

EGR Cooler Wavy Fin의 설계 변수와 절곡 면 삽입에 따른 전열 성능의 해석적 연구

이 준 용¹⁾ · 허 형 석^{*1)} · 배 석 정¹⁾ · 김 호 영²⁾ · 서 형 준²⁾

자동차부품연구원¹⁾ · 삼보모터스²⁾

A Numerical Study on the Heat Transfer Performance of EGR Cooler Wavy Fin by Design Parameters and Insertion of Bending Surfaces

Junyong Lee¹⁾ · Hyungseok Heo^{*1)} · Sukjung Bae¹⁾ · Hoyoung Kim²⁾ · Hyeongjun Seo²⁾

^{*1)}Korea Automotive Technology Institute, 303 Pungse-ro, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungnam 330-912, Korea

²⁾Sambomotors, #1006, Daerung Post Tower 5-cha, 68, Digital-ro 9gil, Geumcheon-gu, Seoul, Korea

Key words : Exhaust gas(배기가스), Coolant(냉각수), EGR(배기가스 재순환), Off-set fin(오프셋 핀), Wavy fin(웨이브 핀)

* 허형석, E-mail: hsheo@katech.re.kr

셀-적층 튜브 열교환기는 기체 상태의 배기가스와 액체 상태의 냉각수의 열전달을 촉진하는 열교환기로 자동차 냉각시스템에서 고온의 배기가스를 냉각수와 열교환 시켜 온도를 낮추는 역할을 한다. 튜브 내측에 전열 핀이 삽입되며 튜브 다발의 내측으로는 배기가스가 흐르고 튜브의 외측으로 냉각수가 흐르는 구조이다. 내부의 전열 핀 형상에 따라 다양한 설계 변수를 설정할 수 있으며 설계 변수에 따라 배기가스와 냉각수의 압력 손실과 전열 성능이 결정되고 압력 손실 대비 전열 성능이 열교환기 성능 분석의 지표가 된다.

디젤 자동차 EGR Cooler의 전열 핀으로는 오프셋 핀과 웨이브 핀이 주로 사용되며 오프셋 핀의 경우 배기가스가 지나가며 형성되는 층류 경계층을 반복적으로 성장 및 분산시키면서 전열 성능을 증가시키며 웨이브 핀은 물결 모양에 따라 유동 방향을 전환하여 층류 경계층을 분산시켜 전열 성능을 높인다. 오프셋 핀의 경우 동일한 피치를 갖는 일반 핀 형상보다 열전달 계수가 2~3배 높으며, 웨이브 핀의 경우 핀의 폭 방향으로 복수의 산과 복수의 골이 연속적으로 이어진 구조로 오프셋 핀에 비해 설계 및 제작이 비교적 용이한 장점이 있다.

본 연구에서는 웨이브 핀의 웨이브 피치, 핀 피치, 핀 높이와 핀의 총 길이에 따른 압력 손실과 열량을 CFD 열 유동 해석을 통해 확인하였으며 핀의 높이 방향 양측에 와류를 생성하여 배기가스의 층류 경계층을 분산시키기 위해 절곡 면을 삽입한 모델을 추가하여 압력 손실과 전열 성능의 변화를 비교하였다. 배기가스 입구 유량 75 kg/h, 배기가스 입구 온도 325℃로, 튜브 외부 표면의 냉각수 온도는 90℃ 조건으로 하였으며 핀의 설계 변수에 따라 튜브 단수 4, 5, 6단에 대해 해석을 진행하였다.

CFD 열 유동 해석 결과, Fig. 1과 Fig. 2에 나타난 바와 같이 웨이브 피치가 증가할수록 열량이 감소하며 배기가스 압력 손실이 줄어드는 경향을 나타내며 열량이 감소하는 비율보다 배기가스의 압력 손실이 더 현저하게 줄어들었다. 핀 피치도 유사한 경향을 나타내고 있다. 핀 높이가 3.0 mm에서 4.7 mm까지 증가함에 따라 열량이 9.4 % 낮아질 때, 압력손실은 195.5 % 가 낮아지고 핀-튜브의 단의 개수를 늘릴수록 배기가스 측의 압력 손실은 확연하게 줄어드는 경향을 나타낸다. 핀의 총 길이를 120 mm에서 150 mm로 증가시킬 경우, 5단 모델의 열량은 3.13 kW에서 3.53 kW로 12.8 % 증가하고, 배기가스 압력 손실은 5.08 kPa에서 5.91 kPa로 16.3 % 증가하였다. Fig. 3은 절곡 면이 없는 모델과 있는 모델의 압력 분포를 나타내었으며, Fig. 4에는 같은 조건에서의 온도 분포를 나타내었다. 핀의 높이 방향 양면에 절곡 면을 만든 결과, 배기가스 압력 손실은 62.3 % 증가하였으며 열량은 22.0 % 상승하였다. 따라서 절곡 면의 생성 여부에 따른 배기가스 압력 손실 대비 열량의 증가 효과는 다른 설계 변수에 비해 크지 않은 것으로 판단된다.

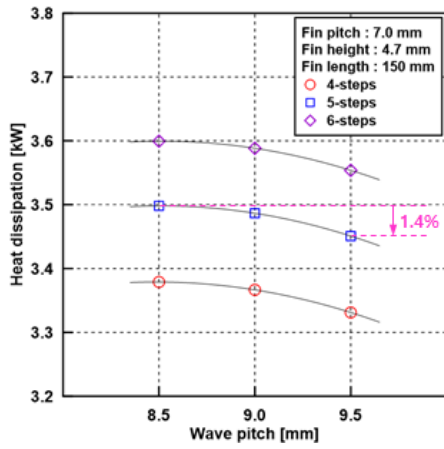


Fig. 1 Heat dissipation by wave pitch

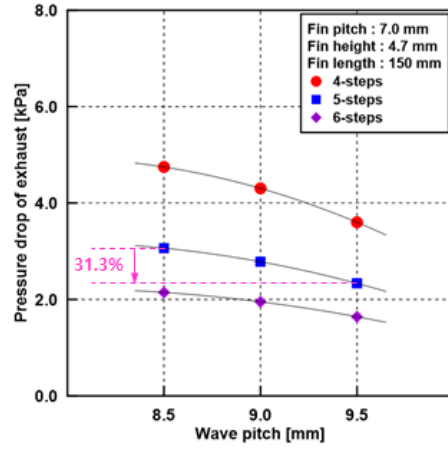
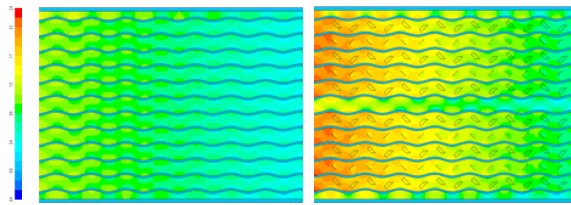
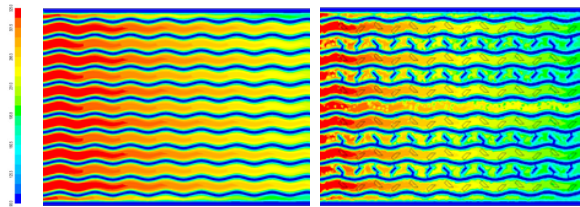


Fig. 2 Pressure drop of exhaust by wave pitch



[kPa] (a) No bending surface (b) Bending surfaces applied

Fig. 3 Static pressure distribution in mid-section at the height direction of the fin



[°C] (a) No bending surface (b) Bending surfaces applied

Fig. 4 Temperature distribution in mid-section at the height direction of the fin