

Stick Type Ignition Coil Jacket PET의 접촉응력 해석

김 양 술

홍익대학교 기계정보공학과
(2004. 8. 24. 접수 / 2005. 1. 4. 채택)

Contact Stress Analysis of Stick Type Ignition Coil Jacket PET

Yang-Sul Kim

Department of Mechano-Informatics & Design Engineering, Hongik University
(Received August 24, 2004 / Accepted January 4, 2005)

Abstract : Stick type ignition coil is new development that connect directly with ECU(Electronic control unit), without needing a spark plug cable and distributor. Glass-fiber reinforced polymeric composites provide the desirable properties of high stiffness and strength as well as low specific weight. Stick type ignition coil jacket is using PBT GF30 resin. PBT GF30 resin is a kind of electric insulation which is a superior engineering plastic that is used to prevent the leakage of the electrical current. If PET receive a mistake of design or excessive force when HV terminal oppress on jacket, it can happen to crack. Local stress concentrations occurring on the contact surface, the contact phenomenon becomes a direct cause to the wear and failure of mechanical structures. When it is cracked, it can allow a leakage of the electrical current. So, in this study, we analyze the contact stress to PBT jacket using ANSYS program, when HV terminal oppress on jacket. We suppose PBT to be Jacket and we analyzed contact stress that happens in PET like PBT analysis method. We compared the use of PBT and PET.

Key Words : stick type ignition coil, PET(polyethylene terephthalate), HV terminal(high voltage terminal), PBT(polybutylene terephthalate)

1. 서 론

오늘날 많은 자동차 관련 이론들은 근본적인 요구인 엔진의 실행 기간동안 고 성능 그리고 저 연료 소비를 필요로 하게 되었다. 또 같은 시간에 지구 환경 문제 그리고 저 배기가 기본적인 구성에 관심을 갖게 되었다.

엔진에 관계되어 있는 구성요소들은 증가하고 그리고 그 공간내의 구성요소는 제한된 몇 개로 채워지는 상황에 도달하였다. 더 높은 입장에서 엔진 구성 부품들의 무정비가 가능한 것을 요구한다.

사회적 응답 그리고 기술의 방향에 따라 연소실 공간 내의 미래의 점화 코일과 스파크 플러그는 저 연소, 높은 입력 강한 회전력 그리고 EGR(exhaust gas recirculation)의 양 등을 확실히 건디어 낼 수 있

을 것이라고 기대한다. 스파크 플러그의 구조적 신뢰성은 열적 강도, 화학적 안정성, 전기 절연성 및 기계적 강도에 좌우되며, 점화장치로서의 성능은 내프라이그니션성, 내오손성, 점화성 및 내구성에 좌우되며 이들 중 점화성의 비중이 매우 크다.

Stick type ignition coil은 내연기관용 점화장치로서 점화코일은 배터리의 1차 저전압을 점화코일의 1차, 2차 코일의 권선비에 의해 2차 고전압으로 변환시켜 연소실내의 점화플러그에 고전압을 공급하는 장치이다. Stick type ignition coil은 기존 코일과는 달리 스파크 플러그 케이블과 디스트리뷰터가 필요 없고 ECU와 직접 연결하는 세계적 신개발품이다.

즉 전력 손실을 최소화 할 수 있는 장치이다.

Stick type ignition coil은 고전압을 발생하여 점화플러그로 공급하는 일종의 변압기로서 전류의 누설을 방지하기 위하여 전기절연성이 우수한 엔지니어링 플라스틱의 일종인 PBT CRASTIN LW9030 수지

[†]To whom correspondence should be addressed.
yskim_119@hotmail.com

를 사용하고 있다. PBT CRASTIN LW9030 수지는 열가소성의 유리섬유강화 플라스틱으로 강도와 강성을 보강한 Grade이다.

그러나 PBT수지는 일반적으로 우수한 전기적 절연성을 갖고 있지만 금형시 설계의 잘못이나 2차 가공시 과도한 힘을 받게 되면 크랙이 발생하는 경우가 생기는데 이러한 크랙은 실제 차량에 장착되어 사용될 시 크랙의 성장으로 인해 전류가 외부로 누설되는 경로를 제공할 수 있다. 2차 가공에는 자켓의 내부에 1·2차 코일과 스푼, 절연수지가 삽입이 되고 HV단자가 자켓의 홀에 압입이 된다. 이때 압입시 발생하는 압입응력으로 인해 자켓 내부에 크랙이 발생하는데 압입응력을 최소화시켜야 압입으로 인한 크랙이 발생하지 않는다.

본 연구에서는 ANSYS 상용 프로그램을 이용하여 PBT 자켓에 HV단자를 압입 할 때 생기는 응력 측정과 크랙의 원인이 되는지 규명하고, 만약 크랙의 원인이 된다면 PBT와 비슷한 성격을 가지고 있는 PET로 대체하여 해석을 하려고 한다.

본 논문에서는 위와 같은 해석을 통하여 기존 Stick type ignition coil의 자켓부 대체 재질로 예측되고 있는 PET의 3종류(Rynite530, Rynite540, Rynite 555)에 대해서 접촉응력을 해석한다.

2. PBT Jacket의 접촉응력 해석

2.1. Stick type ignition coil의 구조 형상

Stick type ignition coil의 HV단자의 전체 형상은 다음과 Fig. 1과 같다. 압입부의 직경은 6.85mm이고 HV단자의 외경은 6.95mm이다. 제품의 조립은 상온에서 이루어지며 HV단자가 자켓의 구멍에 억지끼워맞춤형식으로 압입이 이루어지고, 자켓내부에 삽입되는 스푼이나 1·2차 코일, 내부자켓과 절연수지가 제거된 상태에서 압입이 이루어진다. 압입단계에서 HV단자가 Jacket의 내부로 3.25mm정도 압입된다.

2.2. 물질상수

Stick type ignition coil의 Jacket부의 재질은 기계적, 전기적 성질을 개선시키기 위해서 유리섬유를 30% 포함한 PBT GF30% 수지를 사용하고 있고, HV 단자는 BRASS를 사용하고 있다. 본 해석에서 사용된 두 물질의 상수는 Table 1과 같다.

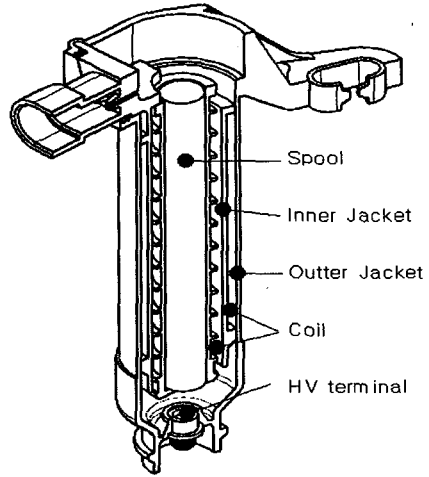


Fig. 1. Section view of stick type ignition coil

Table 1. Material Properties of HV terminal and ignition coil jacket(PBT)

	HV Terminal	PBT
Tensile strength, Ultimate (MPa)	414	145
Young's modulus E (GPa)	97	10.5
Poisson's ratio ν	0.32	0.4
Coefficient of Friction μ (Static)	0.25	0.27

2.3. 유한 요소 해석

2.3.1. 형상의 모델링과 구속조건

연구에 사용된 모델은 3차원 솔리드 모델이지만 축대칭 회전체이므로 3차원 모델링 해석 결과값의 차이가 극히 작기 때문에 Fig. 2와 같이 2차원 평면 상태로 가정하여 모델링 하였다.

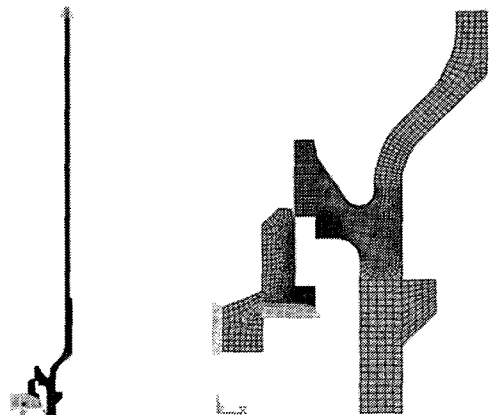


Fig. 2. Boundary and load of stick type ignition coil

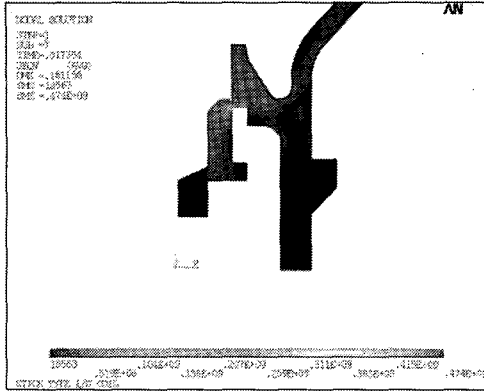


Fig. 3. Von-mises result of stick type ignition coil jacket PBT (first step)

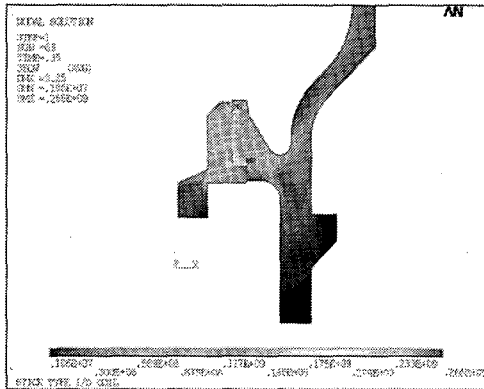


Fig. 4. Von-mises result of stick type ignition coil jacket PBT (final step)

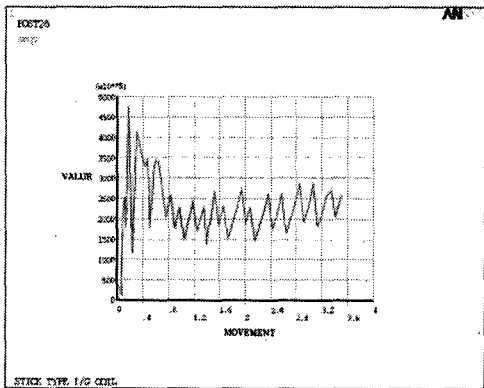


Fig. 5. Maximum von-mises stress (Node No.98)

Table 2. Maximum von-mises stress in stick type ignition coil jacket PBT

Node	Value (Pa)
98	0.474E+09

현재 생산되고 있는 제품의 치수대로 모델링을 하여 HV단자가 압입되는 동안 이동하는 거리 3.25 mm만큼 점화코일의 자켓을 이동하도록 하고 HV단자는 고정시켜 놓았다.

2.3.2. PBT Jacket 접촉응력 해석결과

HV단자를 PBT 자켓에 압입시 최대 접촉응력 (Fig. 3)은 474MPa, 압입 완료후의 접촉응력(Fig. 4)은 266MPa 발생되었다. 이 응력은 PBT가 갖고 있는 인장강도를 넘었으므로 크랙의 발생 가능성이 있어 전류 누설의 원인으로 작용할 수 있다. Fig. 5는 최대 응력을 받는 Node의 이동에 따른 응력변화를 나타내고 있다. Table 2는 최대 응력을 받는 Node를 보여주고 있다.

3. PET Jacket의 접촉응력 해석

3.1. 구조와 물질상수

PET의 구조 및 형상은 Stick type ignition coil의 치수를 사용하여 모델링을 했다. 본 연구에 사용된 PET는 DUPONT사의 Rynite 계열 수지를 사용하였고 HV단자는 Brass를 사용하였다.

3.2. 유한요소 해석

3.2.1. 형상의 모델링과 구속조건

PET의 유한요소 해석은 PBT에서 수행한 것과 똑같이 2차원으로 모델링을 하였으며 또한 구속조건과 이동거리등은 PET의 해석과 동일한 조건을 주었다.

PET의 해석에서는 3가지 종류의 PET재질을 사용하였다. 첫 번째는 유리 섬유 30%가 강화된 Rynite 545를 사용하였다. 마지막으로 유리 섬유가 55%강화된 Rynite 555를 사용하였다. 본 해석에서 사용된 각각의 물질의 상수는 Table 3과 같다.

Table 3. Material properties of and ignition coil jacket(PET)

	Rynite 530	Rynite 545	Rynite 555
Tensile strength, Ultimate (MPa)	159	186	189
Young's modulus E (GPa)	10.7	15.5	17.9
Poisson's ratio ν	0.41	0.39	0.37
Coefficient of Friction μ (Static)	0.17	0.2	0.18

3.2.2. PET Jacket 접착응력 해석결과

HV단자를 PET 자켓에 압입 할 때 발생하는 접착 응력을 보면 Rynite 530의 경우 압입시 최대 접착응력(Fig. 6)은 479MPa, 압입 완료후의 접착응력(Fig. 7)은 271MPa 발생되었다. 이도 역시 HV단자 압입시 과도한 힘을 받게 되어 크랙이 발생 가능하여 전류 누설의 경로를 제공할 수 있을 것이다.

Rynite 545의 경우 압입시 최대 접착응력(Fig. 9)은 692MPa, 압입 완료후의 접착응력(Fig. 10)은 452 MPa이 발생하였다. 이도 역시 HV단자 압입시 과도한 힘을 받게 되어 크랙이 발생 가능하여 전류 누설의 경로를 제공할 수 있을 것이다.

Rynite 555의 경우 압입시 최대 접착응력(Fig. 12)은 804MPa, 압입 완료후의 접착응력(Fig. 13)은 532 MPa이 발생하였다. 이도 역시 HV단자 압입시 과도한 힘을 받게 되어 크랙이 발생 가능하여 전류 누설의 경로를 제공할 수 있을 것이다.

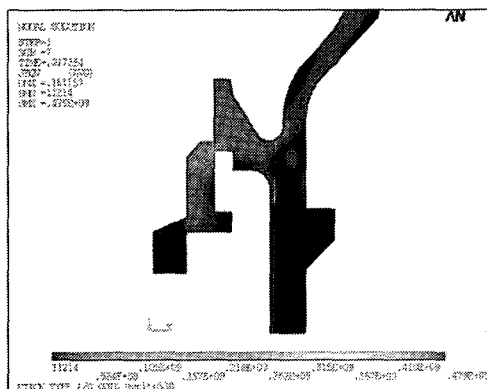


Fig. 6. Von-mises result of stick type ignition coil jacket PET (first step Rynite 530)

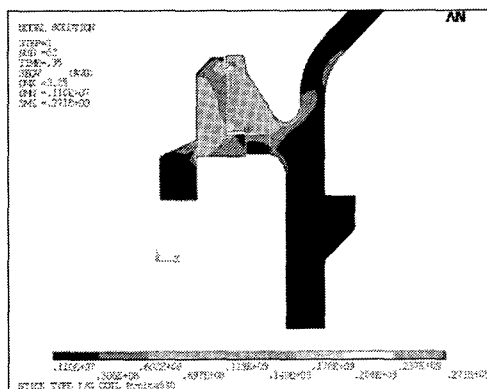


Fig. 7. Von-mises result of stick type ignition coil jacket PET (final step Rynite 530)

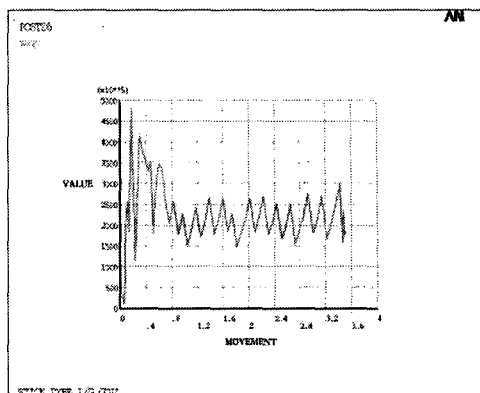


Fig. 8. Maximum von-mises stress of PET (Node No.98 Rynite 530)

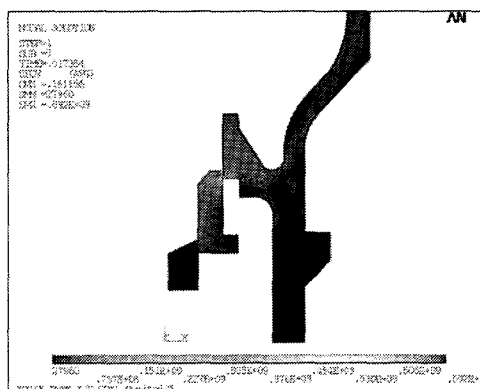


Fig. 9. Von-mises result of stick type ignition coil jacket PET (first step Rynite 545)

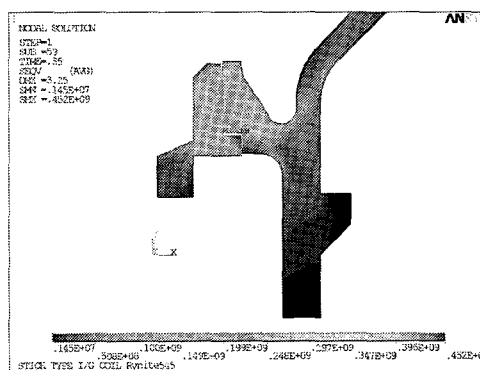


Fig. 10. Von-mises result of stick type ignition coil jacket PET (final step Rynite 545)

Fig. 8, Fig. 11, Fig. 14는 각각의 경우에서 최대 응력을 받는 Node의 이동에 따른 응력변화를 나타내고 있다. Table 4는 각각의 경우에서 최대 응력을 받는 Node를 보여주고 있다.

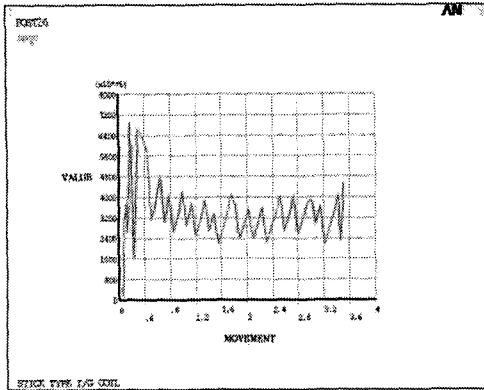


Fig. 11. Maximum von-mises stress of PET (Node No.98 Rynite 545)

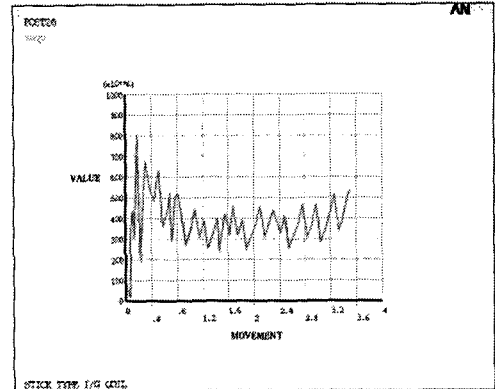


Fig. 14. Maximum von-mises stress of PET (Node No.98 Rynite 555)

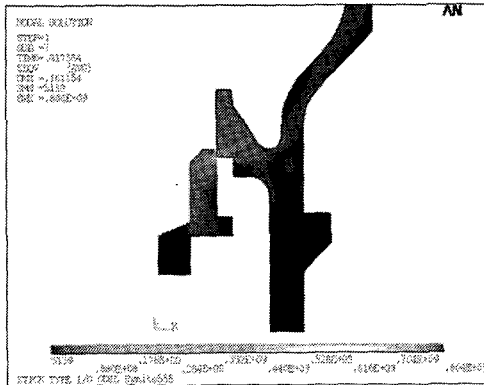


Fig. 12. Von-mises result of stick type ignition coil jacket PET (first step Rynite 555)

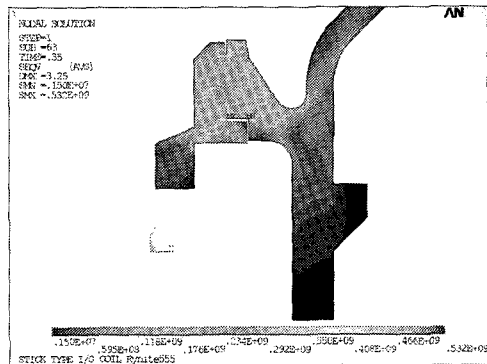


Fig. 13. Von-mises result of stick type ignition coil jacket PET (final step Rynite 555)

Table 4. Maximum von-mises stress in stick type ignition coil jacket PET

	Node	Value (Pa)
Rynite 530	98	0.474E+09
Rynite 545	98	0.692E+09
Rynite 555	98	0.804E+09

였고, 그리고 압입단계에서 한계 인장응력을 넘어설 경우 PBT와 유사한 기계적 성질을 가지고 있는 PET로 대체하여 해석을 하였다.

PBT의 경우 HV단자에 자켓 압입시에 최대 474 MPa의 접촉응력이 발생하였다. PBT의 인장강도가 145MPa인 반면 발생 접촉응력은 그것을 넘어섰다. 그러므로 압입시 과도한 힘을 받게 되어 크랙이 발생할 수 있고 전류 누설의 가능성이 있다.

PET의 해석은 Rynite 530, Rynite 545, Rynite 555의 세종류의 PET 재질을 사용하였다. Rynite 530의 경우 인장응력이 159MPa인데 반해 발생 접촉응력은 479MPa이 발생 되었다. Rynite 545의 경우 인장응력이 186MPa인데 압입시 최대 접촉응력은 692MPa이 발생하였다. Rynite 555의 경우 인장응력이 189 MPa인데 압입시 최대 접촉응력은 804MPa이 발생 하였다. 이 결과들은 압입시 과도한 힘을 받게 되어 크랙의 발생 가능성을 보여준다.

본 논문에서 Stick type ignition coil 자켓부의 PBT 재질을 기계적 성질이 유사한 다른 재질을 대체하여 접촉응력을 해석하였는데 삽입과정에서 인장응력보다 큰 응력이 발생하였다.

결과적으로 HV단자의 설계 변경 또는 압입 과정 시 열을 가해 압입되는 방법 등이 고려되어야 할 것이다.

4. 결론

기준에 사용되고 있는 Stick type ignition coil 자켓부 PBT가 HV단자 압입시의 접촉응력을 해석하

감사의 글 : 이 논문은 2004년 홍익대학교 학술 연구 조성비에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- 1) John B. Heywood, "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill Book Company, 371~490, 1988.
- 2) M. S. Han, "Numerical Simulation of Fatigue Growth of Multiple Surface Crack under Fatigue Load", Journal of KSAE, Vol. 010, No.17; 2002.
- 3) 이성만, "플라스틱 해설과 물성집", 한국 플라스틱 기술 정보센터, 391~398, 1988.
- 4) 김재원, "플라스틱 재료", 구민사, 297~302, 2002.
- 5) 오영준, 김형철, 김이곤, "연속섬유강화 플라스틱 복합재료의 압축성형성에 관한 연구", 한국복합재료학회지, 제12권, 제5호, 31~39, 1999.
- 6) 고석, 임창근, "접촉요소를 사용한 마찰접촉문제의 유한요소해석", 한국전산구조공학회 논문집, 제12권, 제1호, 29~35, 1999.
- 7) 박정선, 이수용, "특이 접촉응력 문제의 형상 최적화", 대한기계학회 논문집, 제20권, 제1호, 180~188, 1996.