

가솔린 엔진 차량의 냉간 시 배기가스 저감을 위한 공기 분사 펌프의 소형화 설계

김 건 수¹⁾ · 이 준 용¹⁾ · 허 형 석^{*1)} · 신 승 용²⁾ · 황 병 성²⁾

한국자동차연구원¹⁾ · 영신정공²⁾

Miniaturization design of air injection pump for reducing exhaust gas during cold start of gasoline engine vehicles

koensoo kim¹⁾ · Junyong Lee¹⁾ · Hyungseok Heo^{*1)} · Seungyong Shin²⁾ · Byeongseong Hwang²⁾

Korea Automotive Technology Institute, 303 Pungse-ro, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungnam, 31214, Rep. of Korea¹⁾
Youngshin Precision Co., LTD., 156, Moaoya-gil, Cheonbuk-myeon, Gyeongju-si, Gyeongsangbuk-do, 38039, Korea²⁾

Key words : SI engine(가솔린 엔진 차량), Reduce emissions(배출가스 저감), Secondary air injection system(2차 공기 분사 시스템), Air injection pump(공기 분사 펌프), Miniaturization design(소형화 설계)

* 허형석, E-mail: hsheo@katech.re.kr

가솔린 엔진 기반 차량의 초기 냉간 시동 시 다량 발생하는 유해 배출가스를 저감하기 위해 배기가스와 혼합된 미연소 연료에 외부 공기를 강제 혼합하여 산화 발열 반응을 일으켜 탄화수소(HC)와 일산화탄소(CO)를 저감 시키는 기술이 개발되고 있다. 본 연구에서는 공기 분사 펌프의 소형화 설계를 위해 임펠러 직경의 크기에 따른 성능 특성의 변화를 고찰하였으며, 소형화 설계 모델에 따라 정량적 성능 지표인 펌프 입·출구 압력차와 토출 유량 조건을 만족하기 위한 회전 속도를 해석적으로 예측하였다.

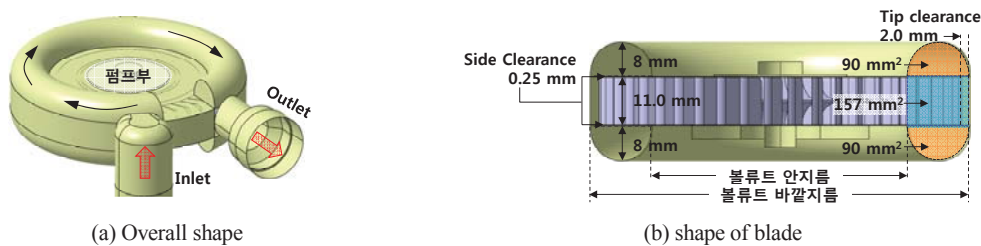


Fig. 1 Geometrical model of air pump

공기 분사 펌프는 Fig. 1(a)와 같은 형상으로 되어 있으며, 흡입구는 임펠러의 회전축과 평행한 방향에서 흡입되어 반지름 방향으로 선회하여 임펠러 외주면으로 공기가 유입되는 구조이다. 토출구는 흡입구 근처에 위치하여 임펠러의 외주면을 통해 반지름 방향으로 위치한다. 임펠러가 회전 운동을 함에 따라 내부 공기의 속도와 압력이 상승하여 외부로 토출되는 원리로 작동한다. 82 mm 모델의 임펠러 블레이드 높이는 11 mm, 두께 1.2 mm, 폭 11.0 mm, 입구각 65°, 출구각 110°, 블레이드 수 47개로 구성되어 있다. 볼류트는 축방향으로 높이 8mm, 안지름 58 mm, 바깥지름 86 mm로 설계되었다. 임펠러와 블레이드의 사이 간격에 해당하는 상부 간극(Tip clearance)은 2.0 mm, 하부 간극(side clearance)은 0.25 mm로 하였다. 공기 분사 펌프의 소형화를 위한 설계 변수로 임펠러의 지름을 82 mm에서 2 mm씩 축소하여 76 mm까지 4가지 모델로 설정하였다. 임펠러의 지름을 축소하면서 볼류트와 임펠러의 간극을 82 mm 모델과 동일하게 유지하였으며, 흡입·토출구의 위치는 임펠러를 축소하면서 중심축을 향한 반지름 방향으로 이동시켰다.

소형화 설계 모델의 성능 해석에서는 Moving mesh 기법을 사용하여 임펠러의 블레이드 사이 내부 격자를 시간에 따라 일정한 각도로 회전시켜 실제 임펠러의 회전 운동과 유사한 모사가 가능하여 펌프 출구부에서 발생하는 공기의 압력과 맥동을 확인할 수 있으며, 상대적으로 정확한 성능 예측이 가능하다. 임펠러 직경에

따른 성능 특성 비교를 위해 펌프의 회전 속도를 17,500 rpm으로 설정하였으며, 흡입구의 공기 온도는 상온 20℃, 입구 압력은 절대압 1.0 bar로 설정하였다. 펌프에서 토출되는 공기의 유량은 5~35 kg/h로 설정하여 유량에 따른 성능 특성을 비교하고자 하였으며, 이에 따른 해석 결과를 Fig. 2에 나타내었다.

소형화 해석 모델 중 가장 작은 모델인 임펠러 직경 76 mm 모델은 목표 유량 35 kg/h에서의 성능이 4.83 kPa으로 나타나 82 mm 모델의 성능 7.65 kPa에 비해 58% 감소했다. 이때 76 mm 모델의 토크는 0.067 N-m를 나타내어 82 mm 모델의 토크 0.098 N-m에 비해 32% 감소하였다. 또한, 펌프 효율의 경우 공기 유량이 5 ~ 15 kg/h인 저유량 구간에서는 임펠러 직경이 가장 작은 76 mm 소형화 모델이 가장 높은 수치를 나타내고 있으나, 중간 유량에서 역전되는 지점이 발생하여 해석 상 최고 유량 35 kg/h에서는 82 mm 모델이 가장 높은 효율 수치를 나타내고 있다. 각 임펠러 직경별로 최대 효율이 나타나는 유량 지점이 달라지며, 설계 유량이 증가할 수록 임펠러 직경이 커져야 효율이 상승하는 것을 알 수 있다.

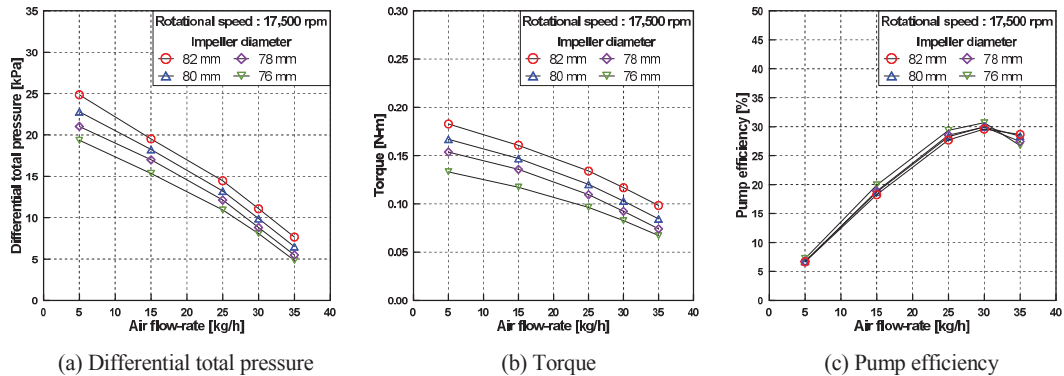


Fig. 2 Performance impact analysis based on design variables

소형화 해석 모델에 따라 펌프 성능 설계 목표인 15 kPa를 만족하는 회전속도를 파악하기 위해 추가 해석을 진행하였다. 목표 토출 유량 35 kg/h에서 비교해보면, 82 mm 모델의 경우 22,800 rpm에서 성능을 만족하는 것으로 나타나며, 76 mm 모델의 경우 이보다 11.0% 높은 회전수인 25,300 rpm에서 성능 목표를 만족하고 있다. 또한, 해석 모델에 따라 최대 효율이 나타나는 회전속도가 다르게 나타나며, 임펠러 직경이 작을수록 고 회전속도에서 최대 효율이 나타나는 특징을 보이고 있다.

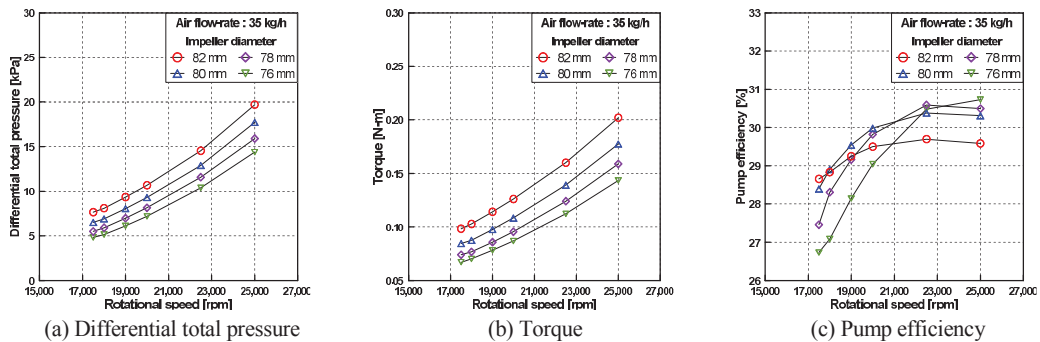


Fig. 3 Performance impact analysis based on rotational speed

본 연구에서는 배기가스 저감을 위한 2차 공기 분사 시스템의 공기 분사 펌프의 소형화 설계를 위해 임펠러 직경에 따라 작동 조건별로 성능 특성을 비교하였다.

본 논문은 산업통상자원부의 지원으로 수행한 자동차산업기술개발사업(내역사업명:그린카) 과제(연구개발 과제번호:20018763)의 일환으로 진행되었으며 연구를 지원하여 주신 관계 기관에 감사드립니다.