

EGR System의 저온다습 환경에서 Frozen-Stuck 현상 규명 및 설계 개선에 관한 연구

김 영 권^{*1)} · 최 철 호¹⁾ · 이 승 엽²⁾ · 김 만 영³⁾ · 이 재 승⁴⁾

코렌스글로벌¹⁾ · 한국자동차연구원²⁾ · 전북대학교 항공우주공학과²⁾ · 코렌스²⁾

A Study on the Identification and Design Improvement of Frozen-Stuck phenomenon in low temperature and humidity conditions on EGR System

Young-Kwon Kim^{*1)} · Cheolho Choi¹⁾ · Seung Yeop Lee²⁾ · Man Young Kim³⁾ · Jaeseung Lee⁴⁾

KORENS Global¹⁾, KATECH²⁾, Department of Aerospace Engineering, Jeonbuk National University³⁾, KORENS⁴⁾

Key words : T-GDI HEV(가솔린 터보 하이브리드 엔진), Frozen-Stuck(동결 및 고정), Condensate(응축수), EGR System(배출가스 재순환시스템), Motor stall torque(모터 구속토크)

*김영권 책임연구원, E-mail: ykkim@korens.com

내연기관(IC Engine)의 경우 열효율 향상, 연비 극대화, 배출가스 규제 만족을 위한 신엔진 및 전/후처리 시스템의 상용화를 목표로 기술 개발을 추진 중에 있다. 보기류 진동화를 통한 고효율/초저배기 엔진과 하이브리드 엔진, 친환경 연료(e-Fuel, H₂ gas) 기반 엔진이 핵심 기술로 부각되고 있다. 친환경 엔진의 경우 고 부하 운전조건에 따라 연소 반응과정에서 질소산화물(NOx)이 다량으로 배출되지만 희박 연소 한계를 증가시키고 과급기를 적용하여 흡기 용량을 증가시킴으로써 출력 향상과 배출가스 저감을 효율적으로 개선하고 있다. 최근 신연료/신연소 방식 엔진은 운전 특성을 개선하면서 청정에 가까운 배기 가스를 배출하고 있으며 고성능/고효율 엔진 개발을 위한 희박연소(Lean Burn)방식은 연료 직분사 및 다단점화 시스템을 적용하여 낮은 연소 온도 제어, 열손실 감소, 연비 개선, 연소 효율 향상을 목적으로 EGR System 적용을 위한 설계 개선이 진행 중에 있으며 연소안정성 및 출력향상의 제어전략을 연구하고 있다.

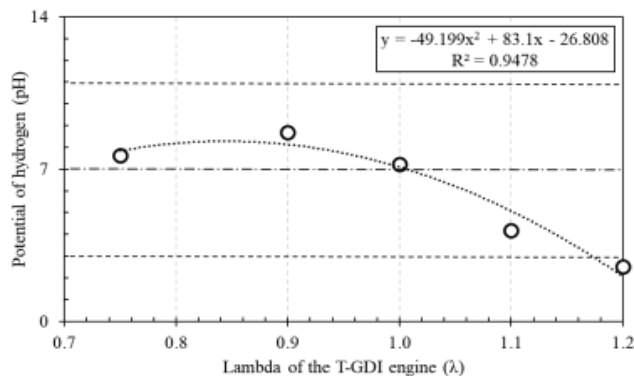


Fig 1. pH of condensate according to air-fuel ratio
(T-GDI Engine, EGR Rate 15%)

EGR 시스템 기술은 유로의 수분 발생 및 이의 회피 방안에 대한 연구 개발 필요성이 부각되고 있으며 특히, 저온 다습 조건에서 흡기 계통 내 응축수 발생에 따른 부식과 동결 문제 해결을 위한 강건 설계가 요구된다. 겨울철 주행 환경은 저온 건습 흡입 공기와 고온 다습 배기가스 혼입에 의해 흡기계통 내 다량의 응축수가 생성되어 특정 운전영역에서 EGR 시스템의 부식과 기능적 오류를 발생시킨다.

위의 사용 환경 및 조건에 따른 기능적 문제 요인을 확인하기 위하여 -20℃ 환경에서 EGR 밸브 내 Bore, Flap, Shaft 주변으로 물을 분무시켜 액적의 동결 현상 및 분포를 가시적으로 확인하였다.

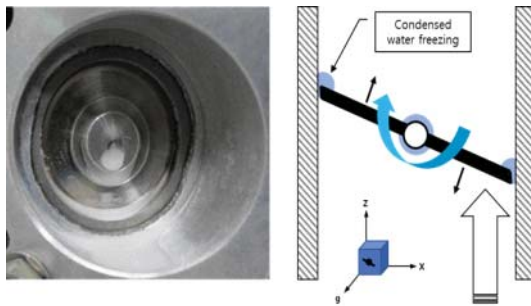
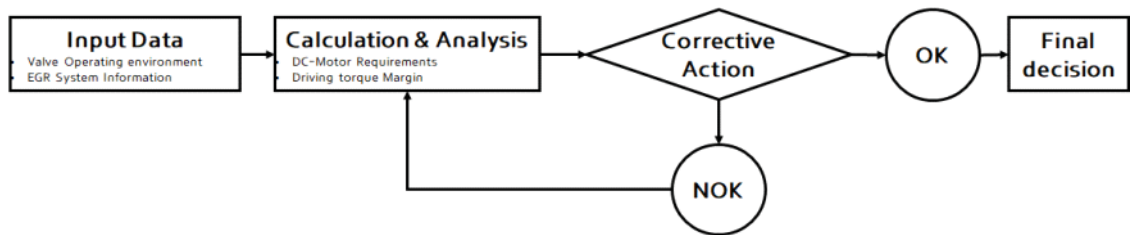


Fig 2. Location of ice and Condensed water freezing

Spray directional	Shaft Position	Power ON			Open Duty (PPS 0%)
		1 st	2 nd	3 rd	
Front (Inlet Port)	Y (Angle 0°)	X	O	-	84%
	X (Angle 90°)	O	O	-	95%
	-Y (Angle 180°)	X	X	X	-
Back (Outlet Port)	Y (Angle 0°)	O	-	-	93%
	X (Angle 90°)	O	-	-	55%
	-Y (Angle 180°)	X	X	X	-
Up (Inlet Port)	Z (Angle 90°)	X	X	O	76%
Down (Outlet Port)	-Z (Angle 90°)	X	X	X	-

Fig 3. Simulation Evaluation of Stuck Phenomenon

Frozen-Stuck 이후에 EGR Valve는 DC-Motor의 Max. Torque(Stall Current)에서 작동되며, 장착 환경에 따른 Shaft Position에 따라 작동 여부가 크게 달라질 수 있다는 것을 확인하였다.



Frozen-Stuck 현상에 대한 주요 원인 파악과 환경 모사 시험을 통해 EGR 밸브 설계 인자(적용 소재, 유로 형상, 표면조도, Flap/ Bore Clearance, Shaft Position, Flap Opening Torque)의 영향도를 파악하여 신뢰성 및 내구성을 확보할 수 있도록 설계 개선 방안을 마련하였다.

	General Design	Robust Design	Needle Bearing with twin Seal
Shaft Bearing Guide 1. Needle Bearing application at the lower end 2. Twin seal is applied in needle bearing to prevent shaft and bearing from being frozen by inflowing condensate.			

Fig 4. Shaft & Needle Bearing Desing Concept (2ea Lip Seal)



Fig 4. Stack up analysis(Bore Gap)

본 연구는 고성능/고효율 내연기관 엔진개발을 위한 EGR 시스템 적용 기술 개발로서 응축수 동결 문제를 분석하고 영향을 최소화 할 수 있도록 EGR 밸브 내 Frozen-Stuck 현상에 대한 환경 모사 시험 및 영향도 분석을 통하여 EGR Rate 증대와 제어 신뢰성 및 부식 내구성 확보의 설계 개선에 관한 연구를 수행하였다.

Acknowledgment

이 연구는 2022년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20018492) This work was supported by the Technology Innovation Program (or Industrial Strategic Technology Development Automobile industry technology development (Green Car)) (20018492, Development of High-energy multi point ignition and LP-EGR system technology to improve combustion efficiency) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE, Korea)“