

합성고분자류 폐기물의 발생가스를 이용한 가스엔진시스템 개발

김태권^{*}, 장준영¹, 심성훈²

계명대학교 자동차공학부,¹계명대학교 대학원, ²한국기계연구원

1. 서론

최근 관심이 고조되고 있는 지구온난화, 산성비, 오존층 파괴 등과 같은 지구환경문제에 영향을 주는 오염물질의 대부분이 에너지 사용기기에 의해 발생하고 있다는 관점에서 저공해 대체연료의 개발 및 활용이 시급한 시점에 와 있는 것이다. 이러한 측면에서 가스연료를 사용한 엔진에 관한 관심이 증대되고 있다. 천연가스, 수소, 일산화탄소, 메탄, 프로판, 부탄, LPG 등의 다양한 가스연료 등이 있으며 기존의 엔진 연료에 비해 열효율도 어느정도 유지할 수 있으며, 특히 유해배기가스에 의한 대기환경 오염문제 해결에 유리한 면을 갖고 있다. 또한 한정된 석유계 연료에 비하면 양적인 면에서 비교적 장기적으로 활용 가능하여 유망한 저공해 대체연료로서의 역할을 담당하게 될 것이다.

본 연구는 폐합성수지류와 같은 고분자류의 가스화에 의해 발생된 가스를 활용하여 최근 점차 연구가 활발한 동력발생장치인 가스엔진 시스템을 구동하고 이의 동력을 이용하는 시스템을 개발하는 것으로서, 합성고분자 폐기물의 처리는 물론 대체에너지 개발 및 실용화에 필수적이라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서 개발한 시스템은 합성고분자 폐기물의 화염 열분해에 의해 발생한 가연성분의 가스를 활용하여 저공해 동력발생장치로 인식되고 있는 가스엔진 시스템을 개조·제작하고, 이에 따른 엔진성능을 확인함으로써 고분자폐기물의 발생가스의 활용방안의 하나를 제시하였다.

2. 실험방법

합성고분자 폐기물의 화염열분해에 의해 발생한 가스를 엔진에 적용하기에 앞서 가스연료의 연소특성 파악을 위한 버너연소실험을 수행하였다. 사용한 가스연료는 CO 23.98%, H₂ 15.47%, CH₄ 1.77%, CO₂ 9.06%, N₂ 49.72%의 조성으로 되어 있다. Fig 1은 개략적인 화염특성을 파악하기 위하여 당량비에 따른 화염길이를 나타내었고, Fig 2는 CO만을 연료로 사용하였을 때 당량비에 따른 질소산화물의 농도를 나타내었다. 당량비 증가에 따라 화염길이가 증가하고 있음

을 알 수 있다. 당량비 4 이상에서는 화염길이의 변화가 근소하게 나타나고 있다. 또한 전체연료량을 400 cc/min에서 500 cc/min로 증가시키면 전체적으로 화염길이의 증가 성향이 나타나게 된다. 점차 공기량을 늘려서 당량비를 줄여가면 화염길이가 감소하다가 당량비 1 근방에서 화염이 부상하는 영역이 나타나기 시작하고, 더 이상 공기를 늘려가면 당량비 0.9에서 화염이 사라지게 된다. 연료량을 약간씩 증가시켜 가면 화염이 존재하는 당량비가 근소하지만 약간씩 증가함을 볼 수 있다. NO_x의 경우 당량비 3 이상에서는 거의 변동이 없으나, NO의 경우는 당량비 3을 경계로 하여 완만한 감소특성을 보이고 있다. 물론 발생되고 있는 질소산화물의 절대량이 상대적으로 적지만 최근에 연구되고 있는 탄화수소계 연료의 질소산화물 발생특성과 정성적으로 유사한 모습을 나타내고 있어 주목되고 있다.

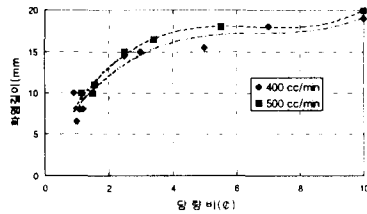


Fig 1. 당량비에 따른 화염길이

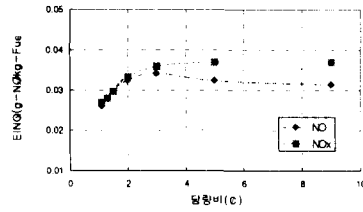


Fig 2. 당량비 변화에 따른 NOx Emission Index

본 연구에서는 A사의 LPG엔진(CD800L)을 기초로 하여 가스엔진시스템을 설계·구성하고 있다. 대상엔진의 배기량은 796 cc, 상용출력은 38 ps / 5200 rpm으로서 4400 rpm에서 최대토크를 발생시키고 있는 엔진을 모델로 하였다. 엔진의 주요제원은 표 1에 나타내었다.

표 1. 엔진의 주요제원

A사 T-LPG엔진 일반사항		연료장치 사양		
형식	직렬 OHC	LPG 분배 믹서	용량(ℓ)	60
실린더수	3		전고(mm)	110
배기량	796 cc		벤츨리	φ 40
공회전수	850 ± 100 rpm		노즐	φ 10 ~ φ 6
최고출력	38 ps / 5200 rpm	베이퍼라이저	1차실압력	0.3 ± 0.025
최대토크	5.8 kgm / 4400 rpm	스타터	정격전압	DC12V
		솔레노이드	행정	1.7 ± 0.3mm
		LPG	정격전압	DC12V
		솔레노이드	유량(ℓ/min)	4

본 연구에서는 기존의 LPG시스템에 부가하여 가스엔진시스템을 추가함으로써 이중연료(bi-fuel)엔진 시스템의 개념으로 각종 연료계통의 장치를 부분적으로 개조하였다. 또한 연소상태와 엔진출력에 직접적으로 연관되어지는 연료공

기 혼합비 조절을 위해 가스연료 공급노즐과 유량조절 오리피스를 제작하여 직접 시행착오법에 의해 연료량과 공기량의 조절을 수행하였다. 연료·공기량을 조정하는 등 엔진을 최적화 한 후 엔진회전수, 냉각수 온도, 흡기온도, 부압, 오일 압력, 배기온도를 측정할 수 있도록 센서를 설치하여 성능실험을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig 3은 엔진회전수에 따른 출력곡선을 나타내고 있다. LPG를 사용하는 경우에 예측출력에 비해 전반적으로 약 17% 가량 감소하는 성향을 보이고 있다. 고분자폐기물의 가스화에 의해 발생된 연료를 사용하는 경우는 3000 rpm을 기준하여 볼 때 실측치는 예측치보다 약 43%의 출력감소를 보이고 있다. 특히 가스화에 의해 발생된 연료에 의한 엔진 출력은 LPG연료에 의한 출력 보다 상당히 출력의 감소를 나타내고 있다. 이는 연료의 특성 차이 뿐만아니라 엔진의 연소조건 및 운전조건이 부적절하여 나타난 결과가 포함되어 있는 것으로 생각된다. 결국 본 연구는 합성고분자 폐기물의 화염 열분해에 의해 발생한 가스를 활용하여 국내 최초로 가스엔진을 구동하여 일정한 출력을 얻을 수 있음을 확인하였다. 또한 열분해 발생가스 중에서 가연가스의 성분이 일정수준 이상에서는 양호한 엔진성능을 보이고 있다. 특히 소량의 LPG를 첨가하면 시동성 및 출력특성이 상당히 개선되고 있다.

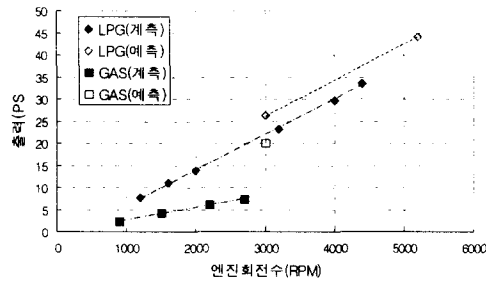


Fig 3. 엔진회전수에 따른 출력

4. 요약

본 연구는 합성고분자 폐기물의 화염 열분해에 의해 발생한 가스를 활용하는 연구로서, 열분해에서 발생된 가스를 활용하여 국내 최초로 가스엔진을 구동하여 일정한 출력을 얻을 수 있음을 확인하였다. 특히 열분해 발생가스 중에서 가연가스의 성분이 일정수준 이상에서는 양호한 엔진성능을 보이고 있다. 그러나 본 연구의 열분해에서 얻은 가스의 경우는 발열량이 낮아서 가스엔진의 출

력이 적게 나오는 실정이지만 엔진시동에는 무리가 없는 것으로 생각된다. 특히 소량의 LPG를 첨가하면 시동성 및 출력특성이 상당히 개선되고 있다. 결국 대상폐기물이 안정되고 효율 높은 가스화가 이루어져서 가스엔진으로의 가스공급조건 및 가스조성이 안정되어진다면 적용가능한 가스엔진 시스템의 폭이 훨씬 넓어지게 될 것이다. 본 연구는 합성고분자 폐기물의 화염 열분해에 의해 발생한 가연성분의 가스를 활용하여 저공해 동력발생장치로 인식되고 있는 가스엔진 시스템을 개조·제작하여 운전하였으며, 결국 이를 활용하여 폐기물 가스화에 의한 발전의 가능성을 제시하였다.

후 기

본 연구는 '97년도 대체에너지기술개발사업의 지원에 의한 것이며 관계자 여러분께 감사드립니다. 한편 가스엔진의 개조에 많은 도움을 주신 한국기계연구원의 최교남 선생님께도 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 박태인, 김태권, 이장희, 홍순철, 1994, 가스엔진 연소시스템개발 및 성능실험연구, 한국기계연구원 연구보고서, BSG019-136M.
- 정동수 외, 1991, 냉난방을 위한 가스엔진 구동 열펌프 기술개발, 한국기계연구소 연구보고서, D-GU-006-89079112.
- 고창조, 1991, CNG·디젤 듀얼퓨얼 엔진의 개발연구, 한국에너지기술연구소 연구보고서, KE-91010G.
- 設樂正雄, 昭和49年, 燃焼の理論と計算法, オーム社.
- C. F. Taylor, MIT Press 1980, The Internal Combustion Engine in Theory and Practice, Volume 2.