

12. 라디칼인젝터를 적용한 정적연소기의 연소특성에 관한 계산적 연구

기계공학과 조 상 무
지도교수 박 권 하

예혼합압축착화 엔진은 디젤엔진과 가솔린엔진의 단점을 상호 보완하여 저배기, 고효율, 고출력을 동시에 실현하기 위한 궁극적인 수단으로 제안되어, 이미 PREDIC, HCDC, HCCI, ATAC 등의 이름으로 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나, 이러한 시스템의 대부분은 출력제어를 위한 당량비의 가변 폭이 좁고 착화시기의 제어가 곤란하기 때문에 쉽게 실용화되지 못하고 있다.

이에 따라, 폭 넓은 엔진의 작동영역에서 희박혼합기의 연소안정성 및 착화시기의 재현성을 확보하기 위해 라디칼인젝터를 장착한 예혼합압축착화엔진이 제시되고 있다. 예혼합압축착화엔진은 연소실에 도입한 초희박혼합기에 다량의 라디칼을 순간적으로 공급하고 다점자기착화를 유발하여 급속연소를 실현함으로써, 열효율이 높고 유해배출물이 저감되며, 정밀한 착화시기의 제어에 의해 사이클 변동이 매우 낮은 것으로 보고되고 있다. 그러나, 이 엔진에서의 라디칼인젝터는 라디칼의 생성 및 분출을 고려하는 화학적, 열·유체역학적인 측면이 충분히 고려되지 못하고 있다.

라디칼은 반응물과 생성물의 중간에서 생성되는 활성화학종(중간활성매체)으로서 CH계 연료의 연소반응에서는 CH, OH, H, C₂ 등이 알려져 있다. 이들은 예혼합연소에서 반응의 방아쇠와 같은 역할로 다음의 화학반응을 일으켜 무수한 연쇄반응이 유발되며, 이때 에너지 평형상태에 있던 화학종들이 반응에너지에 의해 여기되며 에너지 준위를 깨고 순간적으로 평형상태를 벗어난다고 알려져 있다. 연소실에 도입된 예혼합기에 다량의 라디칼을 광범위한 영역에 걸쳐 순간적으로 공급하여 예혼합기의 동시다점착화를 유발함으로써, 당량비의 가변 폭이 넓으며 착화시기를 임의로 제어할 수 있다. 예혼합압축착화엔진의 연소실 형상은 부실을 가진 디젤엔진과 흡사하나, 연료공급법, 부실의 구성부품과 연소개념에서 많은 차이를 보인다. 즉, 희박 예혼합기가 채워진 주실에 라디칼을 분출하는 라디칼인젝터는 다수의 연락공을 가진 미소한 체적의 챔버로서, 여기에 주실과는 별도로 과농의 예혼합기를 형성하고 이를 스파크플러그로써 점화시키게 된다. 점화후의 연소가스는 엔탈피가 높은 기연가스와 다양한 종류의 라디칼을 포함하여 주실로 분출되고, 미리 도입된 주실의 예혼합기는 다점자기착화를 유발하게 된다.

상술한 엔진의 연구를 위하여 라디칼인젝터로부터 생성·분출되는 라디칼의 열·유체공학 적 측면을 수치해석적 방법을 통하여, 라디칼인젝터가 장착된 정적연소기의 연소특성을 해석

하는 것이 필요하다. 내연기관에서 수치해석연구는 엔진 내부 유동 및 연소 현상의 이해와 해석, 연소실 내 현상에 대한 물리적 모델의 개발과 검증을 중심으로 이루어지며, 수치해석 결과의 신뢰도를 높이기 위해서는 각 요소 모델에 대한 다양한 실험 결과와의 검증 작업이 요구된다.

본 연구에서는 라디칼 인젝터를 장착한 엔진의 연소실을 모사한 정적연소기에서의 연소현상을 해석하고 이를 동일한 기하메트리에서 실험한 결과와 비교하여, 본 계산에 적합한 계산상수들을 제시하고 연소특성을 상세히 분석하고자 한다.

일반적으로 연소모델은 충분한 반응시간으로 평형상태를 유지할 경우에는 평형모델(equilibrium model)을 쓰고, 반응이 비교적 느리게 진행되어 주어진 시간 간격으로 반응 진행 과정의 추적이 필요한 경우에는 Arrhenius 형태의 비평형모델(kinetic model)을 적용한다. 이중 Arrhenius 형태의 비평형모델에서 사용되는 activation energy, pre-exponential factor 등의 값은 경험상수로 화학반응기간 및 점화시작점에 큰 영향을 미치게 된다. 이 값들은 엔진 및 연소실의 형상과 특성에 따라 그 값이 크게 변화하며, 많은 연구에서 여러 가지 상수값을 제안하고 있다^{15),16)}.

본 연구는 Arrhenius 형태의 비평형모델(kinetic model)에서 경험값으로 사용되는 activation energy, pre-exponential factor의 값을 다양하게 적용하여 계산을 수행한후, 실험결과와 비교하여 실험결과에 가장 접근하는 값을 선정하여 당량비 변화에 따른 정적연소기의 연소특성을 해석하였다.

상술한 해석결과를 기반으로 라디칼인젝터가 장착된 연소실의 연소특성을 해석한다. 라디칼인젝터가 장착된 연소실은 연료가 희박한 상태로 분포되어있는 주실과 주실보다 농후한 상태의 부실이 작은 연락공으로 연결되어있으며, 부실에서 점화를 일으킨다. 본 연구에서는 주실의 당량비를 변화시켜 연소시의 연소유동, 압력과 온도변화, 각종 화학종들의 거동등을 시간의 경과에 따라 상세하게 분석하고자 한다.

13. 밀폐관형 스피커 구동형 열음향 냉동기의 주파수 및 온도변화 연구

석사과정 오 상 훈
지도교수 김 동 혁

각종 냉동기에 많이 쓰이는 염화 불화탄소 계열의 냉매는 환경을 심하게 파괴하기 때문에