

Clutch Master Cylinder의 성능향상에 관한 연구

A Study on the Efficiency Improvement of Clutch Master Cylinder

**이종형¹, 권영신², 소윤섭², 이춘근³, 류재원³

J. H. Lee(leejh@kumoh.ac.kr)¹, Y. S. Kwon², Y. S. So², C. G. Lee³, J. W. Ryu³

¹ 금오공과대학교 기계공학부, ² 금오공과대학교 생산기계공학과, ³ (주)평화발레오 연구개발부

Key words : Clutch Master Cylinder , Composite, Plastic CMC

1. 서론

최근 전 세계적으로 환경오염에 대한 관심이 높아지고, 규제 또한 점점 강화되어가고 있다. 이 환경규제는 자동차 경량화와 연계되어있고, 이는 자동차업계의 생존필수 조건이 되었다.

또한, 자동차 부품들의 경량화와 더불어 내구성이 중요하게 부각되고 있다. 자동차의 경량화는 연비향상뿐만 아니라 최근 전 세계적으로 환경오염에 대한 관심이 높아지고, 규제 또한 점점 강화되어가고 있다. 이 환경규제는 자동차 경량화와 연계되어있고, 이는 자동차업계의 생존필수 조건이 되었다. 이러한 자동차 경량화를 위해 자동차 설계의 최적화 및 엔진의 고효율화, 각종 자동차 부품의 경량화 등 다각적인 노력이 이루어지고 있다.

또한 완성차 메이커는 생존전략으로 Cost절감 기술 개발에 박차를 가하고 있다. 최고의 품질도 중요하지만 알맞은 품질에 저렴한 가격이 더 중요한 시점이며, 이윤이 남지 않으면 경쟁에서 살아남을 수 없어 저 Cost 기술들이 활발히 개발되고 있다.

이러한 관점에 플라스틱 신소재에 대한 관심과 연구활동이 활발해지면서 1980년대 이후부터 Composite(복합체)에 대한 연구 및 개발이 활발히 진행되어 오고 있는 실정이다. 실제로 고분자(polymer)는 열이나 외부의 자극에 대하여 많이 취약한 것이 사실이지만, 카본블랙, 유리섬유, 탄소섬유 등의 filler를 도입하여 고분자와의 복합체를 형성함으로써 기계적물성의 대폭적인 증가를 가져오고 있다. 특히 요즘 한창 1990년 후반부터 많은 연구의 대상이 되고 있는 Clay, Carbon Nano tube 등의 나노복합체 역시 나노크기의 filler와 고분자의 결합을 이용한 복합체의 한 분류라 할 수 있다. 우리는 기존 자동차에서 적용하고 있었던 알루미늄 합금을 나일론 6,6와 유리섬유를 이용한 복합체를 통해서 대체화 함으로써 부품의 경량화, 원가 절감, 생산공정의 간소화를 달성하고자 하였다.

2. CMC의 형상 및 구조분석

최초로 개발된 알루미늄의 C-TYPE CMC는 실린더 벽에 구멍이 뚫린 직경 0.5mm 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 먼취 할 수 있는 기술이 없었으나, 지금은 컵 재질이 EPDM으로 강화되었고, 홀 내부에서 먼취 할 수 있어 컵에 손상을 주지 않기 때문이다.

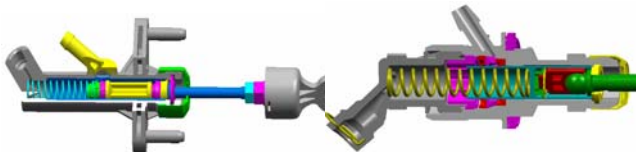


Fig. 1 C-TYPE CMC

Fig. 2 P-TYPE CMC

본 연구의 플라스틱 P-TYPE CMC는 걸링사의 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.

3. 복합재료의 기계적 특성분석

CMC의 플라스틱화 과정에서 가장 핵심적인 연구부분은 플라스틱이 과연 기존에 사용되던 알루미늄합금을 대신하여 그 역할을 제대로 수행할 수 있을지에 대한 재료적인 측면에서의 문제이다. 이번 연구에서는 외부 충격을 이겨내기 위해 알루미늄이나 강철 등의 금속성 재료를 첨가하는 대신, 플라스틱인 나일론6,6에 보강효과를 증진시키기 위해 유리섬유를 첨가시킨 복합재료의 기계적 특성을 분석하였다.

Rodia사의 나일론6.6 (TECHNYL®)칩과 HANKUK FIBER GLASS에서 실란계 커플링제로 표면처리 한 30-50wt%의 유리섬유 (HANKUK FIBER GLASS)를 고분자중합기를 이용하여 melt mixing을 하였다. mixing 조건은 280℃에서 60min간 mleting후 30분간 40rpm으로 mixing 하였으며, melting된 mixture를 상온에서 자연 냉각하여 sample을 획득하였다. 중합된 mixture를 mini-maxer molder를 이용하여 dog-bone 타입(ASTM D 638)으로 sample을 제조하여 인장시험을 하였다.

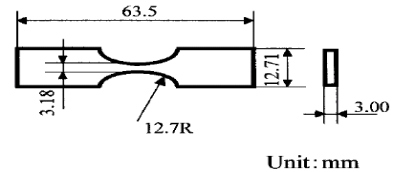


Fig. 3 UTM test sample

유리섬유의 함량이 증가할수록 Max-Load는 초기 유리섬유의 함량이 0wt%일 때 0.2130KN에서 유리섬유의 함량이 최대 50wt%일 때 0.4308 KN까지 약 100%의 증가를 확인할 수 있었다. 동일하게 strength와 modulus 역시 각각 100wt%와 132%의 증가를 확인할 수 있었다. 하지만 유리섬유의 함량이 50wt%일때는 기계적인 성질을 증가한 것으로 나타났으나, 가공 시 점도가 크게 증가하고, 분산이 양호하지 못하였으며, 유리섬유의 파손이 나타나는 등의 문제점 때문에 차후 실험에서는 유리섬유의 함량이 30wt%인 나일론6,6 복합재료를 사용하였다. 나일론6,6/GF 30wt% 복합재료는 137.4MPa의 strength와 2.357GPa의 modulus로 나타났다.

Table. 1 Mechanical properties of nylon 6,6 by GF fostering

구 분	나일론6,6	나일론6,6 + GF 10wt%	나일론6,6 + GF 30wt%	나일론6,6 + GF 50wt%
Max-Load (KN)	0.213	0.252	0.358	0.431
Max-strength (MPa)	81.8	96.7	137.4	165.4
Modulus (MPa)	1421	1590	2357	3303

4. 구조 적 강도 해석

기존의 금속인 Aluminum Body를 Plastic Body 개발 관련 소재와의 비교해석을 통해 검증을 하고자 하였고 내압을 받는 부위는

Secondary Body이나 Principal Body는 Piston의 하중과 내압의 영향을 받는 중간 연결역할을 하므로 설계 시 두 부분 모두 검토해야한다.

body의 내압조건으로 100bar(약10MPa)를 주었으며, 이는 차량 작동 시 약30bar의 내압이 생성되나 순간최대압력으로는 70bar 이하정도의 내압이 발생을 고려 해석조건을 주었다. 축 고정으로는 플랜지와 용착부위를 고려하였다.

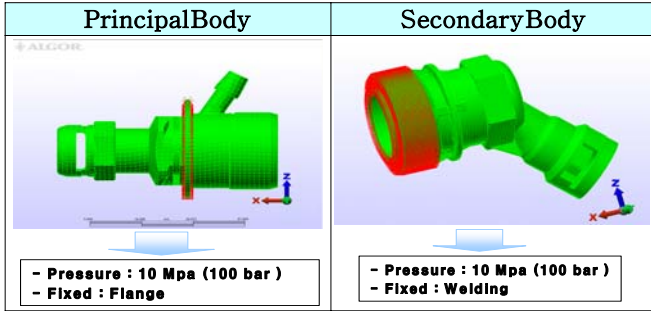


Fig. 4 Pressure and Fixedness of Body

AL 재질은 압력 조건에서 5배 이상의 안전율을 나타냄으로 양호하고, Plastic 재질도 내압 100bar 조건에서는 각각 5.58배, 4.45배의 안전율로 양호함을 알 수 있었다. 실 작동 조건을 고려 시 압력조건이 타당하며, 결과를 볼 때는 두 사양 모두 양호한 것으로 판단되었다.

Principal	Pressure	Displacement
Body		
Max	21.504MPa	0.0821
Secondary	Pressure	Displacement
Body		
Max	26.961MPa	0.0715

Fig. 5 Plastic body (Nylon+GF30%)

Principal	Pressure	Displacement
Body		
Max	37.659MPa	0.0076
Secondary	Pressure	Displacement
Body		
Max	51.386MPa	0.0078

Fig. 6 Aluminum body (A6061-T6)

Table. 2 Stress von Mises

		allowablestress		StressVon Mises[Mpa]	safetyco-efficient
		Tensile strength	Yield strength	Pressure	Pressure
AL	Principal	310	276	37.695	7.32배
	Secondary			51.386	5.37배
PL	Principal	120	120	21.504	5.58배
	Secondary			26.961	4.45배

알루미늄과 플라스틱 body를 비교 분석 특성으로는 내부응력의 분포를 해석을 통해 플라스틱은 알루미늄보다 탄성계수가 낮아 응력의 분포가 넓게 퍼지고, 재료의 특성상 Nylon66/GF는 1차적으로 Nylon 2차적으로는 Glass Fiber 가 외부의 충격을 흡수하는 것으로 판명하였다.

5. 결론

국내 최초로 플라스틱 CMC를 개발하기 위해 마스터 실린더의 구조, 기계적 특성 및 설계의 구조강도 등을 검토하였다. 또한 선진사 재료로 쓰이는 nylon 66/GF 복합체의 소재분석에 따른 구조강도해석 하였다.

CMC의 제조 설계하여 안정성과 효율의 극대화를 이루며, 재료적 특성과 구조적 특성을 고려하여 최적의 재료를 선정하고 설계하여 안전성판단을 위해 해석결과를 비교 분석하였다.

플라스틱 CMC의 주된 이점은 중량 절감, 여러 가지부품을 하나의 부품으로 모듈화, NVH(Noise, Vibration, Harshness)향상 시킬 수 있다.

또한 플라스틱은 부품이 간단하고, 비교적 소형이기 때문에 교환이 용이하고 유지비용이 절감되며 재활용성이 우수해서 환경오염을 줄일 수 있다.

플라스틱 실린더는 알루미늄 실린더보다 제조공정의 단순화, 가격 및 중량 대비 면에서 경쟁력 증대를 가져온다.

후기

본 연구는 산업자원부 우수제조기술연구센터(ATC) 기술개발 사업지원에 의한 연구로서 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. K-H kim, "Plastics in Automotive Component", Journal of the Korean Society of Automotive Engineers. 2006. 2, pp. 33~38.
2. J-Y Kim, "Clutch Master Cylinder," Intra-Research Report, Valeo Pyeong Hwa Co., LTD., 2005.
3. FEA program, ALGOR, instructor manual, Copyright © 2004 ALGOR, Inc., www.ALGOR.com