한국동력기계공학회지 제9권 제2호 pp.73~80 2005년 5월

자동차 후면 유리 열선의 열전달특성에 따른 성애제거 성능평가 및 성능검증 방법에 관한 연구

A Study on the Performance Test and Verification of Heat Transfer characteristics in Automobile Rear Window Heater

전환영 · 이찬규 · 배효준 · 이상재
H. Y. Juen, C. K. Lee, H. J. Bae and S. J. Lee

Key Words : Rear window heater(후면 유리 열선), Inner surface of rear window(후면 유리 실내표면), Outer surface of rear window(후면 유리 실외표면), Steady state(정상 상태)

Abstract : Both theoretical and experimental investigations were conducted to analyze defrosting behavior of a window heater operating in the low outdoor temperature(-20℃). To achieve this purpose, first a warm-chamber experiment(23℃) was performed to measure inner and outer surface temperature of the rear window(heated by the electric heater supplying 195 W) as functions of both time and position. Secondly, a cold chamber experiment was made to continuously record defrosting process of the frosted window. From the comparisons of the two experimental results, it was found that there was a similarity between the spatial distributions of both temperature and remaining frost. Thus, the temperature data from the warm-chamber experiments can be utilized to predict an expected zone covered with remaining frosts, and this approach can also be adopted in the inspection process in order to economically guarantee optimized performance of the window heater. Finally, an analytical model based on one-dimensional, steady-state heat transfer theories was proposed and successfully predicted the outer surface temperature of the rear window surrounded by cold air(-20℃) for the given operating conditions(heater power, inside and outside heat transfer coefficients, and surrounding air temperature, etc.).

1. 서 론

일반적으로 전방 및 측방 유리창 서리 제거는 안전 운행상 필요 불가결하므로 전방 유리창 외면에 부착한 서리의 제거, 또는 내면에 부착한 물방울의 제거와 관련하여 제거장치의 요건 또는 성능이 법규에 의해 정해져 있다. 대표적인 법규로서 일본의 전방 및 측면 유리 서리 제거장치의 장착 의무 규정, 미국의 전방 유리 서리 제거장치 장착 의무 및 요구 성능 규정, EC의 전방 유리 서리 제거장치 장착 의무 및 서리 제거장치 요구 성능 규정, 오스트레일리아의 전방 유리 서리 제거장치 장착 의무 및 요구 성능 규정[1]등이 있다. 그러나 후면 유리표면의 결로 및 서리 제거장치에 대한 법규는 아직 정해져 있지 않다. 따라서 각 자동차 제조사에서 운전에 지장이 없는 성능을 확보할 목적으로, 디프로스터, 디미스터 요건 또는 성능 기준과 동등 그이상의 성능 기준을 기본으로 차량 후면의 시계확보와 안전을 위해 후면 유리 결로와 서리 제거장치의 성능시험 및 기술개발에 주력하고 있다[2]. 차량의 후면 열선(Back Glass Heater)개발 및 성능 검증시험을 저온 냉동실(Cold Chamber)에서 수행하면 비용 및 기간이 증가한다. 그러므로 상온에서 분석한 후면 열선의 열전달 과정과 상온에서 측정한 차량 실외 후면 유리 표면온도를 기준으로 주위 온도가 저온으로 바뀔 경우의 열선의 서리 제거능력을 평가 · 검증할 수 있다면 열선개발 및 차량 저온시험 비용을 절감 할 수 있고, 개발기간을 단축할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 상온 성능시험에서 측정한 후면 유리의 온도와 저온에서의 실험 및 이론 해석결과를 상호 비교 분석함으로써 향후의 제품개발 자료를 제시하고자 한다.

본 논문에서는 상온(23℃)에서 열선의 표면온도를

접수일 : 2004년 9월 23일
전환영(책임저자) : 동아대학교 트라이볼로지연구실
E-mail : jhy1970a@naver.com Tel. 051-200-6996
이찬규 : 거제대학 메카트로닉스과
배효준, 이상재 : 동아대학교 기계공학과

측정하고 저온(-20℃)의 냉동실에서 8시간 경과한 후 열선의 서리제거 과정을 촬영한 데이터와 비교함으로써 상온에서 측정한 열선온도만으로 저온에서의 서리제거 능력을 평가하고자 한다. 또한 이론적인 모델링을 통하여 상온의 온도 측정값으로 저온에서 필요한 열전달계수를 파악하고 이 열전달계수가 타당성이 있는지를 검증함으로써 상온시험만으로 저온성능을 검증할 수 있는 방법론을 제시하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 후면 열선의 구조

제상용 열선은 자동차의 유리창에 부착한 서리를 제거하여 시계를 확보하기 위한 중요한 장치 중의 하나이다. 본 연구에서는 후면 유리 서리 제거장치 중 전기식 저항선을 프린트한 전기열선식을 대상으로 하였다. Table 1은 경차에 일반적으로 적용되는 후면 유리 서리 제거장치의 시스템 구조이다[3].

Table 1 Rear heater system specification

Item	Specification
Timer	Max. 30 min
The ingredients of a Heater	Silver 70% + Alloy: 20 ~ 30%
Glass Type	Tempered Glass
Heater Line	14 Line
1) Heater width 2) Busbar width 3) Line gap	1) 0.5~1.0 mm 2) 10~12 mm 3) 24 mm
System performance 1) operating current 2) Total resistance 3) Voltage drop 4) Max temp. of heater	 1) 15.0 A 2) 0.9 Ω 3) Battery: 13.8 V, Heater: 12.8 V 4) Max temp. 70℃
Relay type	Mini relay
Terminal type	Lead
Back glass area	0.66 ㎡
Back glass thickness	4 mm
Back glass height	0.6 m
Back glass width	1.1 m

2.2 열선 상온 및 저온 성능실험 순서 및 방법

2.2.1 실험준비 사항

차량 후면 유리 열선의 실내/외 온도를 측정하기 위하여 자동차 후면 유리 표면의 이 물질을 제거한다. 그리고 차량의 모든 부하는 미작동상태로 하며 차량은 공회전 상태이다. 또한 시험차량은 시험 전· 후에 열선의 단선여부 및 컨넥터의 이탈 여부를 확인한다. 상온 및 저온 시험시 열선단자에 시험장치를 Fig. 1과 같이 연결한다[4]. 그리고 B+는 자동차 전원이며, GND는 열선 접지이며, Record는 Tektronix digital storage oscilloscope2000이며, Shunt는 저항방식 전류 검출용이다.

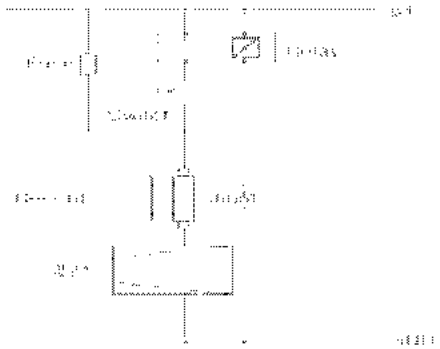


Fig. 1 Experimental setup

상온 시험시 열선의 각 지점의 온도 측정을 위해 Fig. 2에 나타낸 12개 지점, 즉 열선의 중앙 부분(Line 6.)과 최상단(Line 1.) 및 최하단(Line 11.)을 선택하여 각 라인별(*BL0*을 중심으로 200mm 간격)로 4개 포인트에 Fig. 1에 준하여 열전대를 부착하였다[4].

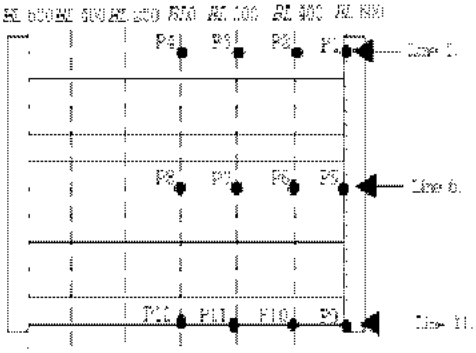


Fig. 2 Thermo couple test point

2.2.2 상온 시험방법

실차 상온 시험은 주위온도 23±2℃에서 실시하는 열선의 기본 성능 시험 중의 하나이며 이 시험은 제4장 성능시험 예측에서 온도의 분포도를 나타내기 위한 데이터로 사용 될 것이다. 상온 시험방법[5]은 아래와 같다.

1) Fig. 1, Fig. 2와 같이 장비를 연결 후 차량을 공회전 상태로 열선을 작동 시킨다.

2) 열선 작동과 동시에 전류와 온도를 초기(3 분) 및 5분부터 5분단위로 30분간 측정한다. 단 열선의 자동 전환 장치 장착차량은 자동전환시까지 측정한다.
3) 전류는 초기부터 기록계를 이용하여 기록한다.
4) 시험 후 열선의 이상 유무와 유리의 변색 및 파손 유무를 확인한다.

2.2.3 저온시험 방법

실차 저온 시험은 저온 냉동실(-20℃)에서 후면 유리의 서리 제거 과정을 연속적으로 기록하며 시험 방법[5]은 아래와 같다.

1) 각 시험차량의 표면 수분량을 Glass 면적(cm^2)당 0.046(㎖)[6]하여, 후면 유리에 정해진 분사기(4.46 bar)를 이용하여 유리에 200~250mm 거리에서 직각으로 상하, 좌우 균일하게 물을 분무한 뒤 상온 시험과 같은 방법으로 장비를 장착하고 -20℃로 설정되어 있는 저온 냉동실에 투입한다[7].
2) 차량이 투입 되는 시점부터 8시간 이상경과 한 뒤 차량의 실내온도를 측정하고 열선단자를 분리한 후 저항측정기를 이용하여 전체 저항을 측정한다.
3) 저항을 측정 후 차량을 공회전 상태로 하여 열선을 작동시키고 기록계를 이용하여 초기 (3분) 및 5분부터 5분단위로 30분간 전류를 측정하고 전류 측정시간과 동일하게 서리 제거 과정을 사진기로 촬영한다.
4) 시험 후 열선의 이상 유무와 유리의 변색 및 파손 유무를 확인한다.

3. 실험 결과 및 비교분석

3.1 상온에서 측정한 온도, 전류 및 저항

Table 2는 상온에서 측정한 1000 cc이하 차종에 장착되는 후면 열선의 시간별, 구간별 온도 측정결과이다. Table 2의 포인트별 시간경과에 따른 측정값을 이용하여 실내/외 온도분포도를 이용하여 분석하였다. Fig. 3, Fig. 4는 포인트별 시간변화에 따른 실내/외 온도의 변화과정을 나타낸 그림이다.

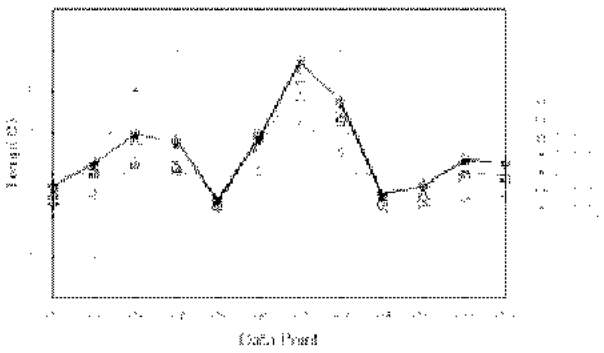


Fig. 3 Measure inner surface temperature of the rear window(at 23℃)

Table 2 Measure inner and outer surface te mperature of the rear window(at. 23℃)

Data NO.	Inner surface of Temp. [℃]							Data NO.	Outer surface of Temp. [℃]							Heater NO.	Voltage [V]
	3 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min		3 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min		
P1	22.8	23.8	25.5	26.2	27.0	27.0	27.4	P1	22.0	23.6	24.1	24.7	24.9	25.0	25.6		
P2	25.2	30.1	30.6	31.9	32.5	32.8	33.1	P2	25.0	29.0	30.5	31.8	32.0	32.4	32.9	No.1	11.6
P3	32.1	32.7	38.0	39.0	39.6	39.8	40.5	P3	29.2	31.1	35.6	37.0	37.9	38.2	38.4		
P4	30.1	31.7	32.1	36.5	37.4	38.1	38.5	P4	29.4	30.2	31.5	34.1	35.9	37.4	37.1		
P5	20.9	22.4	23.0	23.6	23.8	24.0	24.1	P5	19.8	20.3	22.3	23.1	23.6	23.9	24.0		
P6	30.5	39.8	36.7	37.8	38.5	38.9	39.0	P6	28.5	33.0	35.9	37.7	38.4	38.5	38.7	No.6	11.9
P7	43.0	48.6	53.3	55.8	57.0	57.4	57.6	P7	36.2	44.0	46.0	48.7	50.0	50.5	50.8		
P8	35.3	42.7	43.8	46.1	47.0	47.5	47.9	P8	35.2	40.7	43.2	45.3	46.3	46.9	47.1		
P9	20.9	22.8	23.7	24.6	25.0	25.3	25.5	P9	20.7	22.5	22.7	23.4	23.7	23.9	24.0		
P10	22.3	23.7	25.3	26.2	27.1	27.4	27.4	P10	21.7	23.3	23.9	24.6	25.3	25.2	25.4	N0.11	12.8
P11	24.2	29.4	30.6	32.7	33.5	33.5	33.0	P11	24.5	29.0	29.7	31.0	31.7	32.0	31.9		
P12	24.7	28.7	29.5	31.7	32.1	32.9	33.1	P12	24.5	28.6	29.4	31.0	31.9	32.7	32.9		
Cur. [A]	14.8	14.4	14.2	14.1	13.9	13.9	13.9										
Reg.	0.804 [Ω]																

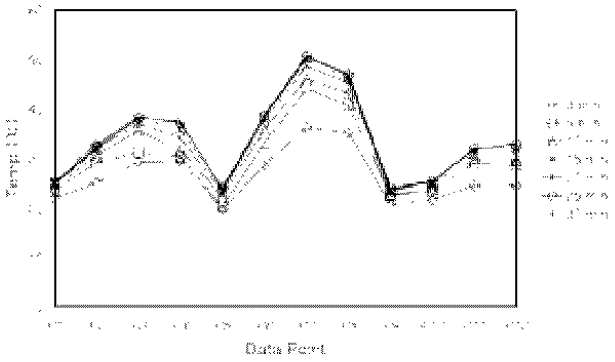


Fig. 4 Measure outer surface temperature of the rear window (at 23℃)

Fig. 3, Fig. 4에서 후면 유리 실내 표면의 10분경과시 평균 온도 35℃, 실외 표면의 10분 경과시 평균 온도 32℃보다 큰 구간은 3번, 4번, 6번, 7번, 8번 포인트로 나타났다. 또한 평균 온도 값 이하인 구간이 1번, 2번, 5번, 9번, 10번, 11번, 12번 포인트이다. 그리고 *BL0*상의 중간지점인 *P8*과 *BL200*상의 중간지점인 *P7*에서 높은 온도가 측정되었고 유리창의 프레임과 근접한 지점들은 상대적으로 낮은 온도를 나타내었다. 이것은 열선으로부터 발생된 열이 다른 부위보다 더 많이 주위로 확산되어 나가기 때문인 것으로 판단된다. 그리고 포인트별로 시간에 따라 측정한 온도 중 열선의 규제치 온도인 70℃를 초과하는 지점은 없다. 열선의 최대 온도를 70℃로 규정한 것은 열선의 고온에 의한 안전사고를 방지하고 후면 유리의 파손을 방지하기 위한 것으로 추정된다.

3.2 -20℃ 저온에서 촬영한 열선 서리 제거 결과

Fig. 5와 Fig. 6은 저온 -20℃에서 열선의 서리 제거 과정 중 10분과 20분이 경과 했을 때 촬영한 사진이다.

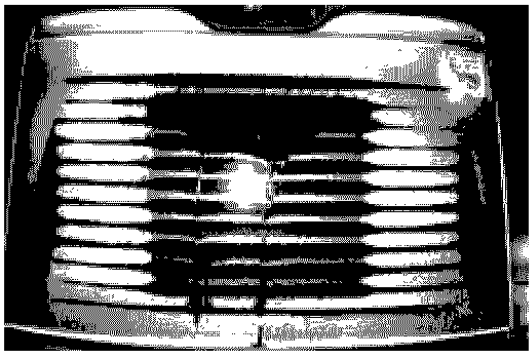


Fig. 5 The outer surface after ten minute (at. -20℃)

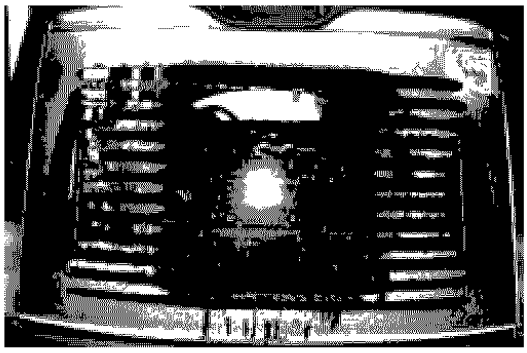


Fig. 6 The outer surface after twenty minutes (at. -20℃)

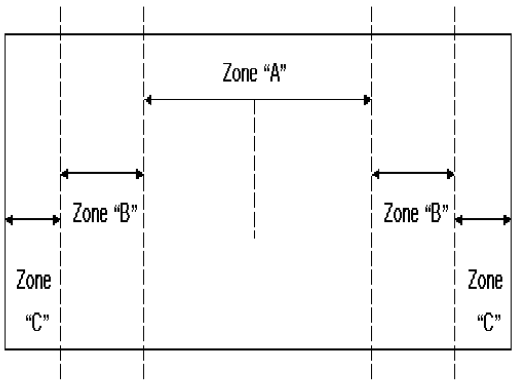


Fig. 7 Defrosting area of the frosted rear window (at. -20℃)

Fig. 7은 서리제거 면적을 나타낸다. 10분 후 구역 *A*는 70%이상, *B*구역은 50%이상, *C*구역은 30%이상 서리가 제거되어야 하며 20분 후 구역 *A*는 90%이상, *B*구역은 70%이상 *C*구역은 50%이상 서리가 제거되어야 한다. 단 자동전환장치 차량은 10분 후 규제치는 동일하며 20분 후의 규제치는 자동전환 시간까지로 한다[5]. 위의 Fig. 5와 Fig 6.을 분석해 보면 10분 경과시 *A*구역(*BL0*을 기준으로 좌우 200구간)의 서리 제거능력이 70%이상을 유지하고 있다. 그리고 *B*구역(좌/우*BL200*을 기준으로 200이 추가된 구간)의 서리 제거능력이 50%이상을 유지하고 있다. 또한 C구역(좌/우 BL400을 기준으로 열선 나머지 구간)의 서리 제거능력이 30%이상을 유지하고 있다. 20분 경과시 그림을 보면 A구역의 서리 제거 능력이 90%이상을 유지하고 있다. 그리고 B구역의 서리 제거 능력이 70%이상을 유지하고 있다. 또한 C구역 의 서리 제거능력이 50%이상을 유지하고 있다. Fig. 8은 해석내용을 정리한 그림이다.

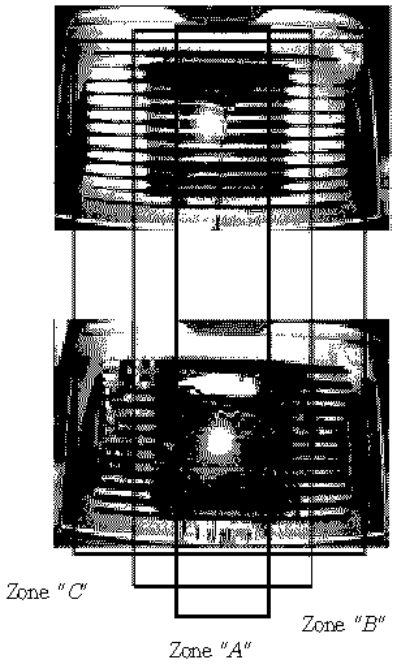


Fig. 8 The defrosting area after ten and twenty minutes (at. -20℃) (up fig.: after ten minutes, down fig.: after twenty minutes)

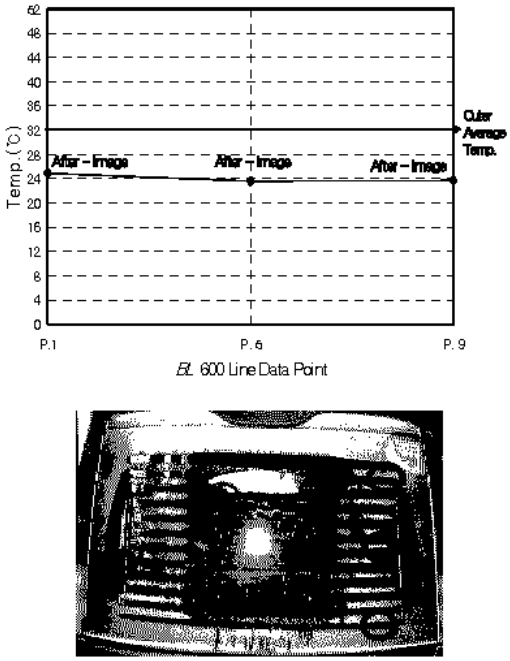
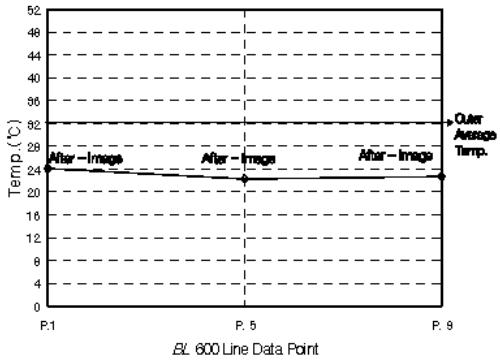


Fig. 10 After 20 minutes of the BL600, compare room temperature(23℃) with cold tempera-ture(-20℃)(Point number 1, 5, 9 from the top)

3.3 상온 및 저온 실험결과 비교분석

Fig. 9와 Fig. 10은 상온 대비 저온에서 서리 제거 과정 중 가장 취약부분인 *BL*600을 10분, 20분 경과시에 따라 비교한 그림이다.



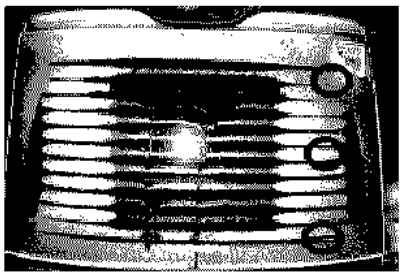


Fig. 9 After 10 minutes of the BL600, compare room temperature(23℃) with cold temperature(-20℃) (Point number 1, 5, 9 from the top)

BL600에 위치한 모든 포인트는 실외 평균온도 32℃에 못 미치는 값이다. 따라서 저온에서 실험한 결과와 동일하게 잔상(image-after)이 남아 있는 것으로 나타났다. 따라서 상온에서 측정한 온도 중 실외 평균온도 이상을 유지하는 구역에서는 서리 제거능력이 있음을 알 수 있다. 상온측정 데이터 및 저온에서의 서리 제거 현상을 보면 온도분포가 *BL*0에서 외곽으로 갈수록 낮음을 알 수 있다. 그리고 중앙 부분의 서리제거 상태가 양호한 것은 열선 상호간에 열전달을 이루고 있으며 외곽 지역은 열선 상호간의 열발생으로 인한 온도 상승효과가 약하고 차체로 열이 분산되기 때문이다.

본 실험에서 상온에서 측정한 온도 분포가 실외 평균온도 이상의 온도를 유지한다면 저온에서 서리 제거 능력이 있음을 확인하였고 상온에서 측정한 온도분포도는 저온에서의 서리 제거 양상과 비슷한 결과를 나타냄을 알 수 있었다.

4. 제상 모델링 결과

4.1 제상 모델링 예측

앞장에서는 상온시험의 온도분포와 제상과정에서의 잔상분포간의 유사성을 이용하여 서리가 제거되는 임계온도(32℃)를 제안하였고 이 온도값을 기준

으로 상온시험만으로도 잔상의 비율과 분포를 추정할 수 있는 정성적인 분석을 실시하였다. 그리고 이 장에서는 정량적인 분석을 위하여 상온 및 저온상태에서 실외 표면온도($T_{s,o}$)를 추정하는 모델을 Fig. 11, Fig. 12에 제시하였다. 상온시험에서 사용된 것 과 동일한 열선에 설계사양인 소비전력(195W)을 적용시키고 차량의 내부온도가 -18℃, 외부온도가 -20℃인 경우 열전달 이론식을 이용하여 $T_{s,o}$를 계산하였다.

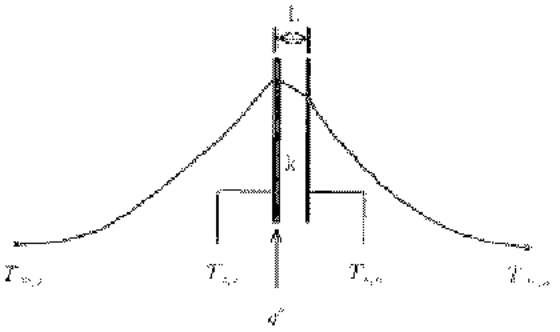


Fig. 11 A temperature distribution chart of rear window heater

여기서 $T_{\infty,i}$와 $T_{\infty,o}$는 상온에서 차량 주변온도, $T_{s,o}$는 Table 2에서 30분 경과시 각 포인터 온도합의 실외평균온도, $T_{s,i}$는 Table 2에서 30분 경과시 각 포인터 온도합의 실내평균온도, q''는 자동차 후면 유리 열선에 공급되는 열유속, L는 후면 유리 두께이다. Fig. 12는 후면 열선 온도분포 개략도(Fig. 11)를 열선 회로도로 나타낸 것이다.

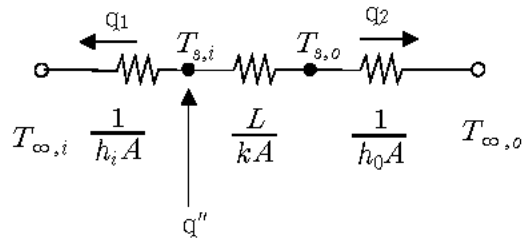


Fig .12 A heat circuit of rear window heater

4.2 예측모델 가정 및 조건

제상 모델링을 위해 몇 가지 가정이 필요하다. 이것은 실제 차량상태에서 일어나는 많은 변수를 줄여 단순화하기 위함이다. 본 논문에서 설정한 가정도 다음과 같다.

① 정상상태
② 1차원 열전달
③ 복사 무시
④ 균일 열유속
⑤ 작동전류; 15 A, 작동전압; 13 V, 저항; 0.9 Ω
⑥ 후면 유리 면적; 0.615 m^2, 두께(L); 4 mm,
⑦ 300K에서 후면 유리의 물성치(k)는1.4 W/m^2·K
⑧ 열선 두께 무시
⑨ 소비전력; 195 W
⑩ 실내온도; -18℃
⑪ 실외온도; -20℃

4.3 예측모델 결과고찰

4.3.1 상온해석

먼저 자동차 후면 유리 열선에 공급되는 열유속을 구하였다. 자동차 후면 유리에 공급되는 전압은 13 V, 작동전류는 15 A, 후면 유리 면적은 0.615 m^2이다.

$$q'' = \frac{V\,I}{A}\,[\mathrm{W/m^2}] \tag{1}$$

에 위의 값을 대입해 보면

$$q'' = \frac{13 \times 15}{0.615} = 317[\mathrm{W/m^2}]\text{이다.}$$

Table 2에서 30분 경과시 각 포인트 온도합의 평균값은 실내($T_{s,i}$)는 37℃, 실외($T_{s,o}$)는 35℃임을 알 수 있다. 여기서 자동차 후면 열선에 공급되는 전력을 주어진 전압과 전류를 이용하여 구하면 195 W, 차량 주변온도는 25℃이다. 이때 요구되는 h_i, h_o값을 추정해 보았다.

$q''A = (q_1'' + q_2'')A$에서 단면적 A로 나누면

$$q'' = q_1'' + q_2'' \tag{2}$$

여기서 q_1''과 q_2''의 관계식을 구하여 식 (1)에 대입하면

$$\begin{aligned} q_1'' &= h_i(\,T_{s,i} - T_{\infty,i}\,) \\ &= h_i(\,37 - 25\,) = 12h_i \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned} q_2'' &= h_i(\,T_{s,o} - T_{\infty,o}\,) \\ &= h_o(\,35 - 25\,) = 10h_o \end{aligned} \tag{4}$$

$$317 = 12h_i + 10h_o \quad (5)$$

여기에 단면적(A)을 곱하여 자동차 전원부에서 열선에 공급되는 전력 195 W에 요구되는 열전달계수를 $2 \leq h_i \leq 10$, $4 \leq h_o \leq 20$ 범위에서 Fig. 13과 같이 나타났다.

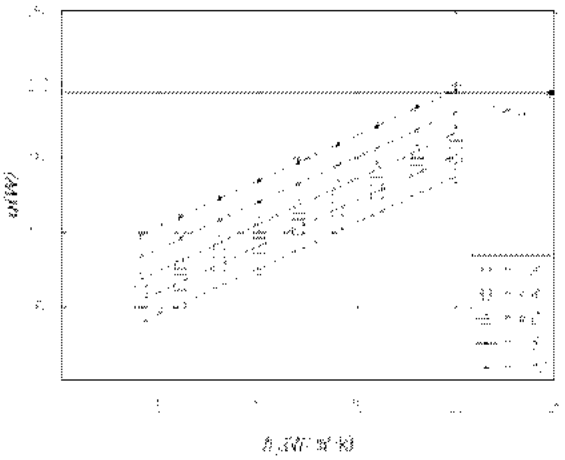


Fig. 13 Heat transfer forecasting of normal temperature

Fig. 13에서 나타나는 것처럼 195 W의 전력을 유지하기 위한 대류열전달계수는 h_i가 10 W/m^2 · K 일 때 h_o는 20 W/m^2 · K이 된다. 그리고 q(W)는 자동차 전원부에서 열선에 공급되는 전력이다.

4.3.2 저온해석

저온 해석시에는 다른 조건은 상온과 동일하지만 차량주위온도가 실외($T_{\infty,o}$)는 -20℃, 실내($T_{\infty,i}$)는 -18℃로 바뀌었다. 이때 후면 유리 실외표면온도($T_{s,o}$)가 서리 제거를 시작하는 온도 0℃이상을 유지하기 위한 h_i, h_o값을 계산하였다.

$$q''A = q_1 + q_2 \quad (6)$$

$$q_1 = \frac{T_{s,i} - T_{\infty,i}}{\frac{1}{h_i A}}, \quad q_2 = \frac{T_{s,o} - T_{\infty,o}}{\frac{1}{h_o A}} \quad (7)$$

식 (7)을 (6)에 대입하여 정리하면

$$q''A = \frac{T_{s,i} - T_{\infty,i}}{\frac{1}{h_i A}} + \frac{T_{s,o} - T_{\infty,o}}{\frac{1}{h_o A}} \quad (8)$$

이다. 여기서

$$q_1'' = \frac{q_1}{A} = h_i(T_{s,i} - T_{\infty,i}) \quad (9)$$

$$q_2'' = \frac{q_2}{A} = h_o(T_{s,o} - T_{\infty,o}) \quad (10)$$

임을 알 수 있다.

식 (9)와 (10)을 식 (2)에 대입하면

$$q'' = h_i(T_{s,i} - T_{\infty,i}) + h_o(T_{s,o} - T_{\infty,o}) \quad (11)$$

이다. 여기서 후면 유리의 실외($T_{s,o}$)표면온도에 관한 관계식을 구하기 위해 $T_{s,i}$을 $T_{s,o}$에 관한 관계식으로 변환시켜야 한다.

$$q_2'' = h_o(T_{s,o} - T_{\infty,o}) = \frac{k}{L}(T_{s,i} - T_{s,o}) \quad (12)$$

에서 구하면

$$T_{s,i} = \frac{h_o L}{k}(T_{s,o} - T_{\infty,o}) + T_{s,o} \quad (13)$$

이 된다. 이 식을 (11)에 대입하여 정리하면

$$T_{s,o} - \frac{q'' + (\frac{h_i h_o L}{k} + h_o)T_{\infty,o} + h_i T_{\infty,i}}{\frac{h_i h_o L}{k} + h_i + h_o} \quad (14)$$

이 식을 이용하여 자동차 후면 열선에 공급되는 열유속이 317W/m^{2}이고 $5 \leq h_i \leq 10$, $10 \leq h_o \leq 20$ 범위에서 0℃이상을 유지하기 위한 $T_{s,o}$를 h_i, h_o값의 함수로 나타내었다.

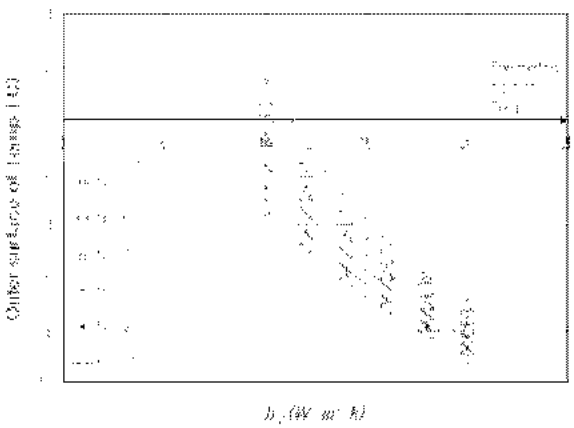


Fig. 14 Heat transfer forecasting of low temperature

Fig. 14에서 h_i=5 W/m^2·K일때 $10 \leq h_o \leq 11.5$에서 0℃이상이 나오고 h_i = 6 W/m^2·K일 때 $10 \leq h_o \leq 10.5$에서 $T_{s,o}$가 서리제거 능력이 있는 온도 0℃ 이상이 된다. 상온시험을 기준으로 계산된 h_i = 10, h_o = 20과 비교시 상대적으로 작은 수치를 나타내는데, 이것은 상온실험의 경우 표면온도가 높기 때문에 자연대류가 촉진되어 높은 열전달계수를 갖는 것으로 판단된다. 이러한 h_o값의 타당성을 Kreith의 식 (15)를 이용하여 검토하였다[8].

$$h_o = 5.7 + 3.8V \quad (15)$$

위 식에서 V는 풍속(m/s)을 나타내는데 저온냉동실의 경우 대략 $1 \leq V \leq 2$(m/s) 정도이다. 따라서 위의 조건을 만족시키는 V값은 풍속이 1.1 ~ 1.5(m/s)정도인 경우 h_o 값은 대략 10 W/m^2·K를 나타내며 이 정도의 풍속은 저온냉동실의 풍속조건과 일치되는 것으로 사료된다.

5. 결 론

자동차 서리제거 장치 중의 하나인 후면 열선의 서리 제거성능을 국내 자동차회사에서 사용하는 검증표준을 이용하여 검증하였다. 저온 성능검증 실험은 실제로 하지 않고 상온 성능검증 데이터와 이론적 해석방법을 이용하여 상온에서 검증하는 방법을 제안하였다. 상온에서 측정한 각 포인트별 온도 값을 저온상태에서 촬영한 서리 제거양상과 비교 시 상온의 온도분포 경향과 유사한 경향을 확인 할 수 있었다. 상온에서 측정한 10분 경과시 실외 평균온도 32℃근처의 온도값을 갖는다면 20분 경과 후부터 서리가 통상적으로 제거되었다. 따라서 특정한 위치에서 상온에서 측정한 온도 중 실외 평균온도 이상을 유지하는 영역의 경우 저온에도 서리 제거가 가능함을 확인하였다. 따라서 상온에서 측정한 온도 값을 이용하여 저온상태의 서리 제거 능력을 추정 할 수 있음을 본 연구에서 확인하였다. 이러한 결과를 바탕으로 열선의 서리 제거 능력을 검증하는 열전달 해석모델을 통하여 서리제거 능력이 있는 열전달계수 범위를 알아보았다. 그 결과 h_i = 5 W/m^2·K일 때 $10 \leq h_o \leq 11.5$ W/m^2·K에서 0℃이상이 나오고 h_i = 6 W/m^2·K일 때 $10 \leq h_o \leq 10.5$ W/m^2·K에서 $T_{s,o}$가 서리제거 능력이 있는 온도 0℃ 이상이 됨을 확인하였다. 이러한 결과를 바탕으로 후면 유리 열선(Back Glass Heater)의 개발 및 성능검증 과정에서 저온시험을 생략함에 따라서 후면 열선의 기본적인 상온 성능시험만으로 저온에서의 서리 제거 과정 및 능력을 검토 할 수 있는 방법론은 향후 열선 패턴의 개선 시 개선사양을 검증하고 보완 할 수 있는 효과적인 개발도구로 활용 될 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 김응서외 5명, 1996, "자동차 기술 핸드북 2설 계편", 한국자동차 공학회, pp. 384.
2. 김응서외 5명, 1996, "자동차 기술 핸드북 3시험, 평가편", 한국자동차 공학회, pp. 250.
3. 대우자동차 열선 시스템 사양조사서, 2000.
4. 대우자동차 열선 단품 시험표준, 1996, "T-3501".
5. 대우자동차 열선 실차 시험표준, 1996, "T-5313".
6. FMVSS 103조, 1997, "Windshield Defrosting and Defogging system".
7. ISO규격, 1997, "ISO 5898 승용차 뒷 유리창 제상장치 시험방법", P4.
8. Frank Kreith., and Jan F. Kreider, 1999, "Principles of Solar Engineering", CH3.