

자동차용 플라스틱 클러치 마스터 실린더의 개발동향과 특성에 관한연구

Study on the Development and Characteristics of Automobile Plastic Clutch Master Cylinder

이종형*, 이춘곤**, 권영신***, 소운섭***
Jong-Hyung Lee*, Chun-Kon Lee**, Yung-Shin Kwon***, Yoon-Sub So***

<Abstract>

Special quality of automobile CMC(clutch master cylinder) and analyzed aluminum, plastic material comparison. Efficiency of plastic master cylinder can modularize higher, light weight anger of parts, several piece parts by single parts, prove NVH(Noise, Vibration, Harshness) than aluminum master cylinder as analysis result. Also, structure is easy simplicity, exchange, maintenance costs can be reduced and decrease environmental pollution because recycling is superior.

Keywords : CMC(clutch master cylinder), Polymer

1. 서 론

자동차용 클러치는 차량에서 엔진과 변속기 사이에 위치하여 엔진으로부터 발생하는 동력을 전달하거나 또는 차단하며, 구동계의 이상적인 충격이 발생하였을 때 감쇄하여 주고 엔진과 변속기로 인하여 발생하는 치타음 및 진동을 감쇄하여 주는 기능까지도 요구된다.¹⁾

최근 자동차용 경량화 신소재로 그 활용범위가 넓어지고 있는 폴리머 복합재료는 기존의 금속재료에 비하여 비중량, 비강성, 내환경성 등에서 우수한 특성을 가지고 있으며, 현재 자동차에 쓰이는 재료의 비중을 함량 무게비로 보면 아직까지 철강제품이 가장 크지만 플라스틱

이 차지하는 비율이 무게비로 보면 약8~10%, 부피로는 약 40%에 이르고 있다.

앞으로 연료저감과 환경문제 등으로 인하여 그 적용범위는 점차적으로 확대될 것으로 기대된다. 아울러 자동차 부품의 모듈화 경향에 따라 clutch master cylinder(CMC)의 모듈화도 필요하다. 현재 국내에서 생산되어지고 있는 CMC는 알루미늄을 성형 가공한 제품이 대부분을 차지하고 있다.

하지만 해외 선진사의 분석 사례에서 볼 수 있듯이 플라스틱 CMC의 중량 및 단가 제조 공정 측면에서 우수한 공법으로 각 차종의 등급과 개발 목적에 따라 이미 북미나 유럽 등 해외 차종의 대부분이 플라스틱 CMC의 소재 및

* 교신저자, 정회원, 금오공과대학교 기계공학부 교수, 工博,
E-mail:leejh@kumoh.ac.kr

** (주)평화발레오 연구개발부

*** 금오공과대학교 생산기계공학과 대학원

* Corresponding Author, Prof., School of Mechanical Engineering, K.I.T., Ph.D.

** R&D Center, Valeo Pyeong Hwa Co., LTD.

*** Graduator, School of Mechanical Engineering, KIT

공법이 다양하게 적용되고 있는 것을 알 수 있다. 플라스틱 CMC를 자동차에 적용하면 기존의 알루미늄 비해 유지 보수비가 경제적이고 부품의 단순화, 경량화, 무엇보다도 클러치 작동 시 전달 효율 및 재활용성 증대의 효과를 유발할 수 있다.

그러나 이러한 플라스틱 소재의 적용은 국내 기반설비 및 기술력 부족, 소재 수급, 제조 공법 등 현재의 생산방식과 플라스틱에 대한 재질변경에 따른 문제가 발생하여, 현장에서는 이를 해결하기 위한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 국내의 알루미늄 CMC와 해외 선진사의 플라스틱 마스터 실린더를 벤치 마케팅한 각각의 기능, 효율 등을 비교분석하여 보다 우수한 국산 플라스틱 CMC를 개발하는데 도움이 되었으면 한다.

2. CMC의 특징 및 개발동향

2.1 CMC의 종류

2.1.1. C-TYPE CMC

가장 먼저 개발된 것으로 실린더 벽에 구멍이 뚫린 직경0.5mm 전후의 릴리프 포트를 사용하여 압력실과 리저버를 연결하고 있다. 컵은 압력실을 차단하기 위한 1차 컵, 리저버와 대기를 차단하기 위한 2차 컵을 갖추고 있다.

최근의 세계적인 추세는 C-TYPE이다 이전의 CUP의 재질이 SBR 이었고, 0.5mm홀을 내부에서 면취 할 수 있는 기술이 없었으나, 지금은 컵 재질이 EPDM으로 강화되었고, 홀 내부에서 면취할 수 있어 컵에 손상을 주지 않기 때문이다.

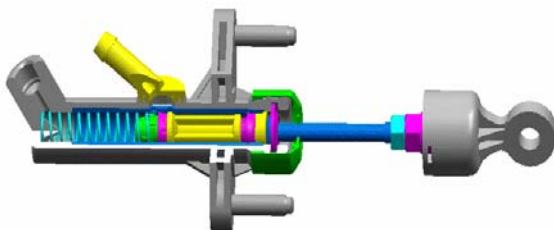


Fig. 1. C-TYPE CMC.

2.1.2 G-TYPE CMC

결링사의 설계로 만들어진 것으로 가장 큰 특징은 밸브 기능을 컵에서 독립시킨 것으로

압력실과 리저버와의 연결은 실린더의 가장 끝 부분에서 이루어지며, 그 전면에 센터 밸브라고 불리는 고무 밸브를 설치한 사양으로 구성되어 있다. 이 형식은 구조가 복잡하고 고가이다.

또한 컵이 포트를 통과하지 않기 때문에 파손될 위험은 없다. 그러나 밸브 등의 부품 정밀도에는 주의할 필요가 있다.

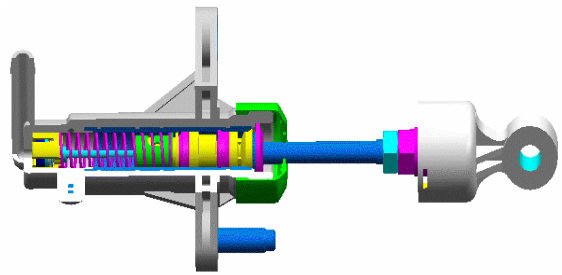


Fig. 2. G-TYPE CMC.

2.1.3 N-TYPE CMC

NABCO에서 개발된 것으로 컵은 압력실을 차단하기 위한 1차 컵, 리저버와 대기를 차단하기 위한 2차 컵을 갖추고 있다.

이 형식은 구조가 복잡하고 고가이며 부품 제작의 정밀도가 가장 요구 되는 사양이다.

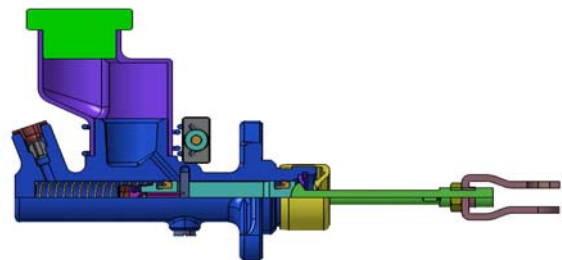


Fig. 3. N-TYPE CMC.

2.1.4 P-TYPE CMC

결링사의 설계에 의해 만들어진 것으로 2개의 컵을 실린더 쪽에 고정시키고 플랜저 끝 부분에 릴리프 포트를 설치한 것으로 기본적으로는 C-TYPE과 같지만 릴리프 포트의 컵 부분 통과시는 발생 액압이 C-TYPE과 반대로 컵 손상을 막는 방향으로 작용한다.

효율은 90%로 높으며, 페달의 답력이 20~30% 향상된다.

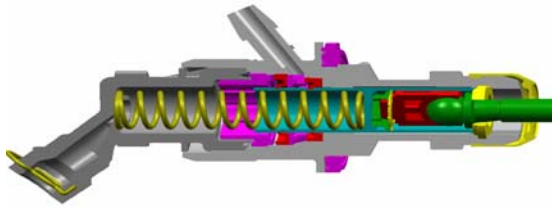


Fig. 4. P-TYPE CMC.

2.2 해외 개발동향

2.2.1 CMC 해외 동향

각 형태별로 해외 및 국내의 동향을 분석한 결과 P-TYPE은 유럽에서 100% 차종에 쓰이며, C-TYPE은 일본과 한국에서 90%이상을 차지하고 있고, G-TYPE은 일본에 4% 국내 10%의 차량에 장착되어 있지만 실질적으로 양산은 되지 않고 있고, N-TYPE 역시 마찬가지로 일본에서만 1%의 구 차종에만 장착되어 있다는 것을 알 수 있었다.

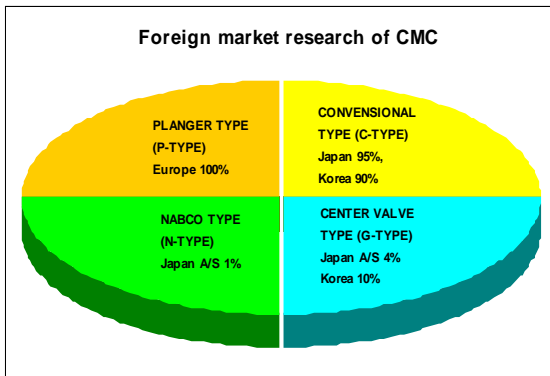


Fig. 5. Foreign market research of CMC.

2.2.2 중량과 가격 분석

Table 1. Analysis of cost & weight

	price			weight		
	Korea	Japan	Euro	Korea	Japan	Euro
%	160%	200%	100%	312%	312%	100%
Material Type	AL	AL	PL	AL	AL	PL

2.2.3 CMC 제품 시장 분석 현황

1) 국내시장

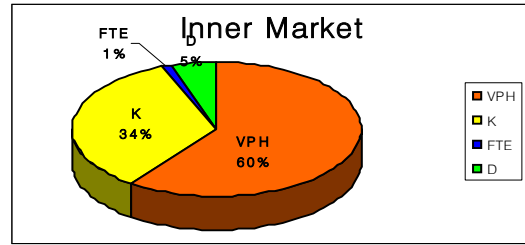


Fig. 6. Analysis of Inner Market.

2) 세계시장

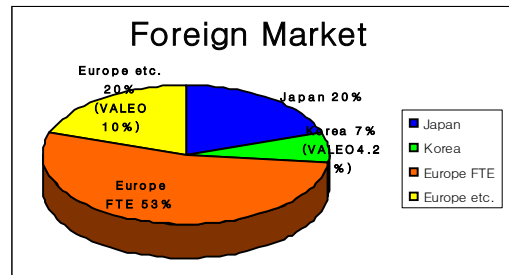


Fig. 7. Analysis of Foreign Market.

3. CMC 소재 분석 및 공법

3.1 CMC의 기능

CMC는 Fig. 8 같이 클러치 조작에 필요한 유압을 발생시키는 부분으로 기능은 크게 유압 발생, 유압유지, 유압해제로 구분할 수 있다.

유압 발생은 클러치 페달을 밟으면 푸시로드가 진진하면 피스톤이 움직이기 시작한다. 피스톤에 결합된 고무 컵이 밸브를 닫고 나면 실린더 안에서 유압이 발생하여 clutch release cylinder(CRC)로 보내진다. 일반적으로 클러치 페달이 최대로 이동 할 때까지 액압에 의해 CRC도 이동하여 클러치 릴리스 로드를 작동시킨다. 액압 유지로는 클러치 페달을 밟는 힘을 일정하게 밟고 있는 사이에는 액압은 일정하게 유지되고 있으므로 clutching이 유지되고 있는 상태를 말한다.

액압 해제로 클러치 페달을 밟는 힘을 서서히 풀면 액압은 내려가고 페달은 CMC 리턴 스프링의 힘과 CRC로 보내어진 액압 및 클러치 릴리스 로드의 힘 등으로 피스톤이 반대 방향으로 작용하여 고무컵이 이동하여 보상 구멍을 해제되므로 액압은 해제된다.

이때 CRC에서 되돌아오는 액의 유속보다 피스톤에서 되돌아오는 속도가 빠르기 때문에 실린더 안에는 부압이 형성되어 cup이 변형되어 리저버 안의 액이 실린더 안으로 들어온다.

피스톤이 완전히 원래대로 돌아와 밸브가 열리면 액이 리저버 탱크로 되돌려진다.

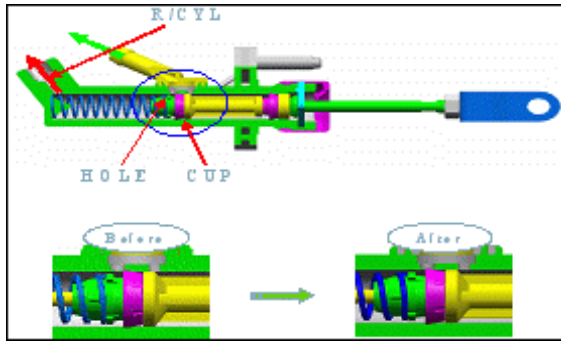


Fig. 8. Operational principal of CMC.

3.2 CMC 구조 및 형상 비교

3.2.1 알루미늄 CMC의 구조

알루미늄 CMC는 대부분이 Fig. 1의 C-TYPE 이고, CMC 부품으로 알루미늄 합금 실린더와 피스톤 및 피스톤 컵, 리턴 스프링, 푸시로드로 구성되어 있다. 실린더 벽에 구멍이 뚫린 직경 0.5mm 전후의 릴리프 포트를 사용하여 압력실과 리저버실을 연결하고 있다. 피스톤 컵은 EPDM 고무로 유압을 발생하는 1차 컵과 기밀을 유지하는 2차 컵으로 구성되어 클리치 유체에 의해 손상되지 않는 고무로 되어 있다. 페달을 밟으면 푸시로드에 의해 피스톤 컵이 실린더 내면을 섭동하여 저장 탱크로 통하는 릴리프 포트를 막아 유체는 파이프를 통해 CRC로 보내어진다. 알루미늄 마스터 실린더 구성하고 있는 부품수가 많기 때문에 효율이 낮다. 아울러 고장 발생률이 높을 뿐만 아니라 조립도 어렵다.

3.2.2. 플라스틱 CMC의 구조

플라스틱 CMC는 Fig. 4의 P-TYPE의 구조이며, 실린더 부품구성으로 플라스틱 실린더와 피스톤, 컵, 리턴스프링, 가이드, 푸시로드로 구성되어 있다.

플라스틱 실린더 바디에 2개의 컵이 고정되어 있으며 피스톤 선단 부분에 릴리프 포트가 있다. 페달을 밟으면 푸시로드에 의해 피스톤이

실린더에 고정되어 있는 컵 내면을 섭동하여 피스톤 선단 부분의 릴리프 포트를 막아 유체는 파이프를 통해 CRC로 보내어진다.

3.3 CMC 효율 및 조도

3.3.1 실린더 효율 측정

Fig. 9 는 효율측정에 사용하는 실린더 효율 실험장치의 개략도이다.

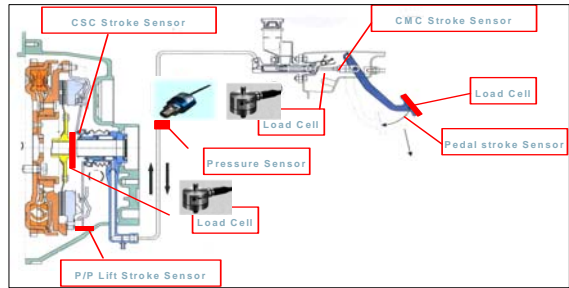


Fig. 9 A sketch of efficiency experimental device

효율 실험 장치를 이용하여 해외 선진사의 벤치 마케팅한 알루미늄, 플라스틱 CMC의 효율을 측정한 값은 Fig. 10과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 실험 조건으로는 모든 CMC에 동일하게 실린더 단면적 15.78mm, 실린더 스트로크를 28mm, 면압을 5.5kgf/cm², CMC 사용한 오일 브레이크 오일을 채우고 에어빼기를 행한 후에 효율실험을 했다. 실린더 효율실험에서 얻은 값을 아래 이론식에 적용하여 효율을 구할 수 있었다.

$$\text{효율}(\%) = \frac{\text{CMC단면적} \times \text{면압}}{\text{측정하중}} \times 100$$

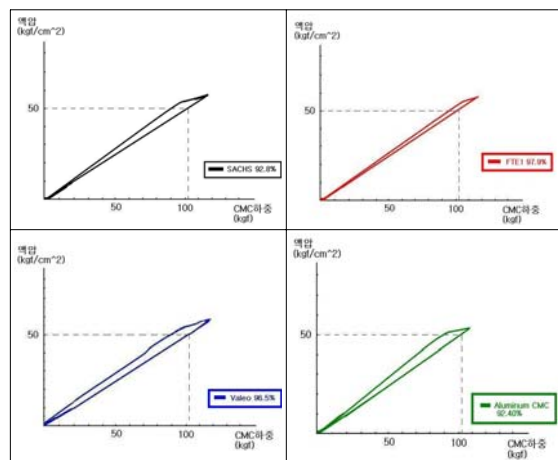


Fig. 10. Efficient measured value of CMC.

3.3.2 표면 거칠기 실험

조도 실험장치의 이송속도를 0.25mm/sec, 측정 길이 30mm으로 하여 조도를 최대 거칠기 (Rmax), 중심선 평균 거칠기(Ra), 10점 평균 거칠기(Htp)로 각각 측정 하였다. 해외선진사의 플라스틱 CMC의 고무 컵 섹동부인 피스톤 외경부분과 국내 알루미늄 CMC는 고무 컵 섹동부인 실린더 바디 내면을 측정하였다. Table 2 같이 조도 측정 실험 데이터를 얻을 수 있었다.

CMC 컵-시일 고무의 마찰계수 실험에서 재료의 재료·화학적 성분보다는 기계적 물성치가 마찰계수의 주요변수로 같은 운동 조건에서 표면 조도가 낮으면 낮은 마찰계수를 나타내며, 최대 거칠기(Rmax)를 마찰계수와 관련된 표면 조도의 규제 사양으로써 적합함을 알 수 있다.²⁾

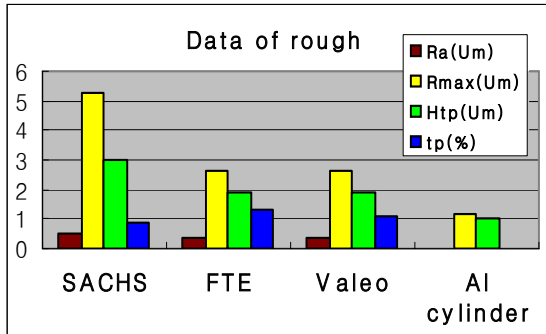


Fig. 11. Rough of each body.

3.4. 진원도 및 원통도

원형 부품의 형상이 진원으로부터 벗어났을 경우 접촉운동부위에서는 마찰이 발생하여 동력 손실은 물론 마모에 의한 부품 수명 단축, 회전이나 길이 방향의 이동의 부정확, 진동 및 소음 등과 같은 많은 문제점을 유발시키게 된다.³⁾ 진원도의 측정은 테이블 회전식 측정기를 사용하였으며 측정부위는 고무 컵 섹동부를 측정하였으며 알루미늄 실린더는 실린더 바디 내면, 플라스틱 실린더는 피스톤 외면을 길이 30mm를 측정하였다.

3.5 회전 초음파 용착

초음파 용착이란 음파의 진동을 이용하여 플라스틱을 접착하는 방법으로 50/60Hz 의 전원을 발진기를 통하여 15 KHz ~ 20KHz의 전기적인 에너지를 콘버터와 부스터를 통해 기계적인 진동 에너지로 변환된 후 공구혼을 통하여

가공물에 전달되며 순간적으로 강력한 진동에 의한 마찰열을 발생시켜 가공물의 접합면이 용해 접착되어 분자적 결합이 이루어진다.

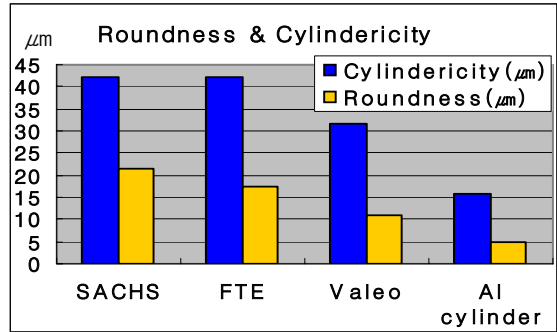


Fig. 12. Roundness & Cylindericity of body.

Table 2. Measurement data by product

	SACHS	FTE	Valeo	Alumim um	Unit. /spec.
Rough	0.5	0.4	0.4	0.27	Ra(μm) /-
	5.3	2.6	2.6	2.2	Rmax(μm) /2.4 ↓
	3	1.9	1.9	1.4	Htp(μm) /1.0~2.4
Roundness	21.3	17.4	11	2.6	μm /8 ↓
Cylindericity	42.2	42.2	31.8	13.4	μm /16 ↓
Efficiency	96	98.4	96.5	92.5	% /92 ↑

Fig. 13 은 회전 용착한 실린더 바디의 단면이다. 단면에 보는 것과 같이 1차 용착은 초음파 용착으로 피스톤 가이드와 2차 바디와의 접합을 나타내고 있다. 2차 용착은 회전 초음파 용착으로 1차 바디와 2차 바디의 접합으로 실린더 강도에 영향을 미치는 것으로 실린더 내압 실험 결과 250bar 압력으로 안전도가 우수한 것으로 나타났다.

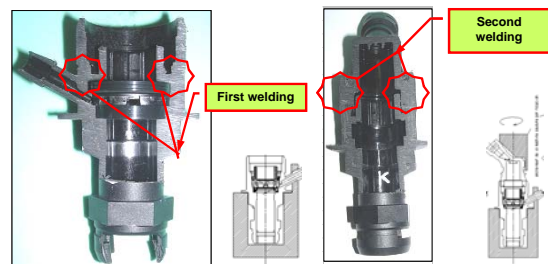


Fig. 13. CMC Welding Point.

4. 결 론

상기분석을 통해 북미 유럽의 양산 플라스틱 마스터 실린더의 중량 가격 및 각각의 실린더 제조사의 시장동향을 분석했다.

또한 국내 최초로 플라스틱 CMC를 개발하기 위해 마스터 실린더의 구조, 표면 거칠기, 효율, 기계적 특성 및 접합법 등을 검토하였다.

- 1) 해외 북미유럽에서는 플라스틱 CMC가 각 차종 대부분에 등급에 맞는 소재와 공법이 적용된 반면 국내는 알루미늄 CMC가 대부분을 차지하고 있어 향후 플라스틱 재료를 사용한 CMC 개발이 필요하다.
- 2) CMC의 효율에 영향을 미치는 피스톤 고무 컵의 경우 알루미늄 실린더 경우는 피스톤 컵이 실린더 바디 내면을 섭동을 하는 반면 플라스틱 실린더 경우 피스톤 컵은 실린더 바디에 고정되어 있고 피스톤 외면이 컵 내면을 섭동하고 있다
- 3) 플라스틱은 부품이 간단하고, 비교적 소형이기 때문에 교환이 용이하고 유지비용이 절감되며 재활용성이 우수해서 환경오염을 줄일 수 있다.
- 4) 플라스틱 실린더는 알루미늄 실린더보다 제조공정의 단순화, 가격 및 중량 대비 면에서 경쟁력 증대를 가져온다.

후 기

본 연구는 산업자원부 우수제조기술연구센터(ATC) 기술개발사업지원에 의한 연구로서 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- 1) Il Kwon Lee, Yoon Soo Chun, Chung Kyun Kim, Han Goo Kim, Byung Kwan Lee, Young Gyu Kim, Geum Won Kang, 2005, "Failure Study of Tribological Characteristic in Automotive Clutch System," Trans. of KSAE, Autumn Conference Proceeding, PP.711~716
- 2) J.-C. Lee · M.-H. Im · J.-H. Jang · Y.-S. Cheong · M.-D. Hur · B.-K. Choi 2003, "An Experimental Study on The Friction Coefficient of Rubbers for Clutch Master Cylinder Cup-Seals," Trans. of KSAE, Vol. 11, No. 5, PP.112-118
- 3) Jong-Hak Yoon, Seong-Won Seo, Heon-Cheol Lee. 2001, "A Study on the Effect of Dimensional Errors and Roundness in High Speed Cylindrical Machining of Al-alloy," Trans. of the KSMTE, Vol. 10, No. 5, pp. 17~24.
- 4) J.-Y Kim, "Clutch Master Cylinder," Intra-Research Report, Valeo Pyeong Hwa Co., LTD., 2005.

(2007년 8월 28일 접수, 2007년 11월 23일 채택)