

클러치 마스터 실린더의 성능최적화에 관한 연구 Study on Performance Optimization of Clutch Master Cylinder

이춘곤*, 이창헌**, 변재혁**, 이재열**, 노승훈***, 이종형***
Chun-Kon Lee*, Chang-Heon Lee**, Jae-Hyuk Byun**, Jae-Yul Lee**
Seung-Hoon Ro***, Jong-Hyung Lee***,

<Abstract>

The demand for the lighter parts compels new composite materials composed of nylon66 and glass fiber to be used for the clutch control hydraulic system to achieve the low cost, light weight and the simple production process. In this paper the feasibility of using those composite materials for the clutch system has been investigated. And the efforts have been concentrated to enhance the durability and the credibility of the system. The procedure has been developed to design the clutch system to satisfy the categories mentioned above and to analyze the durability of the system and to setup a simulation program for the realistic driving situations.

Keywords : Hydraulic system, Clutch master cylinder, Control system

1. 서 론

최근 전 세계적으로 자동차 경량화를 위해 자동차 설계의 최적화 및 엔진의 고 효율화, 각종 자동차 부품의 경량화 등의 다각적인 노력이 이루어지고 있다.⁽¹⁾ 자동차 산업은 우리 생활에 없어서는 안 될 문명의 이기로서 국가적 차원에서 중대 요소를 차지하고 있다. 자동차 공업의 중요성은 누구나 충분히 인식하고 있으며, 국가적 경제 발전에 따라 이루어진 자동차의 첨단화, 고속화 및 대형화 추세에 있는 것이 현실이다. 자동차 역시 기계 및 부품으로 구성되어 있으면서도, 항상 주행을 한다는 동적인 특성과 기능을 만족시켜야 한다는 데에 명제가 따르고 있다. 현재는 연비를 고려하여 자동차의 경량화에 많은 관심과 연구가 진행되고 있는

실정이다. 자동차 부품들의 경량화와 더불어 내구성이 중요하게 부각되고 있다.⁽²⁾ 자동차의 경량화는 연비향상뿐만 아니라 산업 폐기물을 줄이고 자원의 재활용도 측면에서도 국제적으로도 강력히 요구되고 있다. 또한 완성차 메이커는 생존전략으로 원가절감 기술 개발에 박차를 가하고 있다. 최고의 품질도 중요하지만 알맞은 품질에 저렴한 가격이 더 중요한 시점이며, 이윤이 남지 않으면 경쟁에서 살아남을 수 없어 저 원가 기술들이 활발히 개발되고 있다.

현재 국내의 제품사양은 일본에서 기술 이전된 주물 타입의 제품들로 이루어져 있다. 15년간 생산을 하면서 주물기술 및 주물가공기술이 많이 발전하여 품질의 안정성을 가지고 있지만, 유럽시장에서 국내에 제시하는 중량에 대한 장점, 가격 경쟁력에 대응하기에는 어려운 상황이

* 정회원, (주)평화발레요 연구개발부
** 금오공과대학교 생산기계공학과 대학원
*** 교신저자, 금오공과대학교 기계공학부 교수, 工博
E-mail : leejh@kumoh.ac.kr,

* R&D Center, Valeo Pyeong Hwa Co., LTD
** Student, School of Mechanical Engineering, KIT
*** Corresponding Author, Professor, School of Mechanical Engineering, KIT, Ph. D.

다. 특히 자동차 업체에서는 글로벌 시장에서의 경쟁력을 갖추기 위한 노력을 꾸준히 요구하고 있는 시점이며, 지금까지 국내 업체와만 거래하려던 사고를 해외업체로 눈을 돌리고 있다.⁽³⁾

본 연구에서는 우수한 국산 플라스틱 클러치 마스터 실린더를 개발하는데 있어 벤치 내구력 시험 및 성능 검사로써 바디의 파손 시험 과 푸시로드(Push-rod) 강도 시험 등의 제작 샘플의 시험을 통한 적용성 여부를 판단하였다.

2. 실험방법

2.1 CMC 성능검사

진공 유지력 시험은 피스톤 클러치 마스터 실린더(Clutch Master Cylinder 이하 CMC)의 치수측정과 시험을 통해 처음 데이터화하여 불량률이 낮을 경우 원인 분석을 하고 개선하기 위한 시험이다. 진공 유지력 759mmHg에서 60초 동안 유지 시 변화량이 1mmHg 이하 일 것을 기준으로 한다.



Fig. 1. Vacuum keeping M/C.

내압유지력 시험은 유압 50kgf/cm²에서 5분간 유지시 액압 저하 및 누설이 없어야 한다. 내압유지력 시험은 내압 유지력 시험 장비를 사용하여 측정 하였다. 조건으로 습동 저항은 리턴 스프링의 사양에 대한 초기 저항 값을 측정하며 2.2~3.5 kgf 이내이어야 하며, 아이들 스트로크는 CMC 니플로부터 유입된 오일이 액압을 형성시키는 시점까지의 스트로크를 의미하고, 효율은 CMC 푸쉬로드를 전진하여 내압이 50kgf/cm²일 때의 하중을 측정하여 이론치 하중 대비 실 측정값의 효율을 계산하였다. 스트로크 측정 시험에는 아이들 스트로크와 풀 스트로크 시험을 실시하였다. 아이들 스트로크 측정 시험은 CMC 니플 부로 오일이 유입될 때의 유로

홀을 생성하는 역할을 한다. 아이들 스트로크의 규격이 하한치 이면, 오일 유입의 길을 막아 유입이 형성되지 않으며, 반대로 상한치 일때는 CMC 스트로크 대비 액압 형성이 늦어져 시스템에 영향을 미친다. 따라서 이 시험은 정하여진 규격에 아이들 스트로크 1.5±0.5mm를 만족하는지 불만족 하는지 측정하는 시험이다.

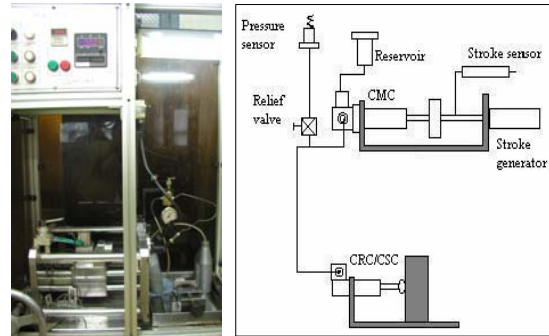


Fig. 2. Internal pressure test M/C.

풀 스트로크 측정 시험은 CMC 작동 스트로크의 량을 측정하는 시험이며, 도면 규격, 31mm 이상의 스트로크를 확보하여야 한다. CMC 페달 조합시 페달 전 스트로크 발생 시에도 CMC 단품의 스트로크의 여유가 있어야 하며 만약 규격 하한치 일 경우에는 CMC 파손이 우려 된다. 따라서 풀 스트로크를 만족하는지 불 만족하는지 측정 시험을 하였다. 효율시험은 유압식 클러치 제어 시스템에서 CMC는 클러치 페달에 의하여 작동하는 액추레이터 역할을 한다.



Fig. 3. Stroke test M/C.

CMC는 연결 파이프를 통해 유체에 의해서 컨센트릭 슬리브 실린더(Concentric Slave Cylinder 이하 CSC)로 압력을 전달한다. 그리고 나서 CSC는 릴리즈 포크에 힘을 가한다.

CSC는 클러치 릴리즈 실린더 (Clutch Release Cylinder 이하 CRC)와 같은 기능을 하지만 릴리즈 베어링을 포함하고 있다. CSC는 클러치 카바의 다이어램 스프링에 직접 접촉하여 반대편에 조립된다.

각 벤치 테스트는 Fig. 4와 같이 클러치 커버 회전을 조정하는 전기모터와 주어진 온도 조건 하에서 CSC 작동부위를 보호하는 장치와 CMC를 구동시키는 공압 장치로 구성되어 있다.

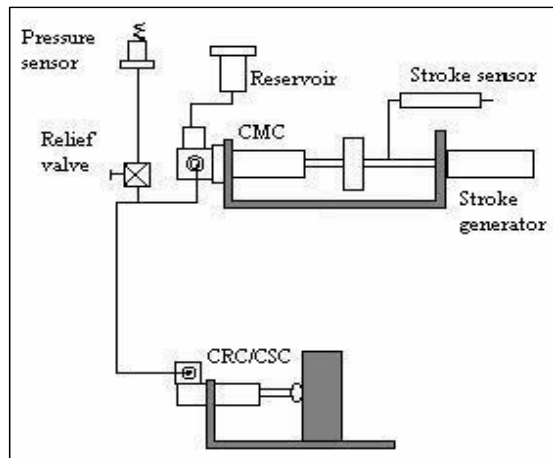


Fig. 4. Temperature test System.

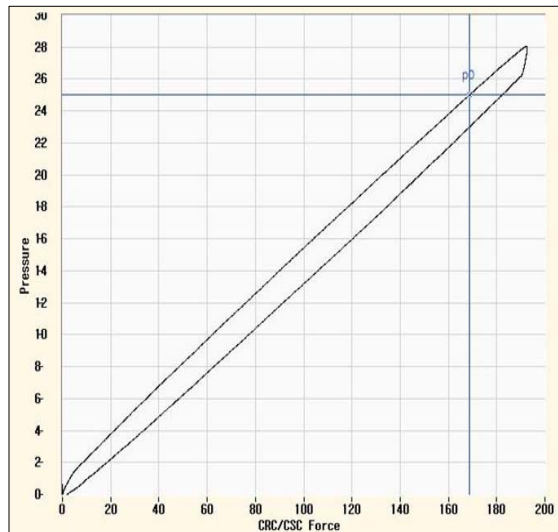


Fig. 5. Graph of Efficiency test.

CMC와 CSC는 유압 라인에 의해 연결된다. 압력센스는 라인에 압력을 기록하기 위해 연결될 수 있어야 한다.

CMC는 액압 하중을 가하여 내압이 50kgf/cm² 일때, CSC는 액압 하중을 가하여 내압이

25kgf/cm² 일때의 하중을 측정하여 이론치 대비하여 실제 측정 하중을 계산하여 효율을 산출하여 나타낸다. 효율의 기준은 90% 이상의 경우이다.

Table 1. Data of efficiency test

NO	Vacuum keeping (mmHg)	Idle Stroke (mm)	Full Stroke (mm)	Internal pressure	Contact resistance (kgf)	Efficiency (%) (92%↑)
#1	1.0	1.08	32.55	OK	3.40	92.0
#2	0.7	1.00	32.65	OK	3.00	93.3
#3	0.7	1.10	32.50	OK	2.30	93.7
#4	1.0	1.11	32.55	OK	2.95	92.0
#5	0.8	1.08	32.50	OK	2.70	92.4
#6	0.9	1.12	32.50	OK	2.90	92.4
#7	0.9	1.10	32.60	OK	3.00	92.0
#8	0.7	1.07	32.60	OK	2.60	92.4

2.2 Cup 관련 성능분석

컵 관련 성능분석 시험은 고온에서 브레이크 오일의 종류에 따른 컵의 치수, 경도, 무게, 비중의 변화를 알아보기 위한 실험으로써, 실험 방법으로는 5가지 종류의 컵을 6개 준비한 뒤, 3개는 150℃ DOT3 브레이크 오일 속에 넣고, 나머지 3개는 150℃ DOT4 브레이크 오일 속에 넣어 70시간 지난 뒤의 컵의 치수, 경도, 무게, 비중의 변화를 측정한다. 컵의 내액성을 확인하기 위한 실험기로는 드라이오븐을 사용하고 온도를 설정하여 부식시험 및 내액성 시험을 할 수 있다.⁽⁴⁾



Fig. 6. Fluid resistance M/C(dry oven).

Table 2. Cup change ratio

Type	Oil	DIM's (±0.1)	Hardness (±5)	Weight	Specific gravity
Primary Cup	DOT3	0.0358	1.6667	0.012	0.0123
	DOT4	0.0435	3.75	0.0152	0.0150
Secondary Cup	DOT3	0.1326	3.8333	0.0156	0.0013
	DOT4	0.1012	2.3333	0.0123	0.0003

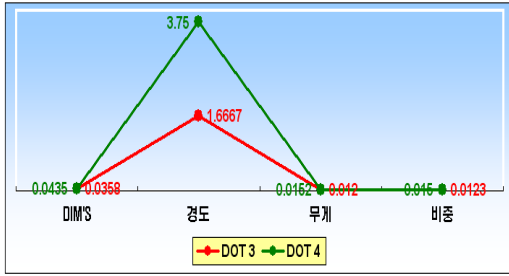


Fig. 7. Amount of Variation for Primary cup.

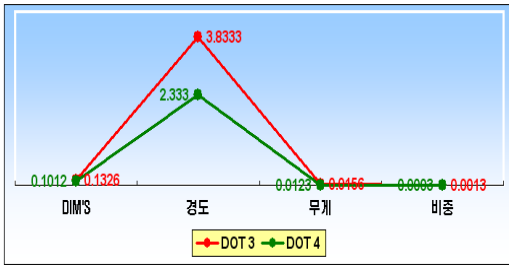


Fig. 8. Amount of variation for secondary cup.

2.3 BODY 파손 시험

CMC에 내압을 걸어 파손시점까지의 압력을 측정하는데, 유압식 클러치 제어 시스템의 치명적인 부품이나 부분(CMC, CRC, CSC)의 파손을 확인하기 위하여 파열 압력을 실시한다.

유압식 클러치 제어 시스템에서 CMC는 클러치 페달에 의해 작동하는 액추레이터 이다. CMC는 유압을 이용하여 CSC(CRC)에 압력을 전달한다. 이때 CSC(CRC)는 릴리즈 포크에 힘을 가하게 된다. CSC는 CRC와 같은 기능을 가졌으나 릴리즈 베어링을 가지고 있으며 카버 어셈블리의 다이어프램에 직접 조립된다. 제품 개발과 생산 품질의 향상을 위해서 푸쉬 로드 또는 노즐이 제거된 시험하려는 부품을 밀폐된 챔버안에 놓는다. 그리고 라인번드를 사용하는 고압 펌프에 연결하고, 압력 센서를 밀폐된 챔버 외부의 콘택션 인터페이스에 삽입한다.

시험되는 부품 또는 시스템이 파열 될 때 까지 천천히 고압 펌프를 작동 시킨다. 그 동안 압력과 시간 사이의 관계를 기록한다.

2.4 PUSH ROD 강도 시험

푸쉬로드 강도 시험은 CMC를 페달 조합하여 작동시 휨 또는 파손 등을 사전에 검증하는 시험으로서, 특히 페달을 급격히 조작하는 경우에 소손의 우려가 있는지 없는지 확인하는 시험이

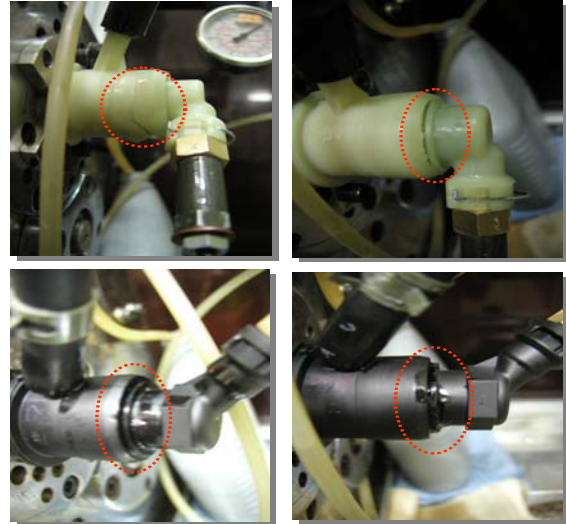


Fig. 9. Breakage test by internal pressure.

다. 이 시험은 푸쉬로드를 페달 작동 방향으로 요동 각 만큼의 각도를 강제적으로 주어 130 kgf의 하중을 가여야 변형 및 파손이 없는지 확인하는 시험이다. 또한 피스톤 스톱퍼의 이탈 강도를 측정하여 페달이 급격히 리턴 될 때의 하중을 견딜 수 있는지 확인 하는 시험이다. 피스톤 스톱퍼의 이탈강도는 100 kgf의 힘으로 피스톤 스톱퍼의 반대 반향으로 인장 시험하는 것이다.⁽⁵⁾

CMC의 푸쉬로드의 압축 파괴 하중을 평가하기 위한 실험으로써 푸쉬로드를 실린더 전진 방향으로 하중 130kgf 가하였을 때 변형 및 파손이 없을 것을 실험 목적으로 하였다.

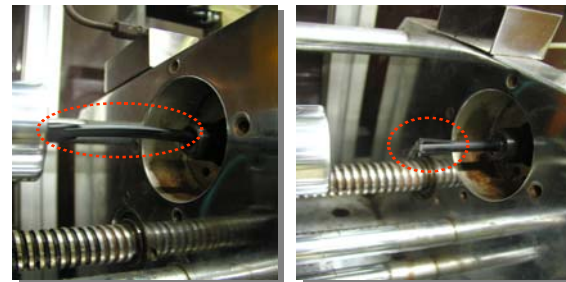


Fig. 10. Test for push-rod strength.

2.5 환경내구시험

환경내구시험은 정해진 사이클의 온도, 작동 횟수, 회전수 등을 가변하여 CMC와 CSC 의 내구력을 검증 하는 시험이다. 이 시험은 시험 모드를 이용하여 내구력을 검증하며, CMC, CSC 및 클러치 조합을 통한 실차 조건과 동일

한 유압 시스템을 사용하여 온도 및 회전수 등을 가변 하면서 정해진 사이클을 진행하는 시험이다.

은 40kgf/cm², 판정기준으로 150시간 후에 누유 및 파손이 없을 것으로 하였고, 실험장비는 ETS-4000-445를 사용하였다.

Table 3. Test mode

(1,500회/hr)		
온도(°C)	작동횟수	회전수(rpm)
80	40,000	3,000
110	110,000	4,000
140	10,000	5,000
110	30,000	6,000
140	10,000	5,000

} 10 회반복

(1,500회/hr)		
온도(°C)	작동횟수	회전수(rpm)
160	5,000	5,000

(600회/hr)	
온도(°C)	작동횟수
120	10,000
-40	5,000
20	5,000



Fig. 11. Tester for environment enduring.

Table 4. Test result-5

	Cup inside	Tube Guide Inside	Cup Outside	Tube Guide Outside
		φ30.6±0.2	φ32.2+0.068/-0.075	φ45.6
Before	30.647	32.21	45.502	44.02
After	31.160	32.21	44.954	44.02
Change amount	0.513	0	0.548	0.01
Cup Physical Amount	1.050 (OK)		0.924 (OK)	
Spec.	Tube Guide O/DIA - Cup I/DIA > 0.508 mm		CUP O/DIA - Body I/DIA > 0.635 mm	

2.6 진동 시험

진동시험의 시험조건 및 방법으로는 주파수 25Hz~500Hz 변환시 파손 및 누유 없을 것 (X,Y,Z축), 주파수 범위는 1Hz/Sec, 유지 액압



Fig. 12. Equipment of vibration test.

3. 결 론

벤치 내구력 시험 및 성능 검사로써 바디의 파손 시험 과 푸시로드(Push-rod) 강도 시험 등의 제작 샘플의 시험을 통한 적용성 여부를 판단한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시험결과 CMC 성능시험 결과, 진공 유지력 규격에 만족하였으며, 아이들 스트로크의 경우 규격보다 상한치로 나왔고, 내압 유지시험 및 효율 또한 규격에 만족함을 알 수 있었다.
2. 온도변량에 따라 1st 컵과 2nd 컵의 치수 변화와 경도, 무게, 비중을 확인한 결과 치수 무게 그리고 비중의 변화는 크게 나타나질 않았고 경도 값의 변화만 나타났으며 Table 2.와 같이 나타내었다. T3 CMC 컵은 내액성 시험의 규격을 만족함을 확인 할 수 있었다.
3. 시료로 사용되는 바디의 나일론 66+GF30% 와 피스톤의 열경화성 수지 그리고 컵의 EPDM을 관찰하여 누유 결과를 확인하였으며, 그 결과 누유 및 파손이 없었음을 확인 할 수 있었다.
4. 내구 성능 시험 결과 저온 -40°C, 고온 10 0°C 액압 45bar에서 충분한 내구를 만족하였으

며, 759mmHg 이상의 진공 형성에서 진공 유지력을 보였다. 작동압력 247bar 내압 파손 강도를 유지하였다.

후 기

본 연구는 금오공과대학교 학술연구비에 의하여 연구된 논문입니다.

참 고 문 헌

1) J. Y. Kim, "Clutch Master Cylinder," Intra-Research Report, Valeo Pyeong Hwa Co., LTD., (2005)

2) J. C. Lee, M. H. Im, J. H. Jang, Y. S. Cheong, M. D. Hur, B. K. Choi, *Trans. of KSAE*, **11, 5**, 112, (2003)
3) J. H. Yoon, S. W. Seo, H. C. Lee. *Trans. of the KSMTE*, **10, 5**, 17, (2001)
4) K. H. Kim, *Journal of the Korean Society of Automotive Engineers*. **2**, 33, (2006)
5) J. W. Ryu, "A Study on the Plasticize of Clutch Control Hydraulic System", ATC-Report, Valeo Pyeong Hwa Co., LTD., (2007)

(2008년 5월 9일 접수, 2008년 11월 21일 채택)