

부동액 함유량과 냉각수 종류에 따른 자동차 엔진 성능분석

홍성인*

¹서영대학교 자동차과

Automotive Engine Performance Analysis of antifreeze content and water type

Sung-In Hong^{1*}

¹Dept. of Automotive Engineering, Seoyeong University

요약 세계 자동차 산업은 지난 100여년간의 내연기관의 시대에서 환경, 에너지 그리고 IT기술들이 접목된 친환경, 첨단자동차의 시대로 변모해가고 있다. 지금까지 자동차의 연구는 새로운 기술에 대한 연구 및 개발에 주력해 왔다. 자동차의 새로운 기술개발도 중요한 사항이지만, 최첨단 기술이 적용된 자동차 이전에 이미 사용되어지고 있는 자동차의 성능 및 환경개선 문제도 중요한 시점이 되었다. 새로운 기술개발 뿐 만아니라 기존의 기술에 대한 효과적인 적용 또한 중요한 사항이다. 부동액 기술 또한 자동차 기술의 중요한 부분이다. 본 연구는 부동액의 효과적인 적용을 위하여 자동차 엔진 냉각수에 함유된 부동액의 함유량과 냉각수의 종류(수돗물, 증류수, 지하수)에 따라 자동차 엔진 온도와 성능에 미치는 영향을 파악하고 원인을 규명하는 실험적 연구이다. 냉각수의 어는점 -10, -20, -30, -40, -50℃에서 다이노모 성능시험과 수치해석을 실시하였다. 냉각수(증류수) 어는점 -10℃에서 측정 기준점에서 최고 성능 71.112, 99.622hp를 나타냈다.

Abstract The world car industry is in an era of internal combustion engines in the past 100 years of environmental, energy and IT is eco-friendly, high-tech cars technologies are bringing an era of change. Until now, the study of new technologies in automobile research and development has been focused on. The car's new technology development is also important, but it's cutting-edge technology is used in the car before the car's performance, and became an important point in the customer experience improvement problems. New technology development, as well as effective for existing technology applied is also important. This study was to determine the effects of temperature and the performance of automobile engine and determine the cause of the content in accordance with the type(tap water, distilled water, underground water) of anti-freeze and water that is contained in the automotive engine cooling water for the effective application of the anti-freeze. In the freezing point of the coolant -10, -20, -30, -40, -50℃ dynamo performance test was conducted with the numerical analysis. Water (distilled water) were measured at the reference point peak performance 71.112, 99.622hp freezing -10 ℃.

Key Words : coolant, antifreeze, Engine performance, Engine cooling, Numerical

1. 서론

세계 자동차 산업은 지난 100여년간의 내연기관의 시대에서 환경, 에너지 그리고 IT기술들이 접목된 친환경,

첨단자동차의 시대로 변모해가고 있다. 최근 배출가스에 의한 지구 온난화 등 다양한 환경 문제로 친환경 자동차의 개발이 더욱 요구되고 있는 현실이다. 연비 향상과 배기 저감을 위하여 엔진의 크기를 저감하면서 출력을향

*Corresponding Author : Sung-In Hong(Seoyeong Univ.)

Tel: +82-32-930-9691 email:sihong@seoyeong.ac.kr

Received October 10, 2014

Revised (1st March 2, 2015, 2nd March 10, 2015)

Accepted March 12, 2015

Published March 31, 2015

상시키는 연구가 많이 수행되고 있으며, 냉각시스템 개선을 통한 자동차 성능향상을 위한 연구등 다양한 형태의 연구가 이루어지고 있다.[1]

지금까지 자동차의 연구는 새로운 기술에 대한 연구 및 개발에 주력해 왔다.

자동차의 새로운 기술개발도 중요한 사항이지만, 최첨단 기술이 적용된 자동차 이전에 이미 사용되어지고 있는 자동차의 성능 및 환경개선 문제도 중요한 시점이 되었다. 새로운 기술개발 뿐 만아니라 기존의 기술에 대한 효과적인 적용 또한 중요한 사항이다. 부동액 기술 또한 자동차 기술의 중요한 부분이다.

엔진 냉각수 온도 89~92℃ 기준으로 하며, 이 온도를 넘으면 안 된다. 이 온도에서 엔진 오일이 최상의 상태가 된다. 냉각수 온도 89~92℃를 기준으로 초과 상승 하면 유막이 파괴(전단현상)되고 금속과 금속이 직접 마찰, 출력이 떨어짐으로 이러한 열은 자동차 엔진 성능에도 영향을 미치게 된다.

현재 사용되고 있는 자동차의 냉각수에는 부동액을 함유시키는 것이 일반적이다. 부동액은 엔진 냉각수 상태를 결정하는 중요한 인자인 것이다.

따라서 본 연구는 부동액의 효과적인 적용을 위하여 부동액 함유량과 냉각수의 조건(수돗물, 증류수, 지하수)에 따른 엔진 성능을 규명하고자 한다. 부동액 함유량과 물의 종류에 따라 엔진 성능이 다를 것을 이론적으로 규명하기 위한 방법으로 열전달 해석을 실시하였다. 부동액 함유량이 구조강에 미치는 열전달 과정을 수치해석적으로 증명하고 실험에 의한 성능결과와 비교분석하고자 한다.

2. 본론

2.1 수치해석

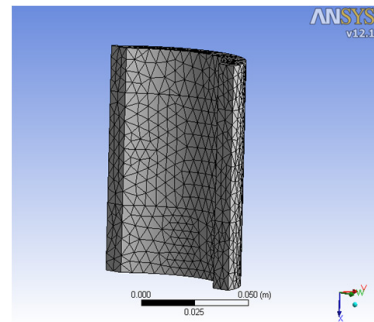
CAE전문 프로그램인 ANSYS 12를 이용하여 증류수와 부동액 함유량에 따른 수치해석을 실시하였다. 수돗물과 지하수의 경우 해석에 영향을 함유인자가 일정하지 않아 해석에서 제외하였다. 해석에 사용된 모델은 Catia V5를 이용하여 형상화하였다. 냉각수가 지나는 관로를 해석시간과 에러를 줄이기 위하여 최대한 간단하게 설계하였다.

재질은 구조강이며 Table 1에 물성을 나타내었다. 냉

각수 온도는 80℃를 기준으로 하였고, 공기 외부온도는 22℃, 대류계수 5. W/m².°C 이며, 냉각수를 펌프를 이용하여 강제순환시키므로 강제대류계수를 부동액 함유량에 따라 239.2, 209.8, 198.5, 186.9, 172.0, 159.1W/m².°C로 대입하였다.[2]~[5]

[Table 1] Specification

| | |
|----------------------------------|--|
| Density | 7750 kg m ⁻³ |
| Coefficient of Thermal Expansion | 1.7e-005 C ⁻¹ |
| Specific Heat | 480 J kg ⁻¹ C ⁻¹ |
| Thermal Conductivity | 15.1 W m ⁻¹ C ⁻¹ |
| Resistivity | 7.7e-007 ohm m |
| Tensile Ultimate Strength | 5.86e+008 Pa |
| Poisson's Ratio | 0.31 |



[Fig. 1] Mesh Type

Fig. 1과 같이 유한요소 모델을 나타내었으며, Mesh 형태는 4면체이고, Node 개수 1731개, element 개수는 7075개이다.

2.2 실험방법

H사에서 제조되는 부동액을 사용하였다. Fig. 2와 같이 냉각수로 사용되는 수돗물, 증류수, 지하수에 어는점이 -10, -20, -30, -40, -50℃가 되도록 부동액을 각각 첨가하였다. 변수를 최소화하고자 실내온도는 18.0±0.5℃의 범위를 유지하였다. 새시 다이내모에 차량을 장착하여 실험을 실시하였다. 새시 다이내모는 시험 차 전체를 롤러위에 올려놓고 자동차가 실제 도로를 주행하는 것과 같은 상태로 재현하는 설비이다. 이 장비는 해당 차의 성능을 종합적으로 파악할 수 있다. 롤러의 크기는 1216mm이며, 용량은 250KW를 사용한다.

Fig. 3은 실험에 사용된 파형 분석기이다. winPEP7 프로그램을 이용하여 성능을 분석하였다.



[Fig. 2] It contains the antifreeze



[Fig. 3] HI-DS Wave-Finder

시속 기준 100mph까지 높이면서 성능측정을 하였고, 성능에 영향을 미칠 수 있는 냉각팬 구동시작 시간을 측정하였다. Fig. 4는 실험장면이다.



[Fig. 4] Experiment

3. 결과

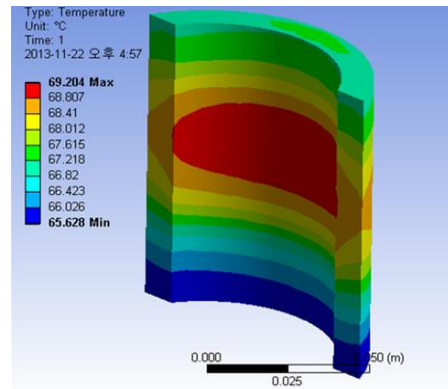
3.1 수치해석 결과

중류수만 냉각수로 하여 유동시켰을 경우, 유동관의 온도변화는 최대 63.5℃, 최소 60.3℃이다. 부동액 함유량

-10℃기준의 경우, 유동관의 온도변화는 최대 69.204℃, 최소 65.628℃이다. 이후 부동액 함유량 기준에 따른 유동관 온도변화는 아래 Table 2와 Fig. 5에 나타났다.

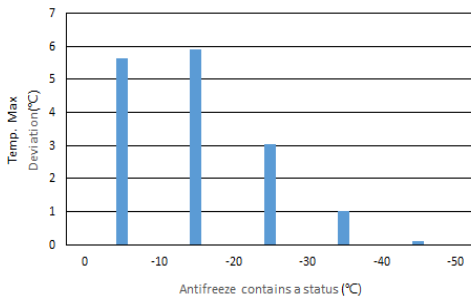
[Table 2] The antifreeze content due to temperature change

| Antifreeze contains a status | Convection coefficient (W/m ² .°C) | Temp. Min. (°C) | Temp. Max. (°C) |
|------------------------------|---|-----------------|-----------------|
| 0℃ | 239.2 | 60.379 | 63.554 |
| -10℃ | 209.8 | 65.628 | 69.204 |
| -20℃ | 198.5 | 71.188 | 75.11 |
| -30℃ | 186.9 | 74.259 | 78.16 |
| -40℃ | 172.0 | 75.4 | 79.188 |
| -50℃ | 159.1 | 75.517 | 79.278 |



[Fig. 5] Finite element analysis of results

유한요소 해석결과를 보면, 냉각수 대류계수값이 낮아 질수록 냉각 성능이 떨어짐을 알 수 있었다. 부동액 함유량이 적을수록 냉각 성능이 좋고, 어느 일정이상의 부동액이 함유되면 냉각온도변화가 거의 없음을 알 수 있었다. 최대온도값 상호간 비교하였을 때, 물(대류계수 239.2)과 부동액함유량 -10℃(대류계수 209.8)의 경우 냉각차가 5.65℃이다. 온도편차가 가장 큰 부동액 함유량(대류계수 209.8과 198.5)의 경우 냉각차가 대략 5.906℃이다. 각 실험조건에 따른 온도편차는 Fig. 6에 나타내었다.



[Fig. 6] Deviation in the temperature values

3.2 실험액체에 따른 성능결과

3.2.1 수돗물

기준속도 65mph에서 최소 출력은 69.37hp(-50°C)이고, 최대 출력은 70.87hp(-10°C)이다. 최대값과 최소값의 차이는 1.50hp이다. 기준속도 80mph에서 최소 출력은 96.67hp(-50°C)이고, 최대 출력은 99.23(-10°C)이다. 최대 출력과 최소 출력의 차이는 2.56hp이다. Table 3에 성능 비교 결과값을 나타내었다.

[Table 3] Comparison of performance results in a tap water (hp)

| Antifreeze contains a status (°C) | 65mph | 80mph |
|-----------------------------------|--------|--------|
| -10 | 70.870 | 99.230 |
| -20 | 70.632 | 98.858 |
| -30 | 69.932 | 98.046 |
| -40 | 69.592 | 96.670 |
| -50 | 69.370 | 96.668 |

3.2.2 증류수

기준속도 65mph에서 최소값은 70.524hp(-50°C)이고, 최대값은 71.398hp(-10°C)이다. 최대값과 최소값의 차이는 0.874hp이다. 기준속도 80mph에서 최소값은 97.698hp(-50°C)이고, 최대값은 103.07(-10°C)이다. 최대값과 최소값의 차이는 5.372hp이다. Table 4에 성능비교 결과값을 나타내었다.

[Table 4] Comparison of performance results in distilled water (hp)

| Antifreeze contains a status (°C) | 65mph | 80mph |
|-----------------------------------|--------|---------|
| -10 | 71.398 | 103.07 |
| -20 | 71.012 | 100.704 |
| -30 | 70.910 | 100.095 |
| -40 | 70.618 | 99.922 |
| -50 | 70.524 | 97.698 |

3.2.3 지하수

기준속도 65mph에서 최소값은 70.230hp(-50°C)이고, 최대값은 71.112hp(-10°C)이다. 최대값과 최소값의 차이는 0.882hp이다. 기준속도 80mph에서 최소값은 98.20hp(-50°C)이고, 최대값은 99.622(-10°C)이다. 최대값과 최소값의 차이는 1.422hp이다. Table 5에 성능비교 결과값을 나타내었다.

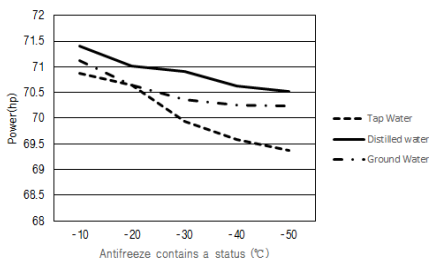
[Table 5] Comparison of performance results from groundwater (hp)

| Antifreeze contains a status (°C) | 65mph | 80mph |
|-----------------------------------|--------|--------|
| -10 | 71.112 | 99.622 |
| -20 | 70.652 | 98.738 |
| -30 | 70.362 | 98.284 |
| -40 | 70.248 | 98.352 |
| -50 | 70.230 | 98.200 |

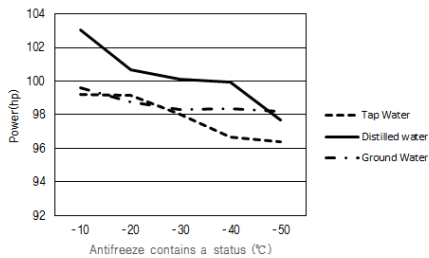
실험결과 실험액체 증류수에서 가장 높은 출력값이 나타났다. 실험액체 수돗물과 지하수의 경우 부동액 함유기준에 따라 출력형태가 상이하지만 출력값에 대한 평균을 취하게 되면 수돗물보다 지하수에서 높게 나타났다. 전체 출력 평균값을 비교하였을 때 증류수에 부동액을 함유했을 때 가장 높게 나타났으며, 지하수, 수돗물 순으로 높은 출력값을 나타냈다. 기준속도 80mph에서 증류수와 수돗물을 비교하였을 때 최대 평균 3.84마력(hp)의 높은 출력차를 보였다. Table 6과 Fig. 7, Fig. 8에 평균출력 결과비교를 나타내었다.

[Table 6] Compared to the average output (hp)

| Antifreeze contains a status (°C) | Tap water | | Distilled water | | Ground water | |
|-----------------------------------|-----------|--------|-----------------|--------|--------------|--------|
| | 65 mph | 80 mph | 65 mph | 80 mph | 65 mph | 80 mph |
| -10 | 70.9 | 99.2 | 71.4 | 103.1 | 71.1 | 99.6 |
| -20 | 70.6 | 99.7 | 71.0 | 100.7 | 70.7 | 98.7 |
| -30 | 69.9 | 98.1 | 70.9 | 100.1 | 70.4 | 98.3 |
| -40 | 69.6 | 96.7 | 70.6 | 99.9 | 70.3 | 98.4 |
| -50 | 69.4 | 97.0 | 70.5 | 97.7 | 70.2 | 98.2 |



[Fig. 7] Reference rate 65mph in the output



[Fig. 8] Reference rate 80mph in the output

4. 결론

부동액 함유량과 물의 종류에 따라 엔진 성능이 다를 수 있을 것으로 규명하기 위한 방법으로 열전달 해석을 실시하였다. 부동액 함유량이 Structure Steel에 미치는 열전달 과정을 수치해석적으로 증명하고 실험에 의한 성능결과와 비교분석하였다.

- 1) 대류계수값이 낮아질수록 냉각 성능이 떨어짐을 알 수 있었다. 부동액 함유량이 적을수록 냉각 성능이 좋고, 어느 일정이상의 부동액이 함유되면 냉각은 도변화가 거의 없음을 알 수 있었다.

- 2) 수돗물, 증류수, 지하수에 부동액을 첨가하여 냉각수를 -10, -20, -30, -40, -50°C가 되도록 하였다. 변수를 최소화하고자 실내온도는 18.0±0.5°C의 범위를 유지하였다. 엔진성능에 영향을 미칠 수 있는 요인은 배제하였다. 엔진온도에 영향을 주는 냉각팬 구동시간에 역점을 두고 실험을 실시하였다.
- 3) 엔진구동시 가속이 되는 속도인 65(104.6km/h)와 80(128.75km/h)mph에서 성능을 비교분석하였다. 성능에 지대한 영향을 미치는 냉각팬이 구동되는 시간은 성능측정시작 후 대략 21s~23s 였다. 성능 비교 분석구간은 대략 16s이내 이므로 순수하게 냉각수가 엔진 성능에 미치는 과정을 측정하였다고 볼 수 있다.
- 4) 실험액체 증류수에서 가장 높은 출력값이 나타났다. 실험액체 수돗물과 지하수의 경우 부동액 함유기준에 따라 출력형태가 상이하지만 출력값에 대한 평균을 취하게 되면 지하수, 수돗물 순으로 높은 출력값을 나타냈다.
- 5) 위의 결과 부동액 함유량이 냉각수 순환에 영향을 주며, 함유량이 많아질수록 냉각성능이 저감됨을 알 수 있었다. 증류수에 부동액을 함유한 냉각수가 수돗물 및 지하수에 부동액을 함유한 냉각수보다 높은 출력은 나타낸 것은 수돗물 또는 지하수에 함유된 다른 물질이 엔진 성능에 영향을 미칠 수 있음을 예측할 수 있었다.

References

- [1] B. J. Yoon, J. h. Kim, "Technology trend of high-tech automotive research and development." ; ICASE magazine, Vol 18, no. 2, pp. 21~29, 2012.
- [2] T. Y Ryu, S. Y. Shin, J. K. Choi, "Effect of antifreeze concentration on engine and vehicle cooling performance" ; KSAE, vol. 16, no. 6, pp. 1~8, 1994.
- [3] S. W. Choi, O. H. Yoon, J. I, Park, "Temperature Prediction of Cylinder Components in Medium-Speed Diesel Engine Using Conjugate Heat Transfer Analysis" ; Transactions of the Korean society of mechanical engineers. B. B, vol. 37, no. 8, pp. 781~788, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-B.2013.37.8.781>
- [4] J. M. Choi, "Transactions of the Korean society of mechanical engineers. B. B" ; Journal of the architectural

institute of Korea : Planning & design, Vol 27, no. 6, pp.205~212, 2005.

- [5] K. W. Lee, "Experimental investigation of convective heat transfer of ethylene glycol and water based nanofluids containing" ; Transactions of the Korean society of mechanical engineers. B. B, pp. 371~377, 2009

홍 성 인(Sung-In Hong)

[정회원]



- 1900년 8월 ~ 1996년 2월 : 기아 자동차(주) 근무
- 2000년 6월 ~ 2006년 5월 : 자동차정비전문점 대표
- 2005년 2월 : 조선대학교 대학원 기계공학과(공학석사)
- 2009년 9월 : 조선대학교 대학원 기계공학과(공학박사)
- 2004년 3월 ~ 2008년 2월 : 서영대학교 자동차과 겸임교수
- 2008년 3월 ~ 현재 : 서영대학교 자동차과 교수

<관심분야>

열전달, 자동차배출가스