수 있으므로 배기가스의 변환효율을 높일 수 있으며, 촉매 변환기 자체도 작게 할 수 있는 장점이 있다.

현재, 배기포트의 단열용으로서 Al_2TiO_5 계 포트 라이너는 독일 Hoechst Ceramtec사가 유일하게 실용화하고 있다. 지금까지 Porsche 944에 채용되어 있으며, 1989년에는 Porsche 911에도 채용이 확대되고 있다. 세라믹 포트 라이너는 이제까지 대량사용의 실적이 있으며 한편 가격 경쟁력도

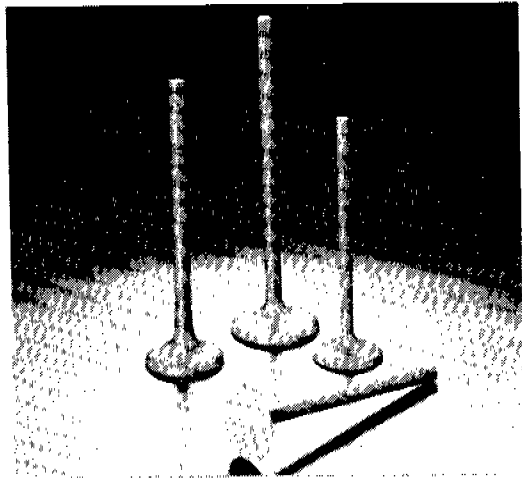


그림 9 세라믹 밸브

있으므로 앞으로 가솔린 엔진, 디젤엔진 모두 양산차에 티탄산 알루미늄(Al_2TiO_5)계 포트 라이너의 채용이 크게 확대될 것으로 기대된다.

3.6 세라믹 밸브

Si_3N_4 세라믹스의 내열성, 내마모성, 경량성등을 활용한 세라믹스 밸브(그림 9)는 현재 경주용차나 이륜차에는 일부 사용되고 있으나 일반 승용차에는 아직 탑재되어 있지는 않고 실용화를 위한 검토단계에 있다.

엔진밸브는 격렬한 왕복운동에 대해 내구성이 요구되는 부품이며, 또한 강성도 필요로 하기 때문에 통상 내열강이 사용되고 있으나, 경량성을 중시하여 일부 경주용 엔진에는 Ti합금제의 밸브도 사용되고 있다. 밸브를 경량화할 경우 밸브를 지지하는 스프링에 걸리는 하중이 작게 되므로 적은 힘으로도 밸브의 개폐운동이 가능하게 되어 엔진의 연비향상에 직결되며, 아울러 엔진의 고회전화를 피할 수 있어 출력을 향상시킬 수 있게 된다.

따라서 기존 금속제 보다 1/2이하로 경량화 할 수 있는 Si_3N_4 세라믹스를 이용하여 밸브를 세라믹스화 하면 연비, 엔진출력, 밸브자체의 내마모성등이 향상될 것으로 기대된다. 그러나, 엔진 밸브는 대량으로 생산되는 부품으로 금속제와 세라믹스제에 있어서 가격차가 매우 크므로 세

라믹스제의 성능향상에 대한 장점은 커도 보통 엔진에의 채용은 당분간 어려울 것으로 생각된다. 한편 일본애자(NGK)사가 개발한 세라믹 밸브는 현재 독일의 Daimler-Benz사와 공동으로 공동시험에 사용중으로 현재 주행거리 50,000km를 돌파했으며 실용화는 1995년 이후로 예상된다.¹⁰⁾

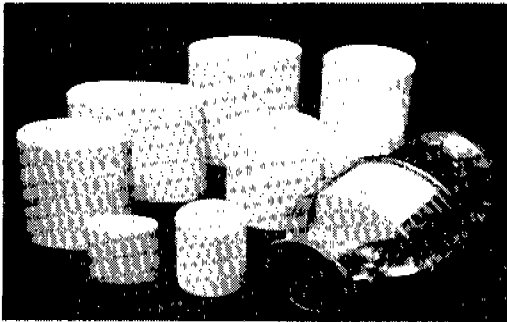


그림 10 코디어라이트 허니컴 세라믹스 촉매담체

표 3 코디어라이트 허니컴 촉매담체의 재료특성

항 목	특 성
결정조성	주결정 : 코디어라이트 ($2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$)
열적특성 :	
열팽창계수(RT-800°C) ($\times 10^{-6}/^{\circ}C$)	≤ 1.0
비열(25°C)(cal/g · °C)	0.2
열전도율(cal/cm · sec · °C)	≤ 0.0025
연화온도(°C)	< 1400
물리적 특성 :	
기공율(%)	35-50
흡수율(%)	15-22
전체 세공용적(cm^3/g)	0.2
평균 세공직경(μm)	5-40
기계적 특성 :	
압축 파괴강도(kg/cm^2)	
A축	≥ 85
B축	≥ 11
C축	≥ 1

3.7 촉매담체

구조용 세라믹스로서 많은 사용실적이 있는 것으로는 1970년대 부터 시작된 자동차 배기가스 규제에 따라 배기가스 정화용으로 주목되어 실용화된 배기가스 정화용 촉매담체가 있다. 구조적 형상에 따라 pellet형과 배기가스의 흐름방향으로 다수의 관통경을 갖는 허니컴(honeycomb)상의 세라믹스 구조체인 monolith형이 있으나, 이 중에서 특수한 금형을 이용해 압출성형법에 의해 일체적으로 제작된 허니컴 세라믹스 촉매담체(그림 10)는 소형, 경량으로 탑재성이 뛰어나며, 정화효율이 우수하기 때문에 일반적으로 널리 사용되고 있다.

자동차에 사용되는 촉매담체는 엔진의 작동상황에 따라 급격한 승온 및 강온이 빈번하게 행하여진다. 실제로 허니컴 담체는 배기가스 정화시 최고 약 900°C 이상까지 온도가 올라가게 되며 따라서 적어도 800°C이상의 급열급냉 온도차에 따른 열응력에 견딜 수 있는 우수한 내열충격성이 제1요건이고, 아울러 주행에 의한 진동에 충분히 견딜 수 있는 기계적 강도가 요구된다. 코디어라이트 허니컴 촉매담체의 재료특성을 표 3에 나타내었다.

코디어라이트(MAS, $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$)는 용점이 1465°C로 고온에서도 견딜 수 있고, 25~1,000°C에서의 평균 열팽창계수가 $0.7 \sim 1.0 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ 로 매우 작아 자동차 배기계에 장착했을 경우에 열충격에도 충분히 견딜 수 있으며, 35~50%나 되는 기공율을 갖고 있어 촉매의 담지(wash coat)가 용이한 특성을 갖고 있다. 이러한 제반특성 때문에 혹독한 온도변화가 가해지는 자동차 배기가스 정화용 촉매담체로 코디어라이트 세라믹스가 장기간 사용되고 있다.

촉매담체의 cell 벽두께를 저감시키면 정화효율 향상 이외에도 엔진출력 향상과 아울러 연비향상에도 효과적이므로 이에 대한 연구개발이 지속되고 있다.¹¹⁾ 담체재질로는 현재 대부분 코디어라이트가 사용되고 있으나 앞으로 촉매물질과의 반응 및 담체의 용융방지동 내열성 향상을 위해 본질적으로 용점 1,600°C 이상의 재질이 요구되어 있어, 신개발 재료로서 Mullite계, TiO₂

-Al₂O₃, ZrO₂계 등이 유력후보시 되고 있다. 현재 배기가스 정화용 세라믹스 촉매담체는 주로 미국의 Corning사와 일본의 NGK사, Kyocera 및 Nippondenso에서 양산하고 있다.

3.8 디젤 미립자 필터

디젤 배기가스에 의한 환경오염으로 특히 문제가 되고 있는 것은 NO_x와 발암성 물질을 포함한 soot(소위 매연) 및 SOF(유기용매 가용분으로 연료나 오일성분 등을 보유한 미립자)로 구성되어 있는 미립자(particulate)이다. 미국 환경보호청(EPA)에 의해 디젤엔진으로 부터 배출되는 미립자에 대한 규제가 제기되어 이에 대응하기 위한 후처리 기술로써 wall flow monolith라 불리는 세라믹 필터(DPF : Diesel Particulate Filter)가 개발되었다. 미국, 일본등 선진국에서는 실차시험을 수행중에 있으며, 곧 실용화될 것으로 예측되고 있다.

세라믹스 다공질 박막을 필터로 이용하는 방식으로 구조는 monolith 세라믹스 각 cell의 입구부와 출구부를 번갈아 가며 봉입한 것으로 배기가스는 반드시 격벽을 통과하므로 입자상물질은 허니컴 박막위에서 추적되어 포집되며(그림 11), 집적한 미립자는 히터가열등으로 착화연소시키거나 고속 주행시 배기가스 온도로 촉매연소시키는 등의 수단으로 필터를 재생시킨다.¹⁴⁾ 재료로써는 가솔린 승용차용 촉매담체와 마찬가지로 코디어라이트 세라믹스가 사용되고 있다.

포집효율은 필터의 기공율, cell벽의 두께, 밀도, 크기 및 형상 등에 의해 결정되므로 미국의 Corning사와 일본의 NGK사 등에서 제철 및 제조기술 개발에 대한 연구개발이 진행중에 있다. 이외에도 미국의 Dupont사, 3M사 및 일본의 Mitsubishi Motors사, Matsushita Denki사 등에서 전면적인 실

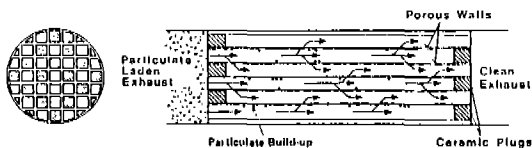


그림 11 세라믹 디젤 미립자 필터(DPF)의 구조

용화를 위해 코디어라이트 foam형¹⁵⁾, Mullite corrugation형등 다양한 세라믹스 소재 및 구조의 필터와 시스템이 연구개발 되고 있다.

앞으로 해결해야 할 기술적 과제 및 문제점이 많이 남아 있으나, 본격적인 실용화를 위해서는 무엇보다도 저온에 있어서도 우수한 연소촉매 성능과 미립자 포집에 적절한 세공을 갖는 세라믹스 담체의 개발이 당면과제이다.

4. 향후과제 및 전망

앞에서 간단히 설명한 것 이외에도 앞으로 실용화가 기대되고 있는 부품으로는 피스톤, 피스톤링, 실린더 라이너, 캠 샤프트, 밸브 리프터, 푸시 로드, 밸브 시트, 밸브 가이드등을 들 수 있다.

자동차용 구조재료로의 세라믹스의 응용은 현재 첫발을 내디딘 단계에 지나지 않으며, 이제 부터 새로운 전개가 시작될 것으로 예상된다. 그러한 움직임의 하나로 미국에 있어서의 배기가스, 연비개선등의 법규제이며, 또한 본 글에서는 생략하였으나 장래의 자동차용 엔진으로서 세라믹스 가스터빈에 대한 연구개발도 꾸준히 진행되고 있어 이에대한 기대도 매우 크다. 어느 경우에 있어서도 자동차의 경량화, 열효율의 향상, maintenance 기간의 연장등이 요구되고 있는 실정이므로 앞으로 자동차용 재료로서 구조용 세라믹스에 많은 기대가 모아지고 있다.

지금까지 자동차용 엔진부품에 있어서 구조용 세라믹스의 실용화가 늦어지고 있는 최대의 이유는 세라믹스 부품의 높은 제조가격에 기인한다. 가공비와 신뢰성의 결여에 따른 제조가격이 덧붙여져 경쟁이 심한 자동차 메이커에 있어서는 채용에 어려움을 갖고 있는 것이 사실이다. 세라믹스라는 재료가 경도가 높고 취성이므로 절삭가공이 어려워 연삭가공을 하지 않으면 안되며, 더우기 표면을 매끄럽게 하지 않으면 강도가 떨어지는등 기계적 성질에 영향을 미치므로 연마가공이 필요하게 된다. 가공비에 있어서는 단순형상 부품이라도 제품원가의 거의 반정도를 차지하므로 이러한 가공비를 저감하기 위해 가공

방법에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 또한, 신뢰성에 관해서는 일반적으로 강도의 편차가 크므로 따라서 품질검사에 드는 비용이 증대하여 제품의 생산가도 높게 된다.

따라서 앞으로 세라믹스가 금속재료나 플라스틱 재료와 같이 다량 사용되기 위해서는 대형 부품이나 복잡형상부품 제조를 위한 설계기술, 생산기술 및 가공기술의 개발과 아울러 안정한 품질을 얻을 수 있는 신뢰성있는 제조기술의 확립 등이 기술적 과제로 남아 있다. 이와같은 점들이 해결된다면 구조용 세라믹스가 자동차부품으로써 적용시 안고 있는 당면과제의 해결이 급속히 진행할 것으로 기대되며 아울러 구조용 세라믹스의 적용 범위는 더욱더 확대될 것으로 생각된다.

한편 지금까지 세라믹스를 사용한 대다수의 부품들은 기존의 금속재료를 세라믹 재료로 단순대체한 예가 대부분 이었다. 세라믹스가 갖는 특수한 성질을 적절히 살려 최대효과를 얻기 위해서는 장기적 측면에서 볼때, 기존부품 및 주변시스템의 부분적 또는 기본적 설계변경도 경우에 따라서는 필요하나 이를 위해서는 자동차 완성차업체와 부품 제조업체 더 나아가서는 소재업체와의 상호 긴밀하고 유기적인 협조체제가 구축 되어야만 가능하게 되며 비로소 진정한 의미의 개발이 실현되리라 생각되어진다.

5. 맺음말

이상으로 구조용 세라믹스를 이용한 자동차부품의 실용화에 및 이용현황에 대하여 개괄적으로 서술하였다. 최근 자동차의 고성능화와 배기가스 규제대책, 연비향상 및 경량화등의 현안 해결하여야 할 문제점들이 매우 산적해 있다. 이들 제반문제들을 해결하기 위해서는 기존부품을 대체하여 사용할 수 있는 새로운 성능과 기능을 갖춘 부품개발이 절실히 요망되고 있으며, 이를 위해서는 적합한 대체소재의 연구개발과 이들의 응용기술이 무엇보다 중요하다고 하겠다.

구조용 세라믹스가 디젤엔진용 부품을 중심으로 하여 자동차용 부품으로써 본격적으로 응용된

것은 얼마되지 않았으나, 보다 폭 넓게 이용되기 위해서는 세라믹스가 갖고 있는 내열성·내식성·고온강도등을 충분히 활용하여 적재적소에 이용할 수 있는 적용기술의 개발이 시급하며 아울러 세라믹스 부품의 제조원가 절감, 신뢰성 향상, 부품 평가기술 개발에 대한 지속적인 노력이 병행되어야 할 것이다.

앞으로 국내에서도 구조용 세라믹스의 자동차에의 적용은 활발히 진행될 것으로 예상되며, 이에 대응하기 위해서는 최종제품의 특성을 좌우할 적합한 원료 및 소재에 대한 깊은 관심과 아울러 기초연구를 필두로 부품개발에 이르기까지 부단한 연구개발이 집중되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Falk K. Börsch and Manfred W.Langer, "Experience with Ceramic Materials for Automotive Applications, SAE Paper 900404, 1990.
2. K.Koga, "Effects of Composition and Microstructure on the Characteristics of Silicon Nitride", Bull. of the Ceramic Soc. of Japan, Vol.25, pp.107-111, 1990.
3. H.Kawamura and S.Yamamoto, "Improvement of Diesel Engine Stabilities by Ceramic Glow Plug Start System", SAE Paper 830580, 1983.
4. H.Matsuoka et al, "Development of Ceramic Pre-combustion chamber for the Automotive Diesel Engine", SAE Paper 840426, 1984.
5. S.Kamiya et al, "Silicon Nitride Swirl Lower-Chamber for Power Turbocharger Diesel Engine", SAE Paper 850523, 1985.
6. Y.Tsukawaki et al, "Development of All-ceramic Swirl Chamber for Particulate Diminution", JSAE, Vol.42, pp.794-800, 1987.
7. K.Katayama et al, "Development of Nissan High Response Ceramic Turbocharger Rotor", SAE Paper 861128, 1986.
8. M.Ito et al, "Development of Brazing Technology for Ceramic Turbocharger Rotors", SAE

- Paper 880704, 1988.
9. T.Shimizu et al., "Silicon Nitride Turbocharger rotor for High Performance Automotive Engines", SAE Paper 900656, 1990.
 10. Y.Ogawa et al., "Ceramic Rocker Arm Insert for Internal Combustion Engines", SAE Paper 860397, 1986.
 11. Bradley Miller et al., "Development of a Ceramic Port Liner", SAE Paper 880677, 1988.
 12. Nikkei Materials & Technology 93.5(no.129), pp.106-107, 1993.
 13. J.Paul Day, "The Design of a New Ceramic Catalyst Support", SAE Paper 902167, 1990.
 14. T.Yamada et al., "Particulate Trap System for City Bus", JSAE Vol.45, pp.68-73, 1991.
 15. J.P.Gabathuler et al., "New Developments of Ceramic Foam as a Diesel Particulate Filter", SAE Paper 910325, 1991.

* 안 내 의 말 씀 *

한국자동차공학회지 재료부문 위원회는 1994년도 사업의 일환으로 금속 및 비금속(세라믹스, 플라스틱 및 복합재료 포함)분야의 자동차용 재료(및 부품)에 관한 최근 기술동향, 개발현황, 및 응용 전망을 자동차공학회지 "해설"란에 소개함으로써 자동차 산업에 종사하는 전문가와 일반 모두에게 도움을 드리하고자 합니다.

각 소재분야별로 해당 전문분야에 종사하는 부문위원의 추천에 의하여 분담 제목 및 집필자를 선정하여 재료부문위원회의 명의로 향후 6회에 걸쳐 연재할 계획입니다.

- 1, 2회 자동차용 요업(ceramics) 재료(Vol.15, No.6 / Vol.16, No.1)
- 3, 4회 자동차용 금속재료(Vol.16, No.2 / No.3)
- 5, 6회 자동차용 플라스틱 및 복합재료(Vol.16, No.4 / No.5)

관심있는 분들의 애독을 바랍니다. 감사합니다.

재료부문위원회 위원장
노 홍 규 울림