



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

냉장고 표면의 이슬 맺힘 방지를 위한
플랜지부 구조개선에 관한 연구

A Study on the Design Parameters of a Flange to
Reduce Dew Generation on the Refrigerator Outer
Surface

지도교수 조 종 래

2015년 2월

한국해양대학교 대학원

기계공학과

김 나 현

본 논문을 김나현의 공학석사 학위논문으로 인준함.

위원장 박 권 하

위 원 손 동 우

위 원 조 종 래



2015년 1월 12일

한국해양대학교 대학원

목 차

Abstract	iv
List of Tables	vi
List of Figures	vii
1. 서론	1
1.1 연구배경	1
1.2 연구목적 및 내용	3
2. 해석모델의 구성	5
2.1 이슬 맺힘 매커니즘	5
2.2 냉장고의 구조 및 플랜지부의 형상	7
3. 열전달해석	10
3.1 형상모델링 및 경계조건	10
3.2 철판 상부 길이에 따른 온도 비교	15
3.2.1 형상변수	15
3.2.2 결과	18
3.3 열선의 형상에 따른 온도 비교	27
3.3.1 형상변수	27
3.3.2 결과	29
3.4 열선과 철판이 밀착하지 않았을 때의 온도 비교	32
3.4.1 형상변수	32
3.4.2 결과	34
3.5 스페이서 영향 평가	40
3.5.1 형상변수	40

3.5.2 결과	43
4. ABS 형상에 따른 결합 성형 해석	55
4.1 철판 상부 길이에 따른 구조평가	55
4.1.1 형상변수	55
4.1.2 결과	57
4.2 열선 밀착을 위한 2D ABS 형상 영향 평가	59
4.2.1 형상변수	59
4.2.2 결과	61
4.3 열선 밀착을 위한 3D ABS 형상 영향 평가	68
4.3.1 형상변수	68
4.3.2 결과	70
5. 결론	76
참고문헌	79



A Study on the Design Parameters of a Flange to Reduce Dew Generation on the Refrigerator Outer Surface

Kim, Na Hyun

Department of Mechanical Engineering
Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

The object of this paper is to reduce dew generation on the general double door refrigerator.

On the refrigerator, there is gasket around door which has magnet. It helps door to adhere on the body, but thickness of magnet is too thin to adhere tightly. So cold air leaks from the refrigerator and it cause dew generation on the flange that is middle of the body.

When the temperature of humid air is dropping to the dew point, dew is generated on the flange. The leaked cold air from inside of the refrigerator meets outside air relatively warm, temperature of outside air is descending. After then, the temperature of surrounding air is

approach to dew point and dew is generated on the flange.

Flange is composed with steel plate, ABS, PU-foam for insulation and hot-line. Mainly, dew is generated at bottom of the steel plate. Currently, there is 35°C refrigerant flow into the hot-line to maintain the high temperature at bottom of steel plate. To reduce the dew generation at the bottom of the steel plate, heat of hot-line sufficiently delivery to bottom of steel plate. To increase the temperature at the steel plate of flange hot-line should be contacted with the steel plate.

In this paper, the effects of hot-line shape and location, and spacer of inner case are investigated. To increase the heat transfer from hot-line to steel plate of flange, the near shape of inner case(ABS) in flange region are suggested to insure the contact between hot-line and steel plate.

KEY WORDS : Dew generation 이슬 맺힘; Flange 플랜지; Refrigerator 냉장고; Hot-line 열선.



List of Tables

Table 1	Boundary condition for heat transfer analysis	13
Table 2	Young's modulus of flange components	57
Table 3	Moment of inertia of flange components	57
Table 4	Stiffness evaluation for steel	58
Table 5	Moment of inertia for ABS	61
Table 6	Stiffness evaluation for ABS	61



List of Figures

Fig. 1 Psychrometric chart	5
Fig. 2 General configuration of refrigerator	9
Fig. 3 Cross section of refrigerator flange	9
Fig. 4 Modeling of flange	11
Fig. 5 FE model of flange	12
Fig. 6 Boundary conditions applied in heat transfer analysis	14
Fig. 7 Comparison of two model having different steel length	16
Fig. 8 Flange including inside of refrigerator	17
Fig. 9 FE model of flange for two model having different steel length	20
Fig. 10 Temperature distribution of two model having different steel length	21
Fig. 11 Temperature measurement	22
Fig. 12 Temperature distribution of two model having different steel length	22
Fig. 13 Temperature measurement	23
Fig. 14 Temperature distribution of two model having different steel length	23
Fig. 15 FE model of flange including inside of refrigerator	24
Fig. 16 Heat flux of two model having different steel length including inside of refrigerator	25
Fig. 17 Heat flux measurement	25
Fig. 18 Heat flux of two model having different steel length including inside of refrigerator	26
Fig. 19 Three model having different hot-line shape	28

Fig. 20 Temperature distribution of three model having different hot-line shape	30
Fig. 21 Temperature distribution of three model having different hot-line shape	31
Fig. 22 Interval of 0.3 mm between steel plate and hot-lin	32
Fig. 23 Interval of 0.5 mm between steel plate and hot-line	32
Fig. 24 Interval of 1.0 mm between steel plate and hot-line	33
Fig. 25 Stress distribution of interval of 0.3 mm between steel plate and hot-line	35
Fig. 26 Stress distribution of interval of 0.5 mm between steel plate and hot-line	36
Fig. 27 Stress distribution of interval of 1.0 mm between steel plate and hot-line	37
Fig. 28 Temperature distribution in same distance for different shape of hot-line	39
Fig. 29 Analysis case of spacer interval	42
Fig. 30 Temperature measurement section	44
Fig. 31 Temperature distribution at section 1	48
Fig. 32 Temperature distribution at section 1	32
Fig. 33 Temperature distribution at section 2	50
Fig. 34 Temperature distribution at section 2	54
Fig. 35 Comparison of two model having different steel length	56
Fig. 36 Two model having different shape of ABS	60
Fig. 37 Initial distance and applied velocity	62
Fig. 38 Assembly process for 2D	65
Fig. 39 Load of x-axis	66
Fig. 40 Comparison distance between ABS and steel	67
Fig. 41 Modeling for comparison of assembly characteristics	69

Fig. 42 Assembly process for 3D	73
Fig. 43 Load of x-axis	74
Fig. 44 Comparison distance between ABS and steel	75



제 1 장 서 론

1.1 연구배경

가전제품이 개발되어 상용화되기 시작한 것은 그리 오래되지 않았다. 하지만 기술의 급진적 발전으로 인해 가사노동 중에서도 비교적 중노동에 속하는 청소, 세탁 등의 가사작업들이 점차 기계화 되고 있다. 초기의 가전제품들은 가정생활을 편하게 해주는, 삶의 편의를 중시한 제품들이 대부분이었다면 현재의 가전제품들은 몸의 휴양이나 미용을 위한 제품까지 종류가 다양해지면서 생활수준이 향상되고 고급화 되었다. 이에 따라 가전제품에 대한 소비자의 요구수준도 더욱 높아지고 있는 추세이다.^[1, 2]

가전제품 중 냉장고는 소득수준별 보급률의 편차가 크게 나타나지 않는 필수적인 가전제품으로 형태와 종류, 수용용적이 수십 리터에서 수백 리터에 이르기까지 크기도 다양하다. 일반냉장고뿐만 아니라 김치냉장고까지 대중화 되면서 가구 당 냉장고 수가 한 대 이상이 되었으며 이에 따라 냉장고에 대한 다양한 연구들이 행해지고 있다. 냉장고의 주목적은 식품 등을 차게 보관하여 부패하지 않고 신선한 상태로 오래 유지시키는 것이다. 이러한 특성 때문에 냉장고의 내부와 외부는 온도차가 크게 나타난다. 이러한 이유들로 인해 냉장고는 온도와 열에 관련된 연구가 많이 진행된다. 냉장고 내의 온도를 낮게 유지하기 위한 재료의 연구, 냉장고 내의 냉기의 누설을 막기 위한 연구, 냉기가 새어나가서 바깥공기와 만났을 때 생성되는 이슬을 방지하기 위한 연구, 이슬을 방지하기 위해 설치되는 열원의 소비전력에 관한 연구 등이 있다.^[3, 4]

이슬은 물체 내·외부의 온도차에 의해 물체의 표면에 맺히게 되는데

냉장고는 내·외부의 온도차가 크게 나타나기 때문에 냉장고의 표면에서 이슬 맺힘 현상을 쉽게 관찰할 수 있다. 이슬 맺힘 현상은 표면의 특성을 변화시키고 물체를 부식 시키는 등 여러 가지 공학적 문제를 발생시키기 때문에 방지해야 할 현상이다.^[5]

냉장고에 대한 다양한 연구들 가운데 이슬이 맺히는 가장 주된 부분인 플랜지(flange)부에 대한 명확한 연구가 진행되지 않았으며, 과거 설계이력에 의존하고 있다. 따라서 본 논문은 플랜지부 연구를 통하여 이슬 맺힘의 방지를 위한 효과적인 형상을 설계하고 형상이 적절한지 평가하였다.



1.2 연구목적 및 내용

본 연구의 목적은 냉장고에서의 이슬 맺힘 현상을 방지하는 것이다. 냉장고는 몸체와 도어(door)가 가스켓(gasket)을 통하여 접촉하고 있다. 가스켓의 내부에 있는 고무자석은 도어와 몸체가 밀착하여 냉기의 누설을 막고 외부의 공기를 차단하는 역할을 한다. 하지만 가스켓은 매우 얇은 구조로 되어있기 때문에 내부의 찬 공기가 외부로 유출되고, 유출된 공기가 외부의 공기와 만나게 되면 몸체의 플랜지부에 이슬이 맺히게 된다. 수증기를 포함하고 있는 공기의 온도가 낮아지면 포화수증기량이 감소하고, 공기의 온도가 이슬점 이하가 되면 포화된 수증기가 물이 되어 물체의 표면에 맺히게 되는데 이것이 이슬이다. [6, 7, 8]

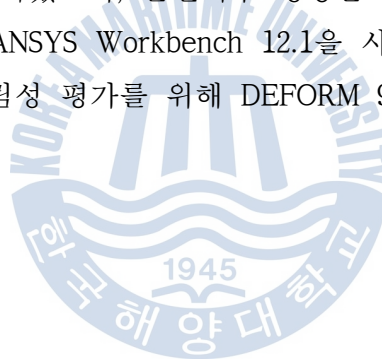
이슬이 주로 맺히는 부분은 플랜지의 철판(steel plate) 하부이며 현재 철판 하부의 온도를 이슬점 이상으로 높여 이슬을 방지하기 위해 35℃의 냉매가 흐르는 열선을 설치한다. 철판 하부의 온도를 이슬점 이상으로 높이기 위해서는 열선과 철판 하부가 밀착되어야 한다. 하지만 현재 플랜지부의 구조상 열선을 철판 하부로 밀착시키는 것이 어려워 이슬 맺힘 현상이 계속되고 있다.^[6]

본 연구에서는 열전달 해석과 구조해석을 통하여 플랜지부를 평가하였다. 먼저 열전달 해석에서는 다음과 같은 내용에 대해 평가하였다. 플랜지부의 형상을 보면 철판 상부의 길이가 불필요하게 길다는 것을 알 수 있다. 따라서 현재 철판 상부의 길이가 긴 경우와 철판 상부의 길이를 줄였을 경우의 온도분포에 어떤 차이가 있는지, 철판 상부의 길이가 냉장고 내부로의 열전달유량에 영향을 주는지 평가하였다. 또, 현재 열선의 형상은 선 접촉을 하는 원형이다. 접촉면이 넓어지면 열전달이 더 효과적으로 일어날 것이라는 가정 하에 열선의 형상을 원형보다 접촉면이 넓은 타원형, 사각형으로 변경하여 철판 하부의 온도분포에 얼마나 차이가 나는지 평가하였다. 또한 열선과 철판 하부가 접촉하는 것이 철판 하부의 온도분포에 얼마나 영향을 미치는지를 평가하였으며, 열선과 철판 하부가 접촉

하지 않았을 때의 철판 하부의 온도를 조사하여 열선과 철판 하부가 접촉하는 것이 얼마나 중요한지 평가하였다. 열선을 밀어주는 역할을 하는 ABS의 스페이서 간격이 철판 하부의 온도에 영향을 주는지 평가하였다.

구조해석에서는 다음과 같은 연구를 진행하였다. 먼저 철판 상부의 길이를 줄였을 때의 구조에 대한 강성을 평가하였다. 또한 열선을 철판과 밀착시키기 위해 열선을 철판 하부로 밀어주는 역할을 하는 내판(inner case) ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene resin)의 구조가 구조적으로 적합하지 않다고 판단하여, 구조를 변경하였다. 그리고 ABS와 철판이 조립되는 과정에서의 조립성과 조립이 완료되었을 때의 눌림성을 현재 구조와 변경된 구조를 비교하여 평가하였다. 마찬가지로 ABS에 스페이서를 포함했을 때의 조립성과 눌림성도 평가하였다.

해석에 사용된 모델의 모델링은 NX 4.0을 사용하였으며, 열에 대한 평가는 ANSYS Workbench 12.1을 사용하였다. 구조에 대해서는 ANSYS 12.1을 사용하여 강성평가를 진행하였으며, 플랜지부 형상을 변경한 후에 열에 대한 평가는 마찬가지로 ANSYS Workbench 12.1을 사용하였고, 변경한 구조에 대한 조립성과 눌림성 평가를 위해 DEFORM 9.01을 사용하였다.



제 2 장 해석모델의 구성

2.1 이슬 맺힘 매커니즘

공기의 온도가 하강함에 따라 포함할 수 있는 최대 수증기량이 감소한다. 냉장고는 물체의 특성상 냉장고 내부와 외부의 공기 온도차가 크게 나타난다. 냉장고 내부에서 냉기가 흘러나와 냉장고 외부의 공기와 만나면 내부의 공기에 의해 외부의 공기가 냉각된다. 공기가 냉각되면 포함할 수 있는 수증기량이 감소하는데 이때, 포화된 수증기가 응결하면서 냉장고 표면에 이슬이 맺히게 된다.

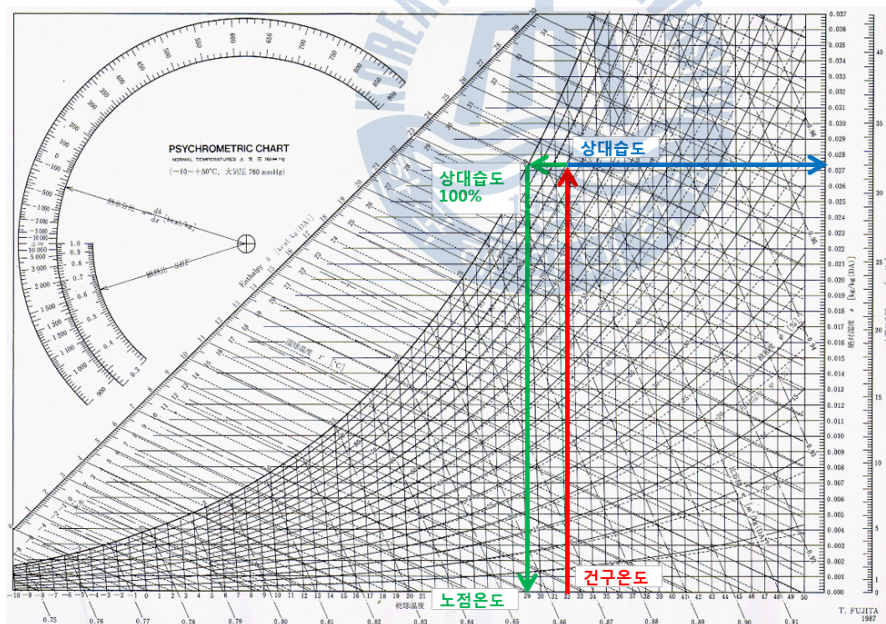


Fig. 1 Psychrometric chart

Fig. 1은 습공기 선도이다.^[13, 14] 습공기 선도에서는 공기의 온도가 하강함에 따라 포함할 수 있는 최대 수증기량이 감소한다는 것을 알 수 있다. 습공기의 온도가 내려가면 그 온도에서의 한계량 이상으로 포함된 수증기가 물이 되어 물체의 표면에 맺혀 관찰되는데 이것이 이슬이며 이때의 온도를 이슬점 이라 한다. 이슬점은 Fig. 1의 습공기 선도를 이용하여 구할 수 있다. 실생활 온도영역(0~60 ℃)에서는 복잡한 습공기 선도 대신 간단한 식을 이용하여 근사적으로 이슬점을 찾을 수 있으며 그 식은 다음과 같다.

$$T_d = [b \cdot \gamma(T, RH)] / [a - \gamma(T, RH)] \quad (3.1)$$

$$\gamma(T, RH) = [(a \cdot T) / (b + T)] + \ln(RH) \quad (3.2)$$

여기서 T_d 는 이슬점 온도(℃), T 는 공기온도(℃), RH 는 상대습도로 0.01~1.00의 값을 가지며, a 와 b 는 각각 17.27, 237.7의 값을 갖는 상수이다. γ 는 식 3.2에 각 값을 대입하여 구한다.^[9]

본 논문에서는 냉장고표면에서의 이슬 맺힘 현상에 대해 연구하기 위하여 기준조건을 외부온도 32℃, 냉동실 온도 -18℃, 냉장실 온도를 3℃로 상대습도는 약 85%로 설정하였다. 이러한 조건에서의 이슬점을 위의 (1)식과 (2)식을 이용하여 구하면 약 29℃가 된다.

2.2 냉장고의 구조 및 플랜지부의 형상

현재 시판되고 있는 냉장고는 종류와 형태가 매우 다양하다. 그 중 가장 보편적인 냉장고의 형태는 가운데를 중심으로 양쪽이 냉동실과 냉장실로 되어있는 양문형 냉장고이다. 이러한 형태의 냉장고를 기반으로 하여 이슬 맺힘 현상을 방지하기 위한 연구를 수행하였다.

가정용 냉장고는 외부의 열이 냉장고 내부로 유입되지 않고 내부의 냉기를 지키기 위한 고성능 단열재와 내부의 열을 외부로 배출시키기 위한 냉동사이클로 구성된다. 일반적으로 냉장고의 에너지 효율은 단열효율과 냉동사이클의 효율에 의해 좌우된다. 따라서 냉장고의 에너지 효율을 높이기 위해서 단열성능을 향상시키고 냉동사이클 효율을 극대화 시켜야 한다. 냉장고는 열손실을 줄이기 위하여 PU-foam(폴리우레탄 폼), ABS(플라스틱 합성수지), PVC(폴리염화비닐)등을 사용한다. 이러한 단열재로 냉동실의 열손실을 저감하고자 하지만 발포 시 조립문제, 적정한 단열두께 선정문제, 제작 공차 등으로 인하여 열손실이 발생하게 되고 이것들이 이슬 맺힘의 원인이 된다.

냉장고의 냉동실과 냉장실의 냉기는 도어부의 가스켓에 의해 차단된다. 현재 가스켓은 고무자석에 의해 몸체에 부착된다. 가스켓은 몸체와 도어를 밀착시켜 냉장고 내부의 차가운 공기와 냉장고 외부의 더운 공기를 차단하는 중요한 기능을 하지만, 얇은 PVC재질로 되어있는 가스켓은 외부와 차단하는 기능이 매우 취약하다. 따라서 미세하게 냉장고 내의 공기가 외부로 새어나오게 되어 플랜지부에 이슬이 맺히게 된다. [10, 11, 12]

Fig. 2는 가정용 양문형 냉장고의 문을 열어놓은 형상이다.^[1] Fig. 2에 표시 되어있는 냉장고의 중간 부분을 플랜지부라고 하며 절단한 면은 Fig. 3에 나타내었다.

플랜지부의 형태는 Fig. 3에서 보이는 것과 같이 ABS, 철판, 열선으로 구성되어 있으며 그림에는 나타나있지 않지만 완성된 냉장고의 경우에는

플랜지부의 내부에 단열재 PU-foam을 발포하여 단열을 강화하게 된다. 이슬 맺힘 현상은 플랜지의 철판 하부에서 주로 나타난다. 이 부분에 이슬이 맺히게 되면 도어의 가스켓과 몸체의 밀착이 어렵게 되고 더 많은 냉기가 새어나와 열손실에도 문제를 끼치게 된다. 따라서 플랜지의 철판 하부에서 나타나는 이슬 맺힘 현상을 방지해야만 한다.

이슬 맺힘 현상이 주로 일어나는 철판 하부에는 이슬 맺힘 현상을 방지하기 위해 고온의 냉매가 흐르는 열선이 설치된다. 열선을 설치하는 목적은 열선에 흐르는 냉매의 열을 철판 하부까지 전달하여 철판 하부의 온도를 이슬점 이상으로 유지시켜 이슬 맺힘 현상을 방지하는 것이다. 연구를 위해 설정한 조건으로 이슬점을 계산해 보면 앞에서 설명했듯이 약 29℃이다. 즉, 외부온도가 냉장고 내부의 공기를 만나서 29℃까지 냉각되면 이슬이 맺히게 된다. 따라서 플랜지의 철판 하부의 온도가 29℃ 이상으로 유지되어야 한다. 이를 위해 열선에는 35℃의 고온 냉매가 흐른다. 하지만 현재 플랜지 부의 여러 가지 구조상의 문제로 인해 열선에 흐르는 냉매의 열이 철판하부로 충분히 전달되지 않아 효과적으로 이슬을 방지하기 어렵다.

열선과 철판 하부의 효과적인 열전달을 위해서는 열선과 철판하부가 밀착되어야 한다. 하지만 현재 조립이 완료된 형상인 Fig. 3을 보면 열선과 철판이 완전히 밀착되지 않는다. 이유를 분석해 보면 플랜지부는 전체적으로 ABS가 철판 상부에 의해 눌러 열선을 철판 하부에 밀착시키는 구조로 되어있다. 하지만 현재 ABS가 철판 상부에 의해 눌리기에 구조적으로 여러 가지 문제점이 있다. 따라서 ABS의 구조를 철판 상부에 의해 효과적으로 눌릴 수 있도록 변경하였다. 또한 현재형상과 철판이 조립될 때의 조립성과 변경한 ABS와 철판이 조립될 때의 조립성을 비교하였으며, 조립이 완료된 후 철판 상부에 의한 눌림성도 비교해보았다.



Fig. 2 General configuration of refrigerator



Fig. 3 Cross section of refrigerator flange

제 3 장 열전달 해석

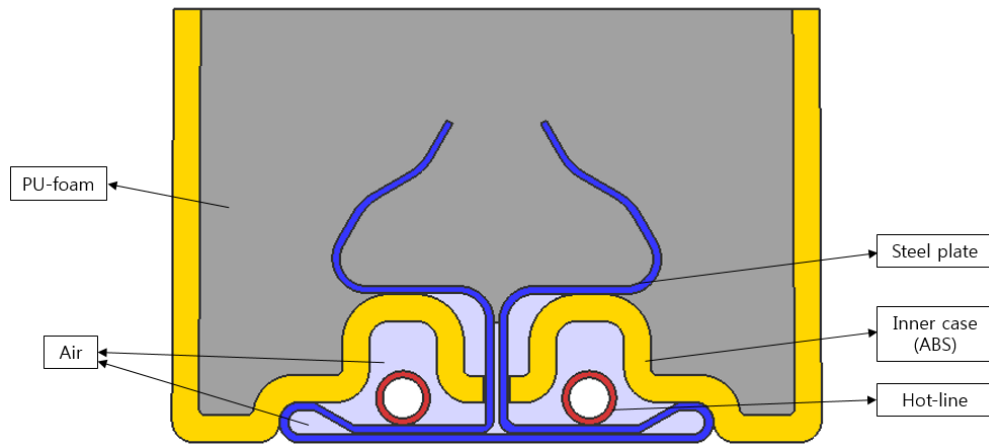
현재 플랜지부에는 이슬을 방지하기 위한 고온의 냉매가 흐르는 열선이 설치됨에도 불구하고 여전히 이슬이 맺혀 문제가 되고 있다. 문제의 이유를 분석해본 결과 이슬이 맺히는 철판 하부의 온도를 높이는 역할을 하는 열선이 철판 하부에 밀착되지 않아 열선의 열이 철판 하부까지 전달되지 않기 때문에 철판 하부의 온도가 이슬점 이하로 유지되면서 이슬이 맺힌다고 평가하였다.

3.1 형상모델링 및 경계조건

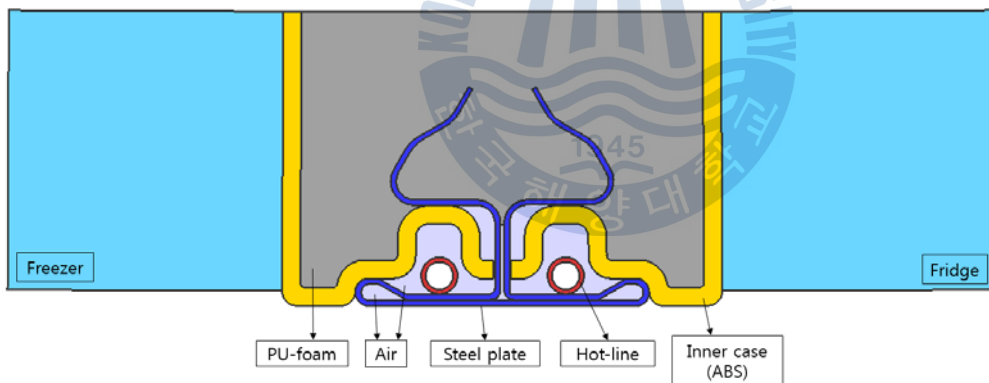
플랜지 부에 맺히는 이슬을 방지하기 위하여 현재 모델에서의 여러 가지 설계 변수를 정의하고, 그에 따른 열 해석을 수행하였다. 열전달 해석을 수행하기 위해서 우선적으로 형상의 모델링이 필요하다. 형상 모델링은 NX 4.0을 사용하였으며 Fig. 3의 형상을 토대로 해석모델을 구성하였다. 해석 모델은 플랜지부의 영향을 주로 평가하기 위하여 플랜지부만 모델링 한 모델과 냉장고 내부로 흘러들어가는 열전달유량을 평가하기 위해 플랜지부와 냉장고 내부를 간단히 모델링한 모델이 있으며 Fig. 4에 나타내었다. 모델링 후 ANSYS Workbench 12.1을 사용하여 요소망을 생성하고 열전달 해석을 진행하였다. ABS와 철판, 열선과 PU-foam부분 뿐 만 아니라 공기의 열전달까지 평가하기 위하여 공기가 들어가는 부분에도 요소를 생성하였다. 요소의 형상은 Fig. 5에 나타내었다.

경계조건은 열전달 해석에 필요한 대류열전달계수와 온도를 적용하였으며 그 값은 Table 1에 정리하였고, 경계조건을 적용한 위치는 Fig. 6에 나타내었다. Table 1에서 보이는 것과 같이 외부온도는 32℃, 대류 열전달

계수는 $8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 로 하였다. 팬(fan)을 통해 냉기를 공급받는 냉장고의 냉동실의 경우 냉장실 도어에서의 대류가 외부의 공기 흐름과 같으므로 외부의 평균열전달계수를 적용하였다.

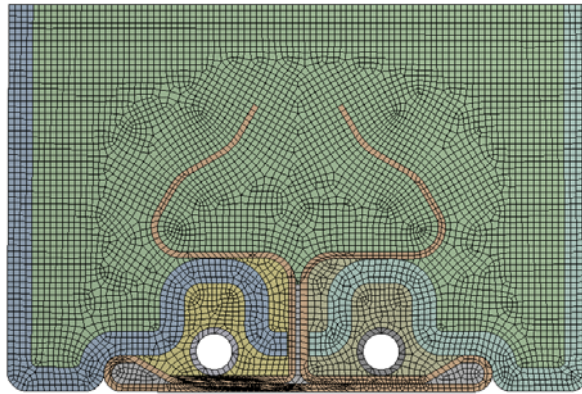


(a) Flange

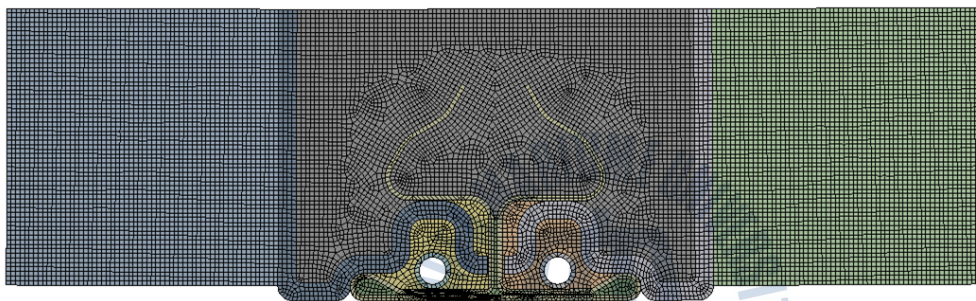


(b) Flange including inside of refrigerator

Fig. 4 Modeling of flange



(a) Flange



(b) Flange including inside of refrigerator

Fig. 5 FE model of flange

Table 1 Boundary condition for heat transfer analysis

(a) Thermal conductivity

Material	Thermal conductivity(W/m · K)
Steel	80
ABS	0.3
PU-foam	0.0185
Air	0.0242

(b) Applied temperature

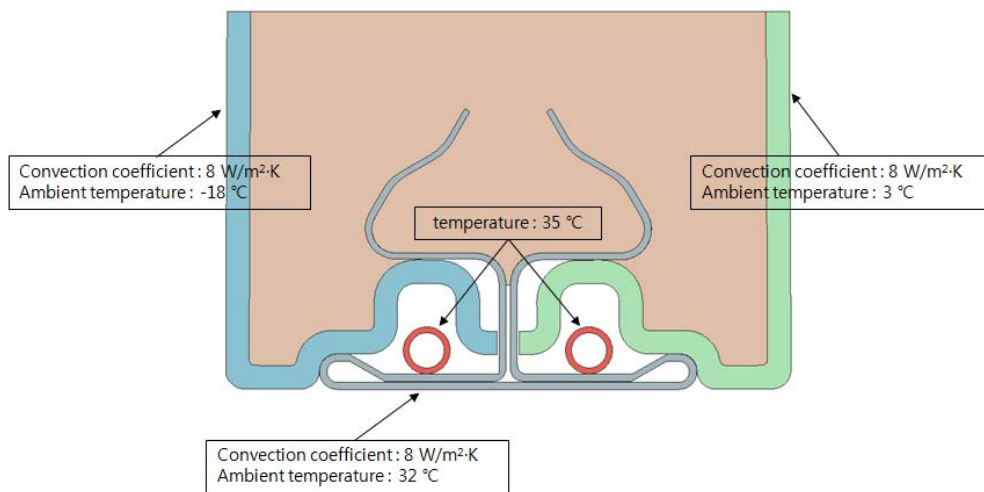
	Temperature
Outside	32 °C
Freezer	-18 °C
Fridge	3 °C
Hot line	35 °C

(c) Convection coefficient

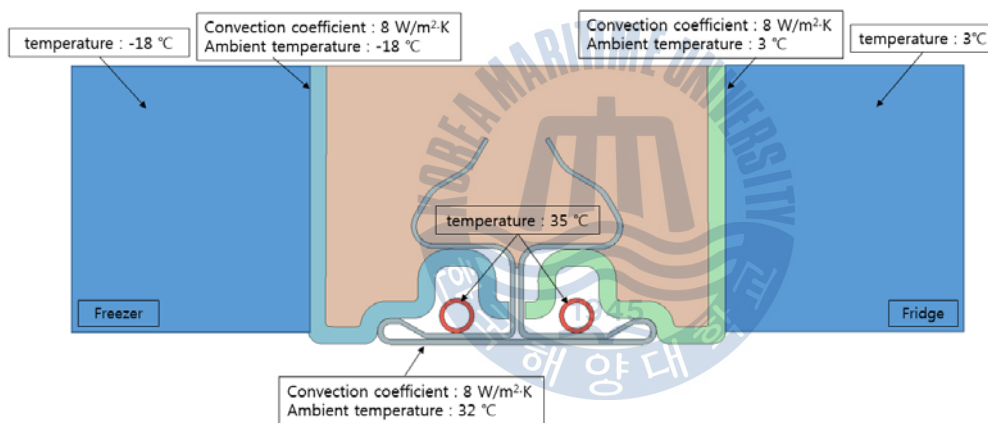
	Convection coefficient(W/m ² · K)
Outside	8
Fridge	8
Freezer	8

(d) Dew point temperature

Dew point	29.16 °C
-----------	----------



(a) Flange



(b) Flange including inside of refrigerator

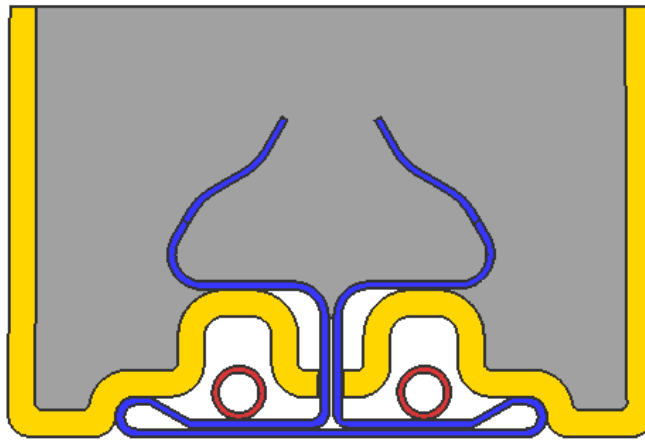
Fig. 6 Boundary conditions applied in heat transfer analysis

3.2 철판 상부 길이에 따른 온도 비교

3.2.1 형상변수

Fig. 3을 보면 철판 상부 길이가 불필요하게 길다. 플랜지의 철판 하부에 이슬이 맺히는 것을 방지하기 위해 고온의 냉매가 흐르는 열선이 삽입된다. 하지만 철판 상부의 길이가 길수록 열선에 흐르는 고온의 냉매의 열이 철판 하부 뿐 만 아니라 상부로 타고 들어가 PU-foam으로의 불필요한 열전달이 일어날 것이라고 예측하였다. 따라서 열전달해석을 통해 온도분포를 확인하고 그 결과를 통해 불필요한 부분을 제거하여 에너지와 소재를 절약하고자 한다. 마찬가지로 형상은 NX 4.0을 사용하여 모델링하였으며, 열전달 해석은 상용코드인 ANSYS Workbench 12.1을 사용하여 수행하였다. Fig. 7의 (a)와 (b)는 각각 실제 형상에 대한 모델링과 임의의 길이로 철판 상부의 길이를 줄인 모델이다. 또한 철판 상부의 길이가 냉장고 내부까지 영향을 주는지 평가하기 위하여 냉장고 내부를 간단히 모델링 하여 플랜지 부에서 냉장고 내부로의 열전달유량을 측정하였다. 그 모델링은 Fig. 8에 나타났다.



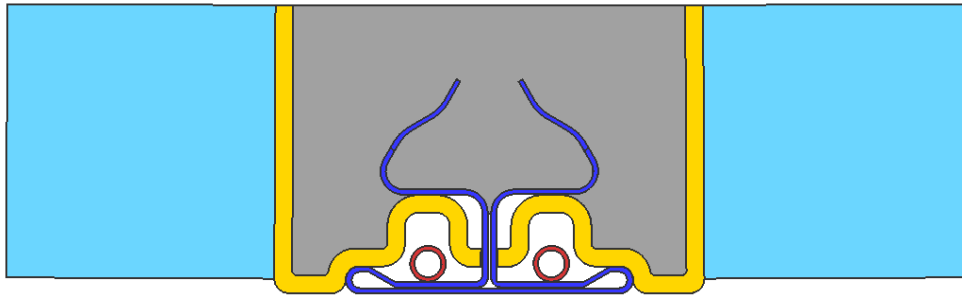


(a) Original model

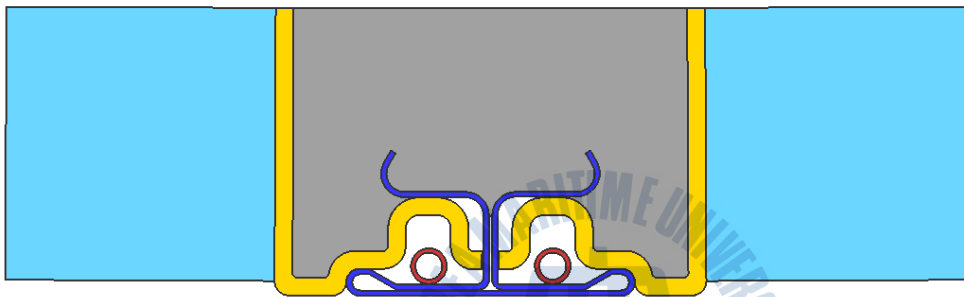


(b) Short steel flange

Fig. 7 Comparison of two model having different steel length



(a) Original model



(b) Short steel flange

Fig. 8 Flange including inside of refrigerator

3.2.2 결과

비교를 위해 철판부의 길이가 다른 두 모델에 요소망을 생성하고 앞의 Table 1의 경계조건을 Fig. 6의 (a) 위치에 적용한 후 열전달 해석을 수행하였다. 요소망을 생성한 모델을 Fig. 9에 나타내었다.

열전달 해석을 수행하여 해석 결과를 Fig. 10에 나타내었다. Fig. 10의 온도분포에서 철판 상부의 길이가 긴 모델이 철판 상부의 길이가 짧은 모델보다 플랜지 내부 깊은 곳까지 열전달이 일어나는 것을 알 수 있다. 정확한 수치 비교를 위해 Fig. 10에서의 결과를 Fig. 11의 point, 플랜지 내부에서의 온도를 조사하여 Fig. 12와 같이 그래프로 그렸다. 철판 상부의 길이가 길수록 플랜지 내부 깊은 곳까지 불필요한 열전달이 일어나며 철판 상부의 길이가 긴 경우와 짧은 경우 최고 온도가 10℃ 정도 차이가 난다.

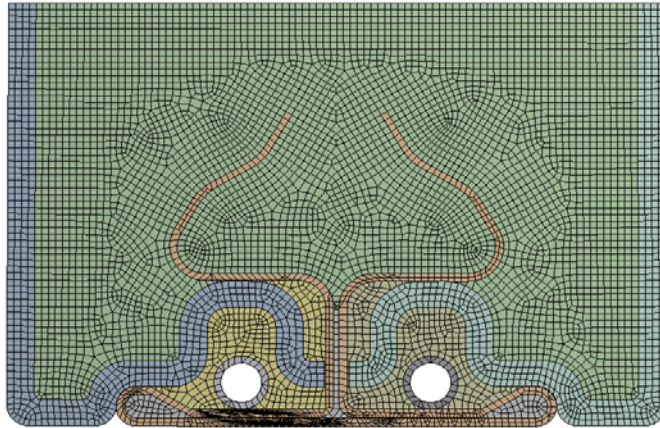
또한 철판 상부 길이가 이슬이 주로 맺히는 철판 하부의 온도에 영향을 주는지 평가하였다. Fig. 13의 point에서 온도를 조사하여 결과를 Fig. 14에 나타내었다. 해석 결과를 그래프로 정리한 결과를 보면 철판 하부의 온도는 철판 상부의 길이에 관계없이 거의 같은 값을 갖는다.

다음은 철판 상부 길이가 냉장고 내부로의 열전달유량에 영향을 주는지 평가했다. 해석을 위해 냉장고 내부를 모델링하였으며, 모델에 요소를 생성하여 Fig. 15에 나타내었다. 다른 해석들과 달리 냉장고 내부가 모델링되어있기 때문에 Fig. 6의 (b)의 위치에 경계조건을 적용하여 해석을 진행하였으며 해석결과로는 정확한 비교가 어렵기 때문에 Fig. 17의 지점에서 열전달유량을 측정하여 Fig. 18의 그래프로 정리하였다. Fig. 18의 (a)는 냉동실로 흘러들어가는 열전달유량을 측정한 그래프이며, (b)는 냉장실로 흘러들어가는 열전달유량에 대한 그래프이다. 철판 상부의 길이가 길수록 냉장고 내부로 흘러 들어가는 열전달유량이 많은 것을 알 수 있다.

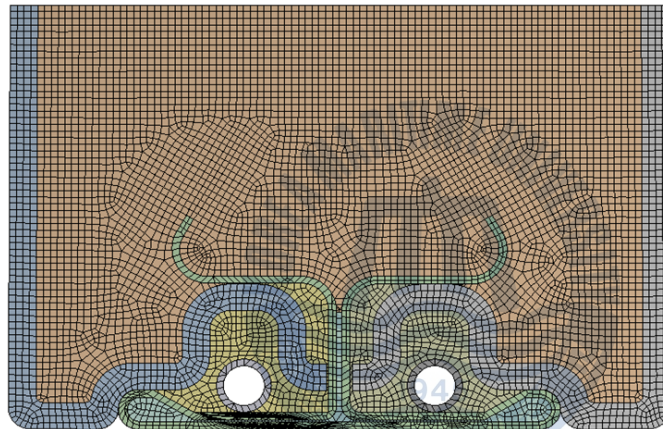
철판 상부의 길이는 이슬이 주로 맺혀 높은 온도로 유지되어야 하는 플랜지 하부의 온도에는 크게 영향을 주지 않는다. 또한 철판 상부의 길이가 길수록 플랜지 내부로의 불필요한 열전달이 일어나 플랜지 내부의 온도가 높게 유지되며 저온으로 유지되어야 하는 냉장고 내부로의 열전달유량이 더 많은 것을 확인했다.

따라서 소재의 절약과 에너지 절약을 위해서 철판 상부의 길이를 줄이는 것이 타당하다.



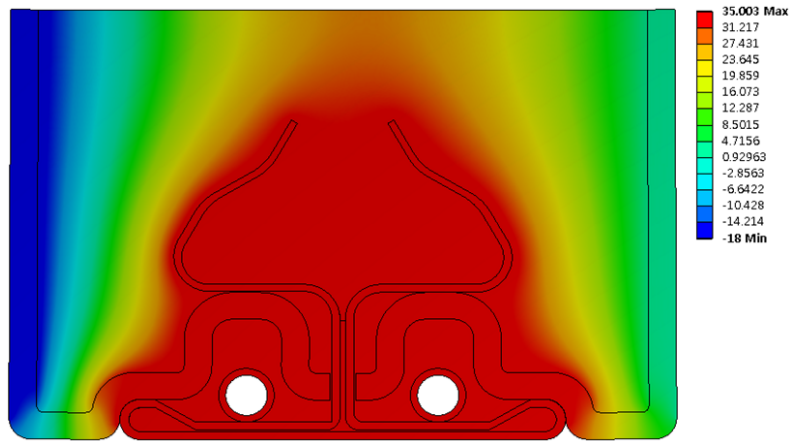


(a) Original model

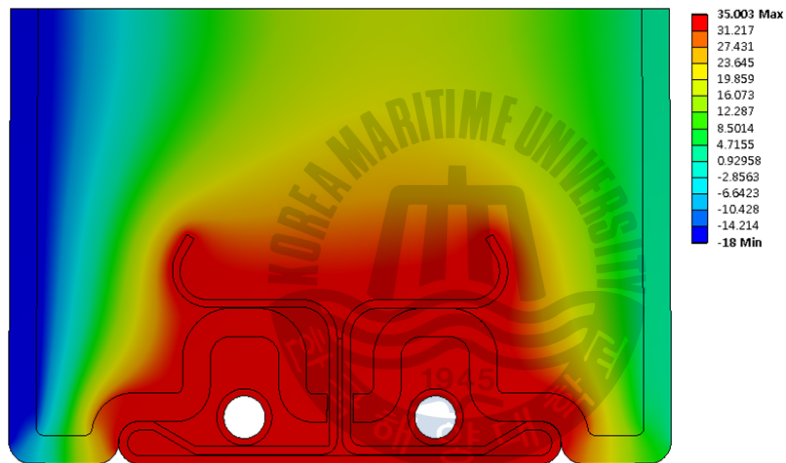


(b) Short steel flange

Fig. 9 FE model of flange for two model having different steel length



(a) Original model



(b) Short steel flange

Fig. 10 Temperature distribution of two model having different steel length

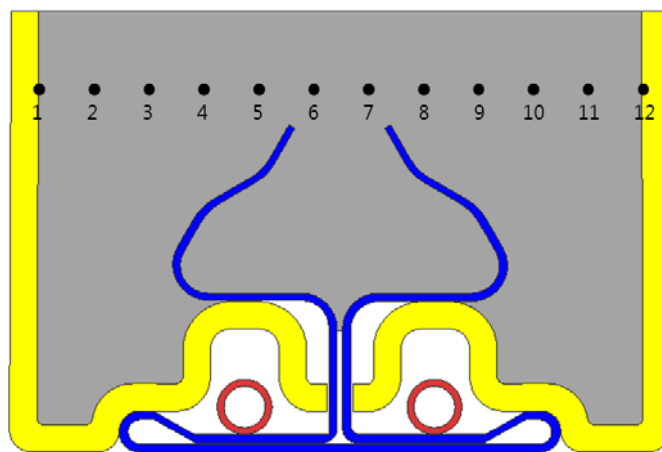


Fig. 11 Temperature measurement

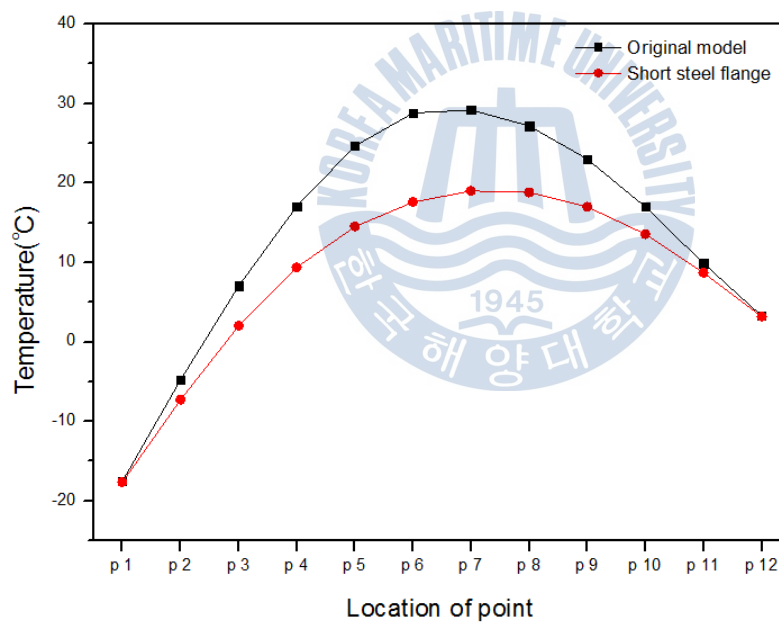


Fig. 12 Temperature distribution of two model having different steel length

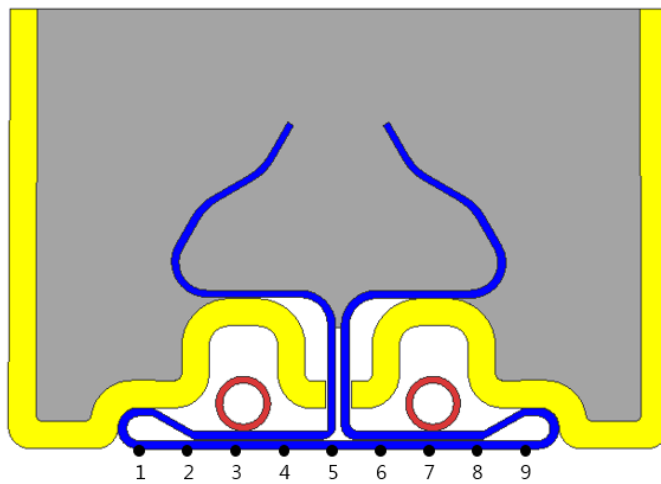


Fig. 13 Temperature measurement

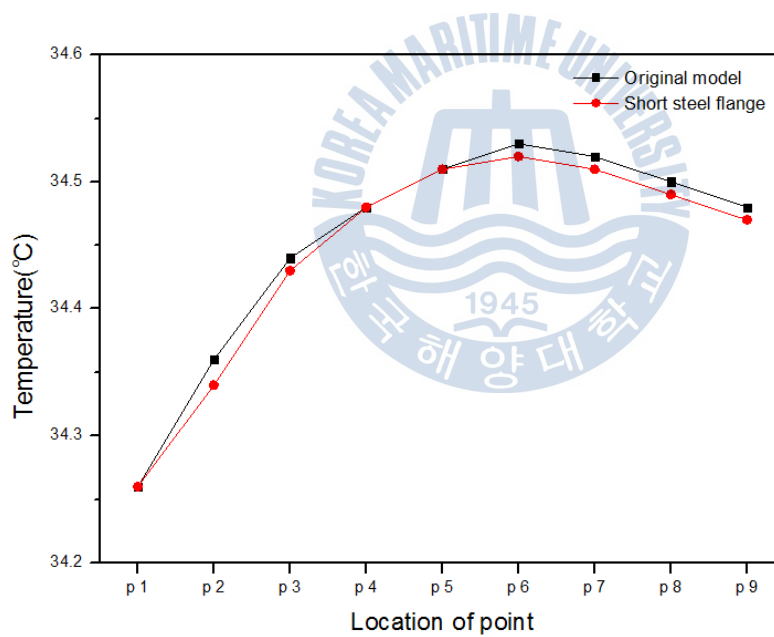
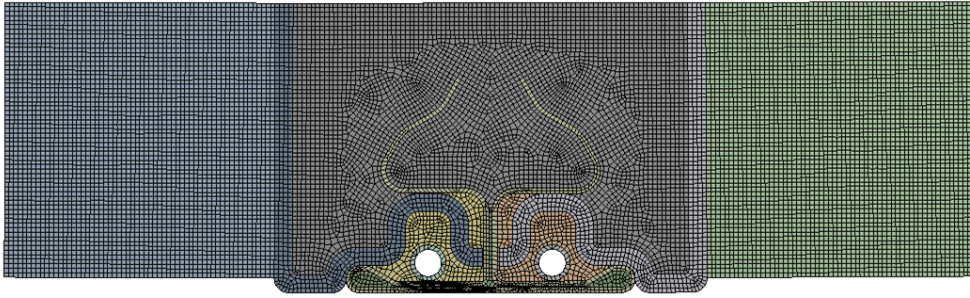
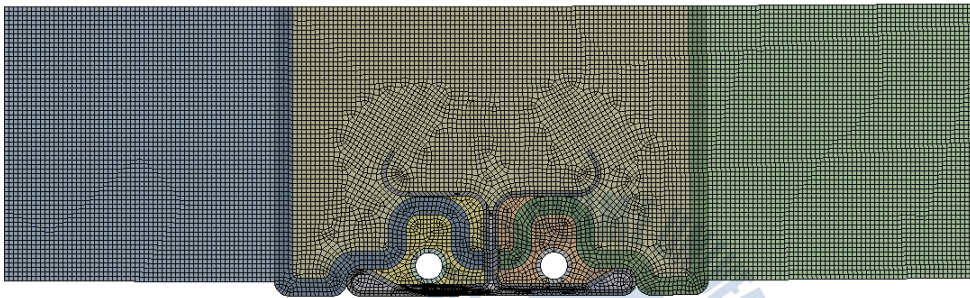


Fig. 14 Temperature distribution of two model having different steel length

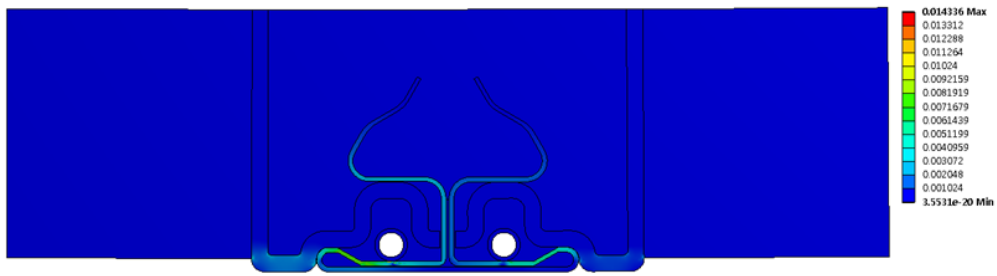


(a) Original model

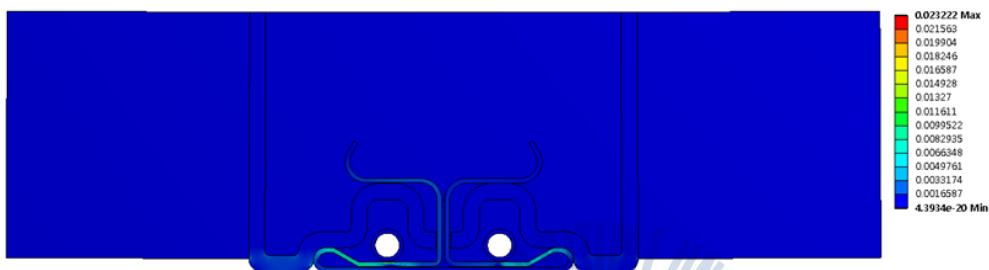


(b) Short steel flange

Fig. 15 FE model of flange including inside of refrigerator



(a) Original model



(b) Short steel flange

Fig. 16 Heat flux of two model having different steel length including inside of refrigerator

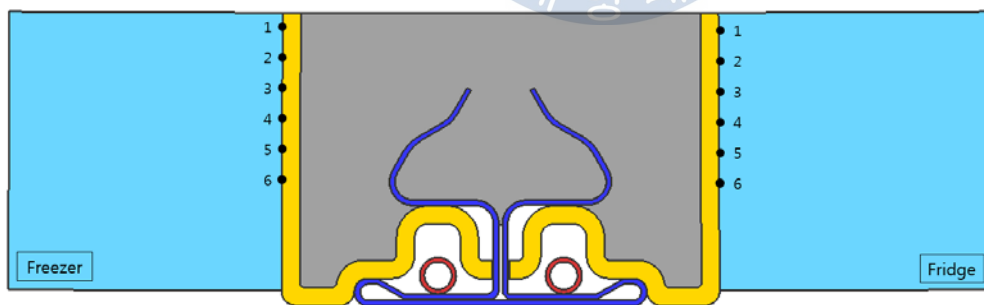
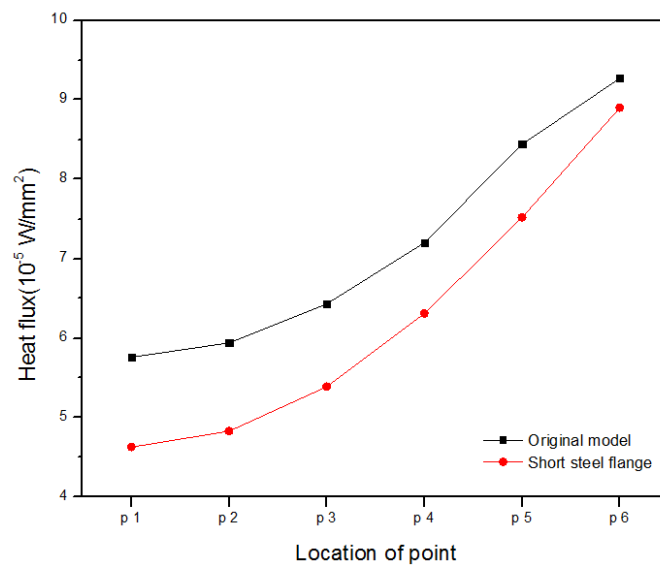
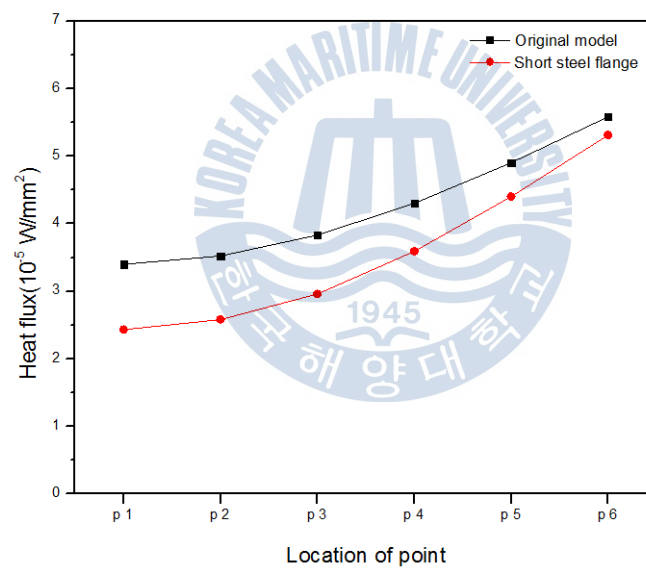


Fig. 17 Heat flux measurement



(a) Freezer



(b) Fridge

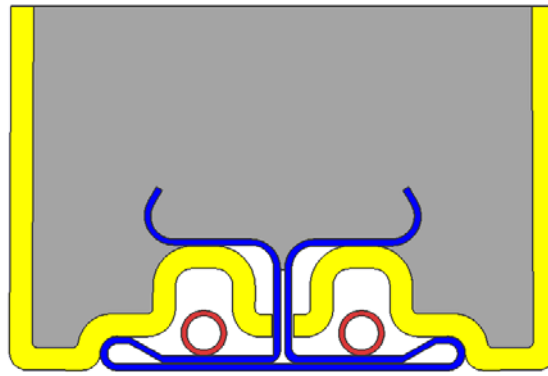
Fig. 18 Heat flux of two model having different steel length including inside of refrigerator

3.3 열선의 형상에 따른 온도 비교

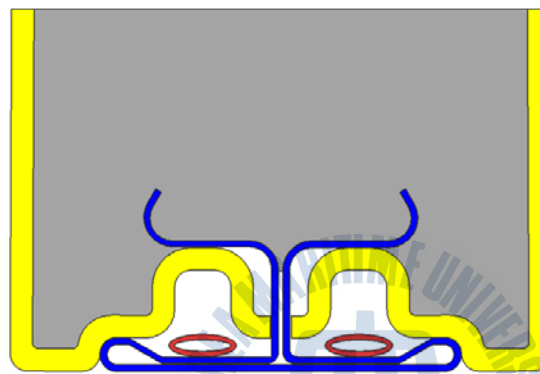
3.3.1 형상변수

플랜지부에는 이슬 맺힘 현상을 방지하기 위해 열선이 설치되지만 이슬 맺힘 현상이 계속 나타나 문제가 되고 있다. 이슬이 맺히는 철판 하부의 온도를 높게 유지하기 위해서는 열선과 철판 하부가 밀착되어야 한다. 하지만 현재 밀착이 제대로 이루어지지 않고 있으며, 열선의 형상이 원형이기 때문에 철판 하부와 밀착을 하여도 선 접촉을 하여 열전달이 용이하지 않다. 따라서 열선의 형상을 원형보다 접촉면이 넓은 타원형과 사각형으로 설정하여, 열선의 형상이 타원형, 사각형 그리고 원형일 때 철판 하부의 온도분포를 비교하였다.

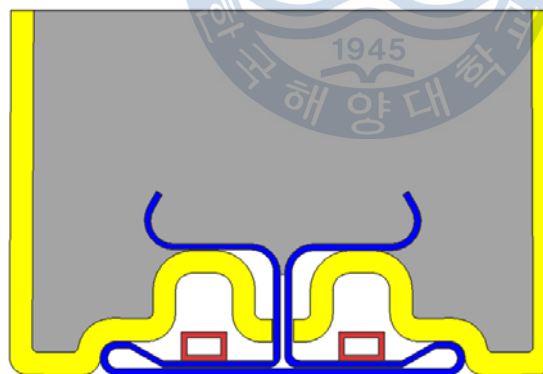




(a) Circle



(b) Ellipse



(c) Rectangle

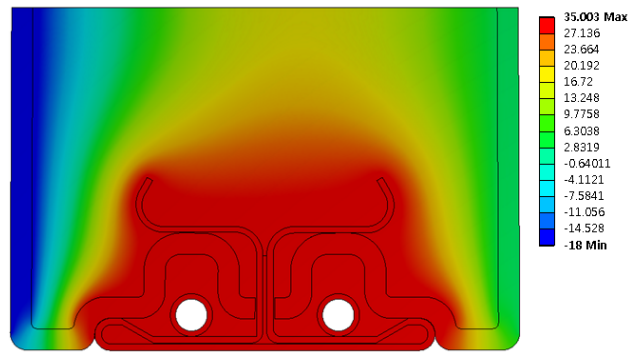
Fig. 19 Three model having different hot-line shape

3.3.2 결과

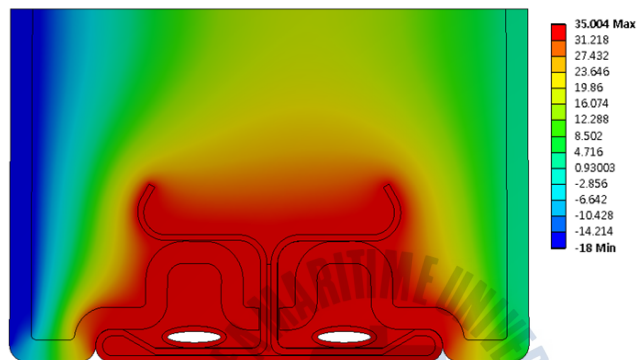
원형, 타원형, 사각형의 열선 형상에 대한 열전달 해석을 수행하였다. 경계조건은 앞에서의 조건과 동일하며 해석결과는 Fig. 20에 나타내었다. Fig. 13의 point, 철판 하부에서 온도를 측정하여 Fig. 21의 그래프로 정리하였다.

결과적으로 접촉면이 넓을수록 플랜지 철판 하부의 온도가 높게 나타난다. 하지만 열선과 철판 하부가 접촉하는 경우, 열선의 형상에 관계없이 플랜지의 철판 하부의 온도는 이슬점온도인 29 ℃ 이상으로 유지된다. 즉, 열선과 철판이 밀착한다면 선 접촉을 하는 원형의 열선도 철판 하부로 충분히 열선 내부에 흐르는 냉매의 열을 전달하여 철판 하부의 온도를 이슬점 이상으로 유지시켜 이슬 맺힘 현상을 방지할 수 있다.

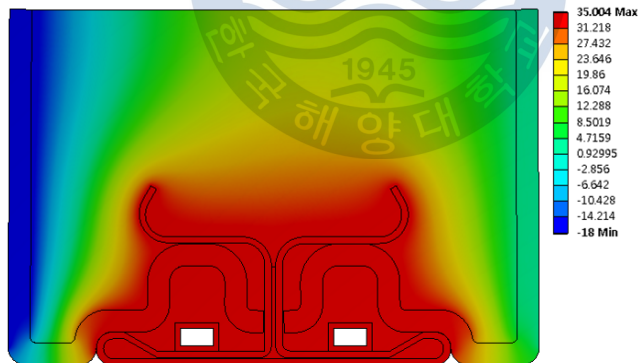




(a) Circle



(b) Ellipse



(c) Rectangle

Fig. 20 Temperature distribution of three model having different hot-line shape

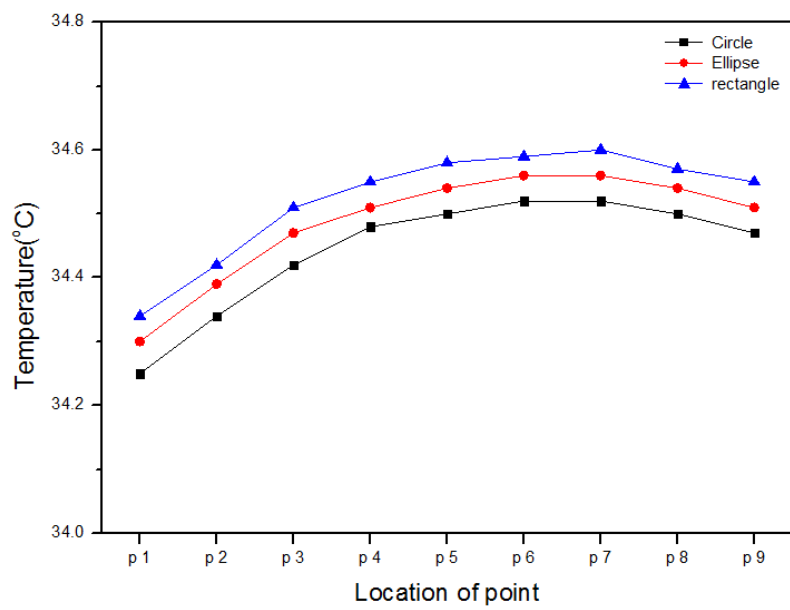


Fig. 21 Temperature distribution of three model having different hot-line shape



3.4 열선과 철판이 밀착하지 않았을 때의 온도 비교

3.4.1 형상변수

이슬이 맺히는 철판 하부의 온도를 이슬점 이상으로 유지하기 위해 열선과 철판이 밀착되어야 한다. 앞선 해석에서 열선과 철판이 밀착된 경우 열선의 형상에 관계없이 철판 하부의 온도가 이슬점 이상으로 유지되는 것을 확인했다. 이번 연구에서는 열선과 철판이 완전 밀착하지 않았을 경우를 각각 0.3 mm, 0.5 mm, 1.0 mm로 설정하여 철판 하부의 온도를 평가했다. 이에 대한 모델링은 아래에 나타냈다.

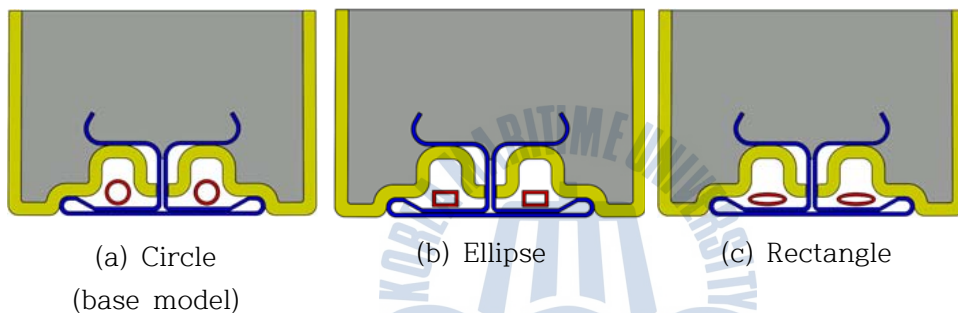


Fig. 22 Interval of 0.3 mm between steel plate and hot-line

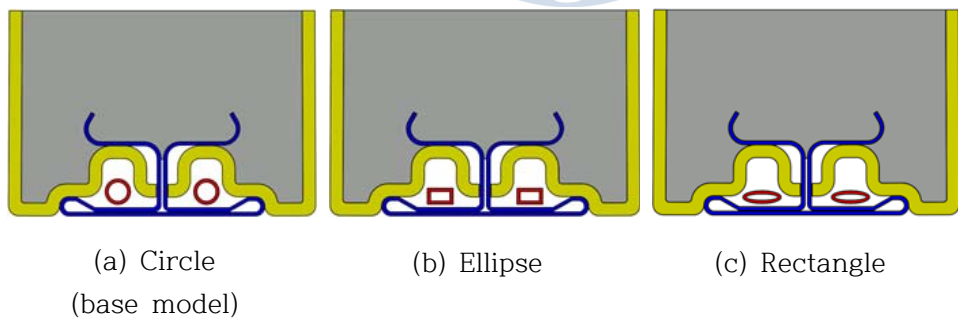


Fig. 23 Interval of 0.5 mm between steel plate and hot-line

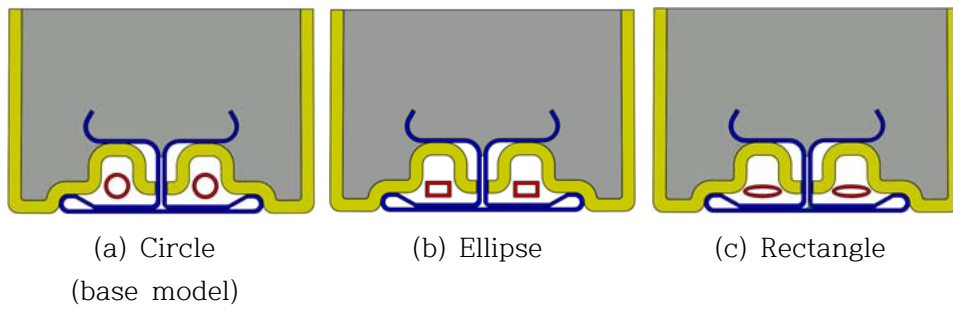


Fig. 24 Interval of 1.0 mm between steel plate and hot-line



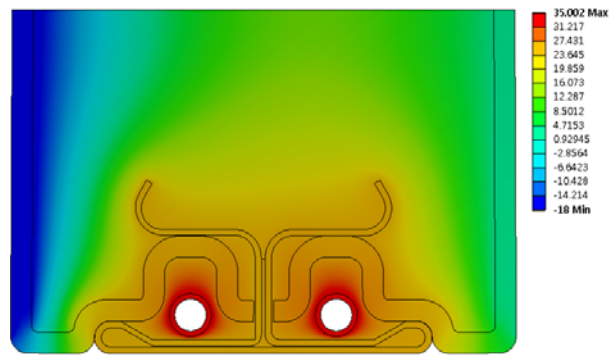
3.4.2 결과

해석에 사용한 경계조건은 앞에서의 해석들과 동일하며 해석결과를 열선과 철판 하부의 거리에 따라 Fig. 25, Fig. 26, Fig. 27에 나타내었다.

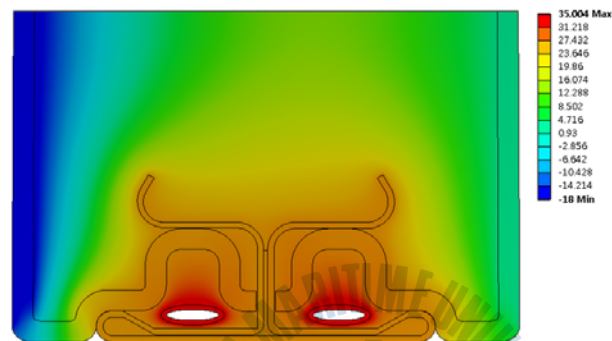
Fig. 13의 point, 철판 하부에서 온도를 측정하여 Fig. 28에 같은 거리에서 열선의 형상이 다를 때 온도분포에 어떤 차이가 있는지 그래프로 정리하였다.

열선의 거리가 0.3 mm 일 때는 사각형이, 0.5 mm 그리고 1.0 mm 일 때는 타원형이 열전달량이 높다. 또한 원형은 타원형과 사각형에 비해 온도가 확연히 낮게 나타난다. 하지만 열선을 철판 하부에 밀착시키지 않으면 접촉면이 넓은 타원형과 사각형 형상의 열선도 철판 하부의 온도를 이슬점 이상으로 유지시키기 어렵다. 따라서 열선과 철판 하부가 밀착하는 것은 철판 하부를 이슬점 이상의 온도로 유지시키는데 있어 중요한 요소이다.

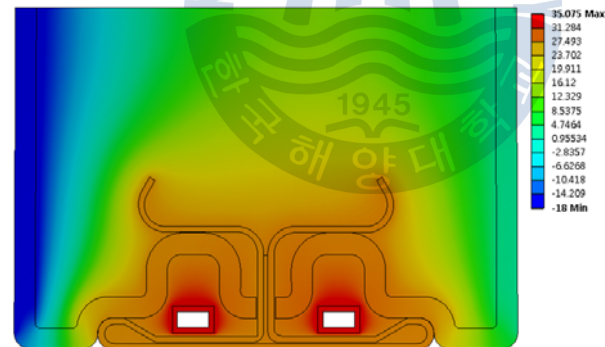




(a) Circle

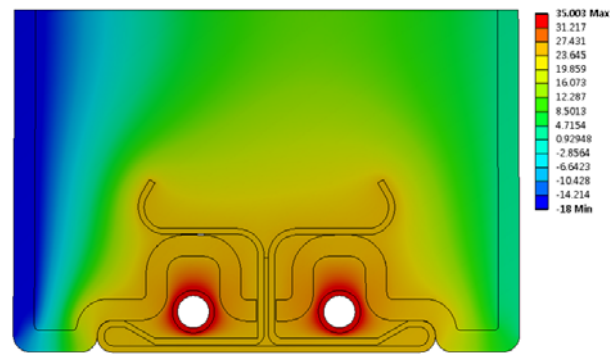


(b) Ellipse

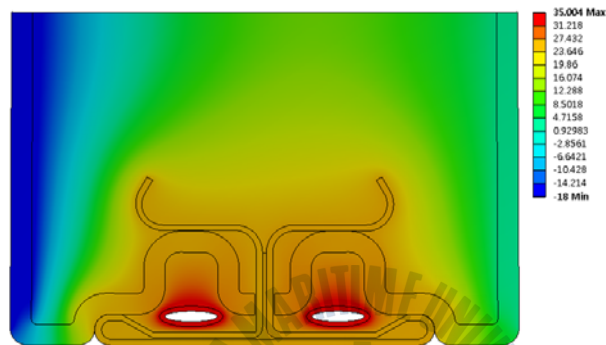


(c) Rectangle

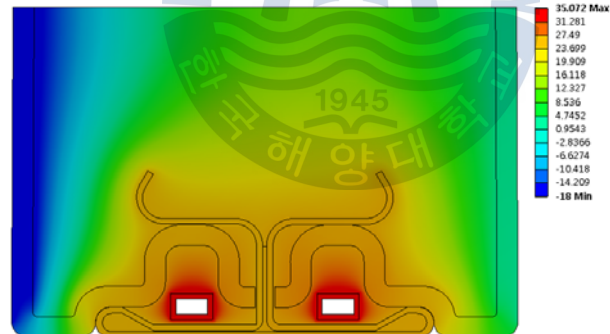
Fig. 25 Stress distribution of interval of 0.3 mm between steel plate and hot-line



(a) Circle

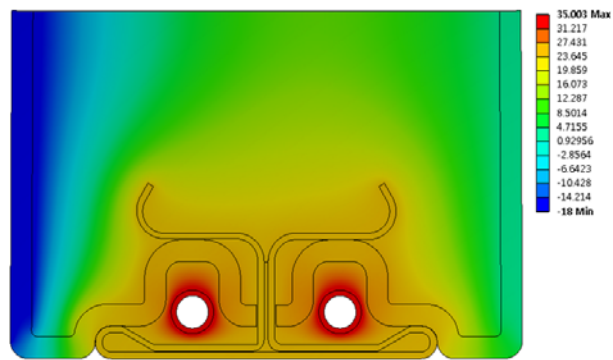


(b) Ellipse

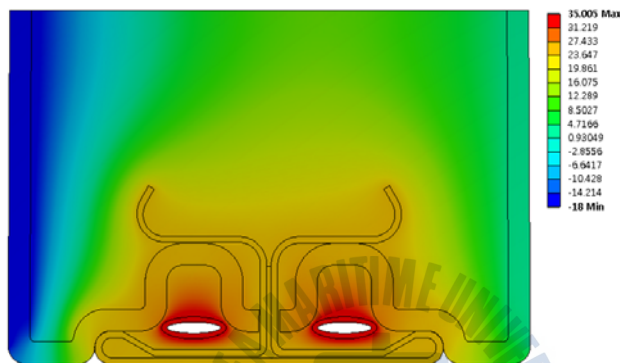


(c) Rectangle

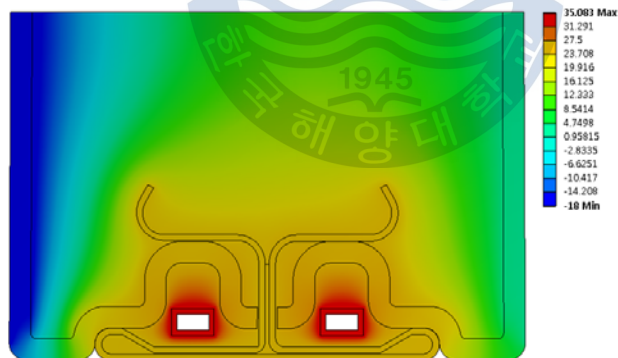
Fig. 26 Stress distribution of interval of 0.5 mm between steel plate and hot-line



(a) Circle

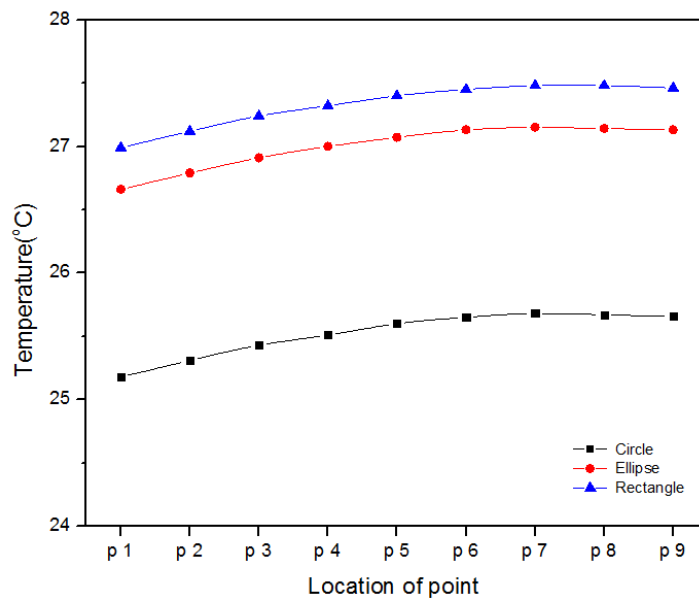


(b) Ellipse

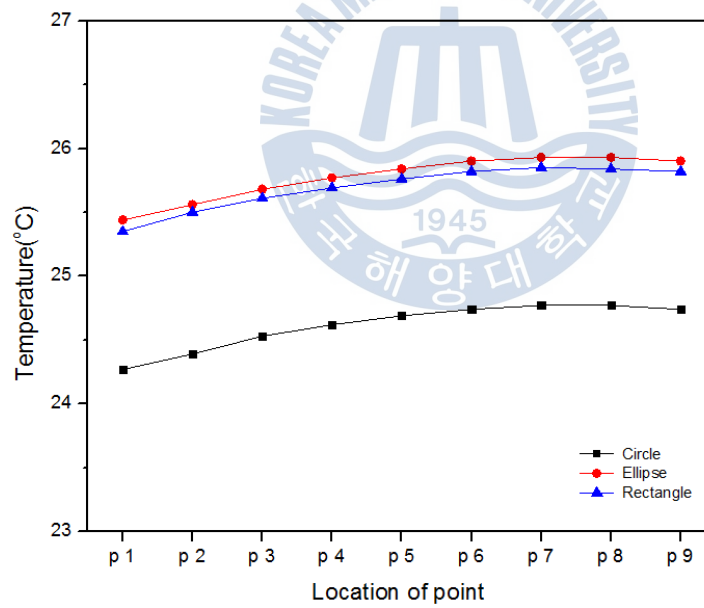


(c) Rectangle

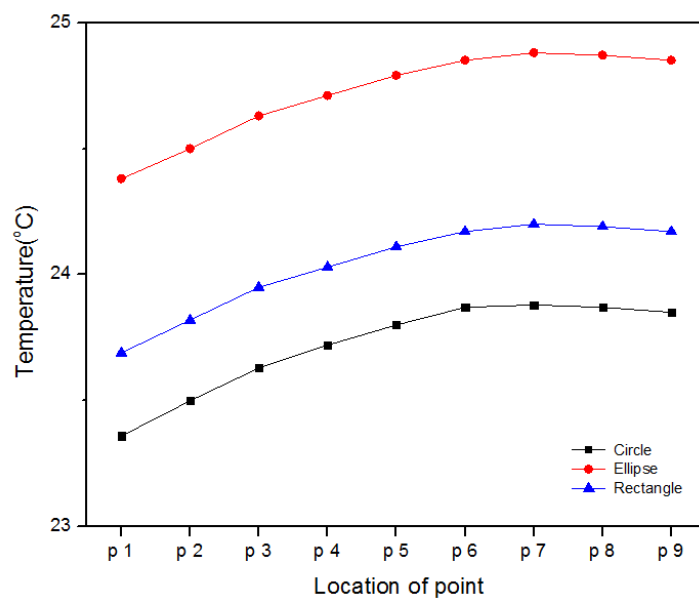
Fig. 27 Stress distribution of interval of 1.0 mm between steel plate and hot-line



(a) 0.3 mm

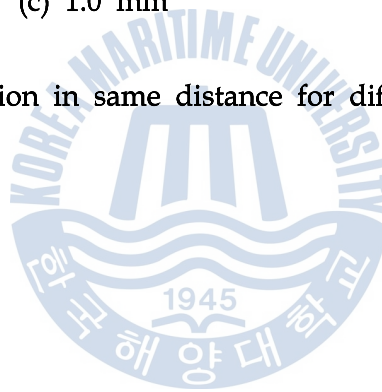


(b) 0.5 mm



(c) 1.0 mm

Fig. 28 Temperature distribution in same distance for different shape of hot-line



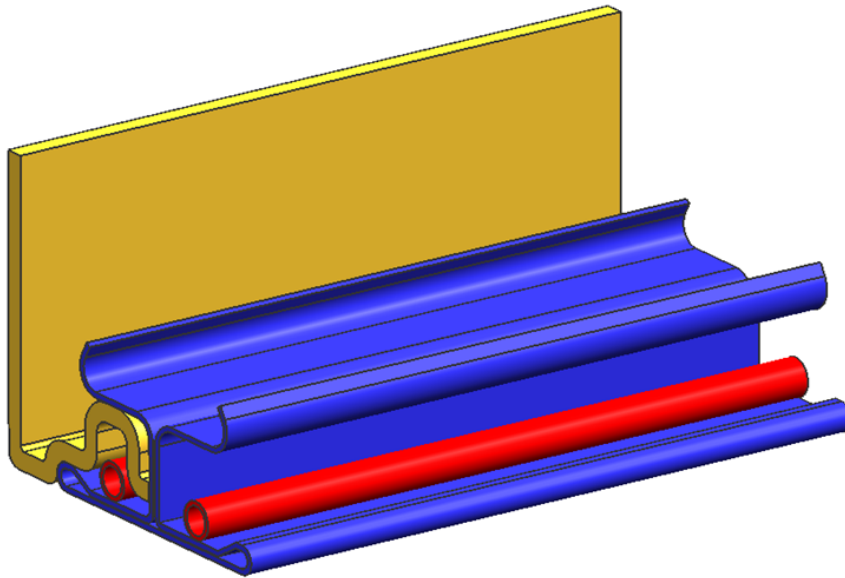
3.5 스페이서 영향 평가

3.5.1 형상변수

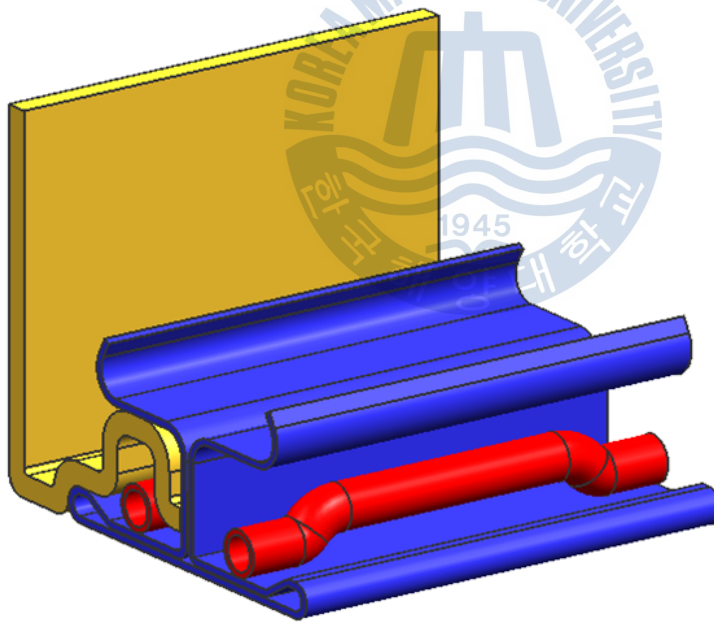
열선과 철판부가 밀착하는 것이 철판 하부의 온도를 이슬점 이상으로 높이는데 있어 중요한 요인이라는 것을 앞의 해석결과들에서 확인하였다. 실제 제작되는 냉장고의 경우 열선을 철판부에 밀착시키기 위하여 열선을 밀어주는 스페이서가 ABS에 부착되어있다. 하지만 현재 스페이서의 간격이 너무 넓어서 열선과 철판을 밀착 시키는데 있어 부족함이 있다고 판단하였다. 따라서 스페이서의 간격이 철판 하부의 온도를 높게 유지시키는 데에 얼마나 영향을 주는지 평가하였다.

해석 조건은 총 네 가지로 Fig. 29에 나타내었다.

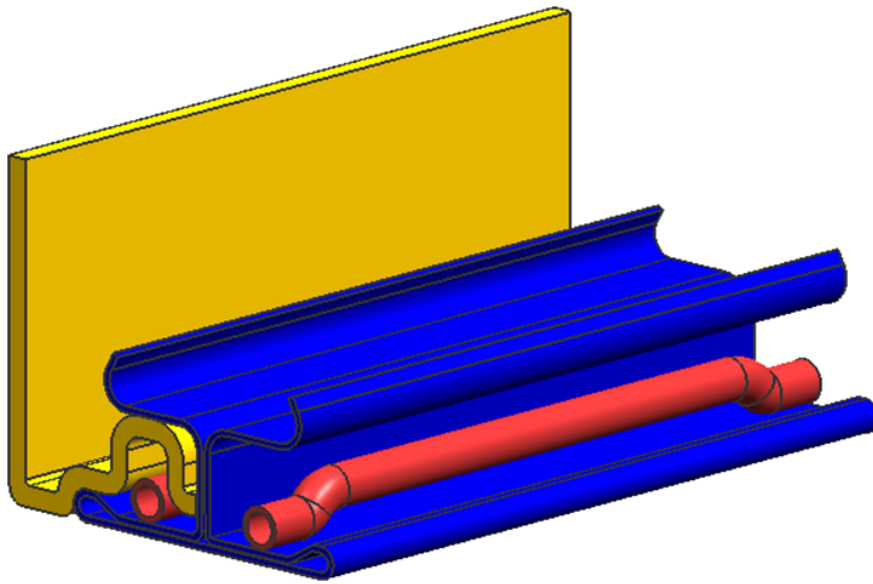
Case 1은 열선이 철판 하부에 완전 밀착된 경우이며, Case 2는 10 mm의 스페이서가 30 mm 마다 반복되는 경우, Case 3은 10 mm의 스페이서가 60 mm마다 반복되는 경우 그리고 Case 4는 10 mm짜리 스페이서가 90 mm마다 반복되는 경우로, 양쪽을 축대칭 형상으로 모델링 하였다. 현재 스페이서는 Case 4와 같이 설계되어있다. ABS에 스페이서를 모델링하지 않았지만, 스페이서가 있다는 가정 하에 스페이서가 있는 부분에서만 열선이 철판부와 접촉되는 형태로 열선의 형상을 그림과 같이 모델링 하였다.



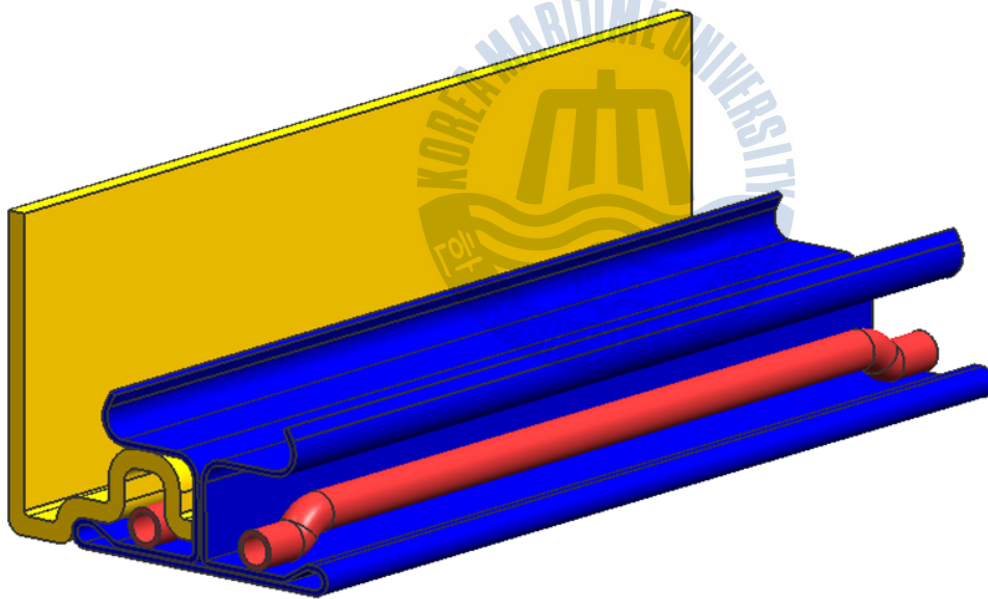
(a) Case 1



(b) Case 2



(c) Case 3



(d) Case 4

Fig. 29 Analysis case of spacer interval

3.5.2 결과

경계조건은 앞에서의 해석조건과 동일하다. Fig. 31의 결과는 Fig. 30에서 나타낸 section 1부분에서의 온도분포이다. Section 1 부분에서의 철판 하부 온도를 Fig. 13의 지점에서 측정하여 비교하여 Fig. 32의 그래프에 나타내었다. 결과를 살펴보면 스페이서의 간격이 넓어질수록 온도가 약 0.4℃ 씩 하강한다.

다음은 Fig. 30에서 나타낸 section 2부분에서의 온도분포를 Fig. 33에 나타내었다. Section 2에서 온도를 측정한 이유는 스페이서의 영향이 가장 적은, 온도가 가장 낮을 것으로 예상되는 부분에서의 온도를 측정하기 위함이다. 마찬가지로 Fig. 13의 지점에서 온도를 측정하여 Fig. 34의 그래프에 나타내었다. Section 2에서는 스페이서 사이의 거리가 멀수록 온도가 확연히 줄어든다.

현재 해석 결과는 스페이서가 있는 부분에서 열선과 철판이 밀착될 것이라는 가정 하에서의 해석결과이다. 따라서 스페이서의 간격이 넓을 때에도 철판 하부의 온도가 이슬점 이상으로 유지되어 이슬 맺힘 현상에는 문제가 없다. 하지만 현재 스페이서가 있음에도 불구하고 계속적으로 이슬 맺힘 현상이 일어나는데, 그 이유는 스페이서가 있는 부분 또한 열선과 철판이 밀착되지 않아 철판 하부의 온도가 이슬점 이하로 내려가기 때문이다. 열선과 철판하부가 밀착되면 스페이서의 간격이 넓어도 철판하부의 온도를 이슬점 이상으로 유지시키기에 충분하다. 즉, 열선과 철판하부가 밀착하는 것은 철판하부의 온도를 이슬점 이상으로 유지시키는데 중요한 역할을 한다. 다음 장에서는 플랜지부의 구조상 열선과 철판이 밀착되지 않는 이유에 대해 분석하고 구조를 변경하여 열선과 철판하부가 밀착하도록 하였다.

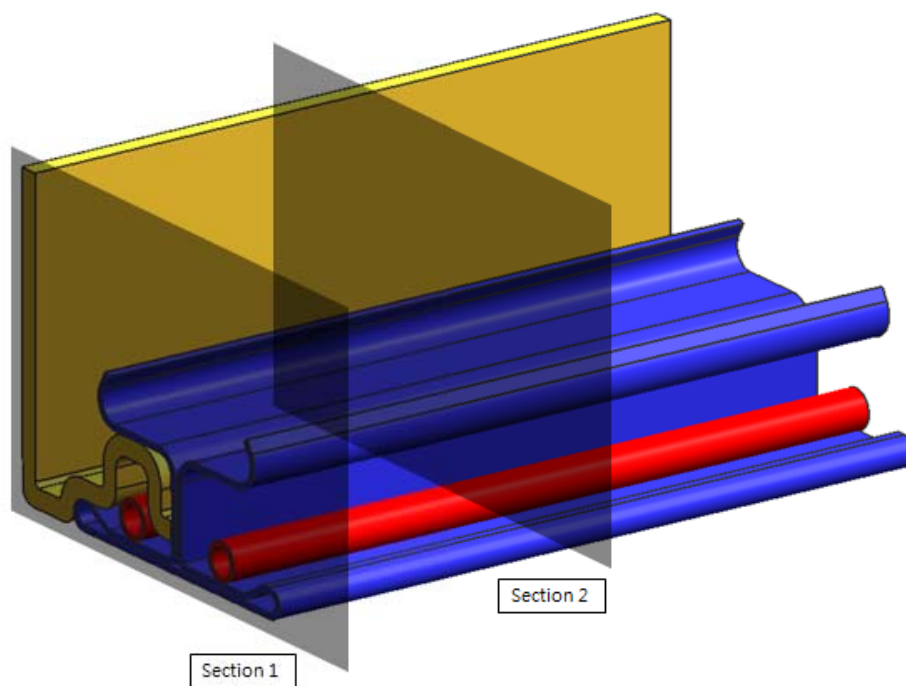
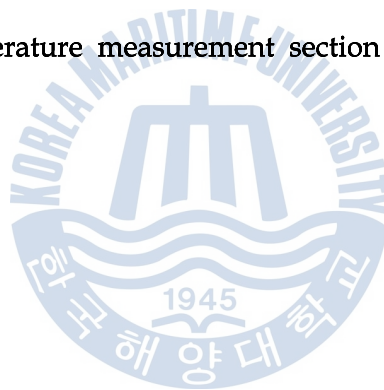
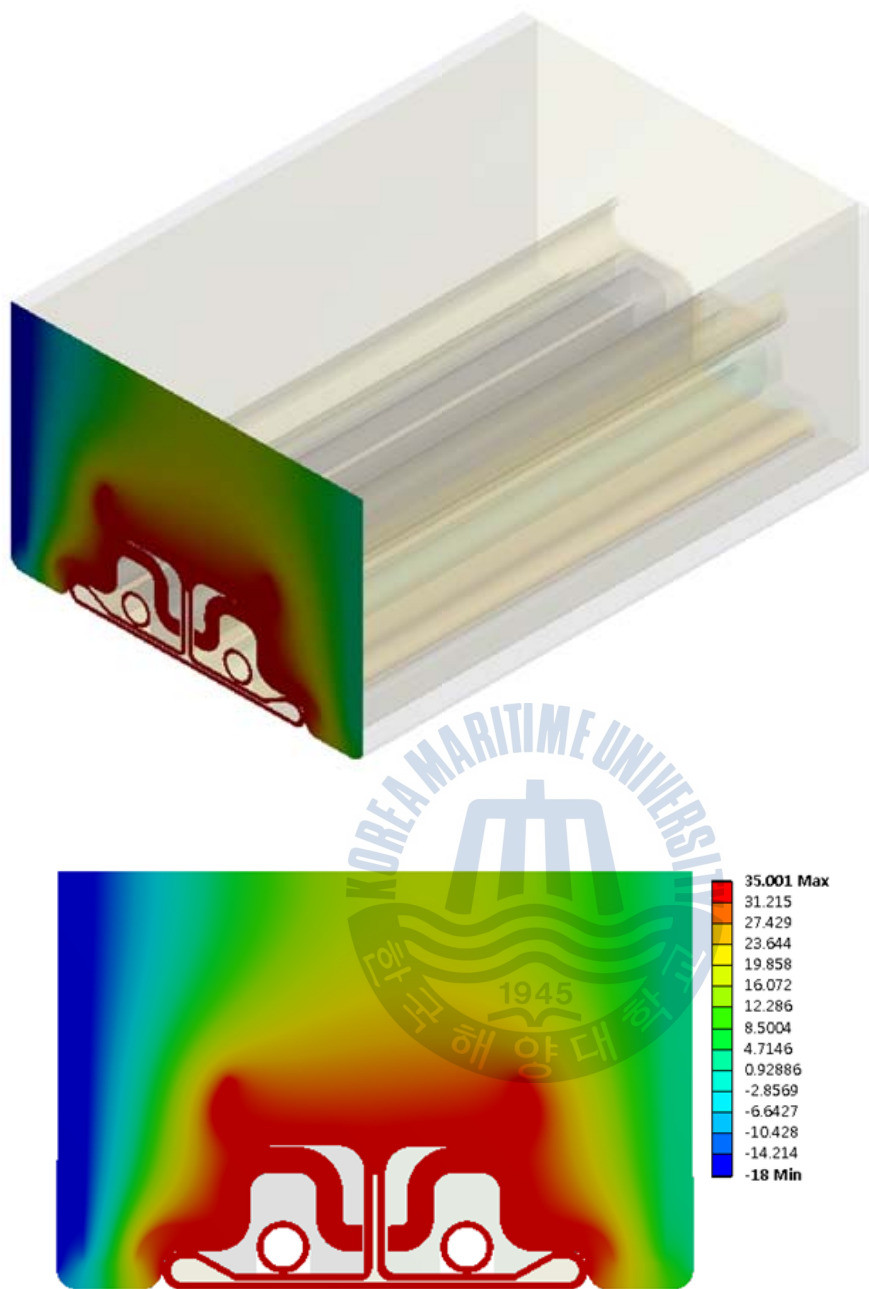
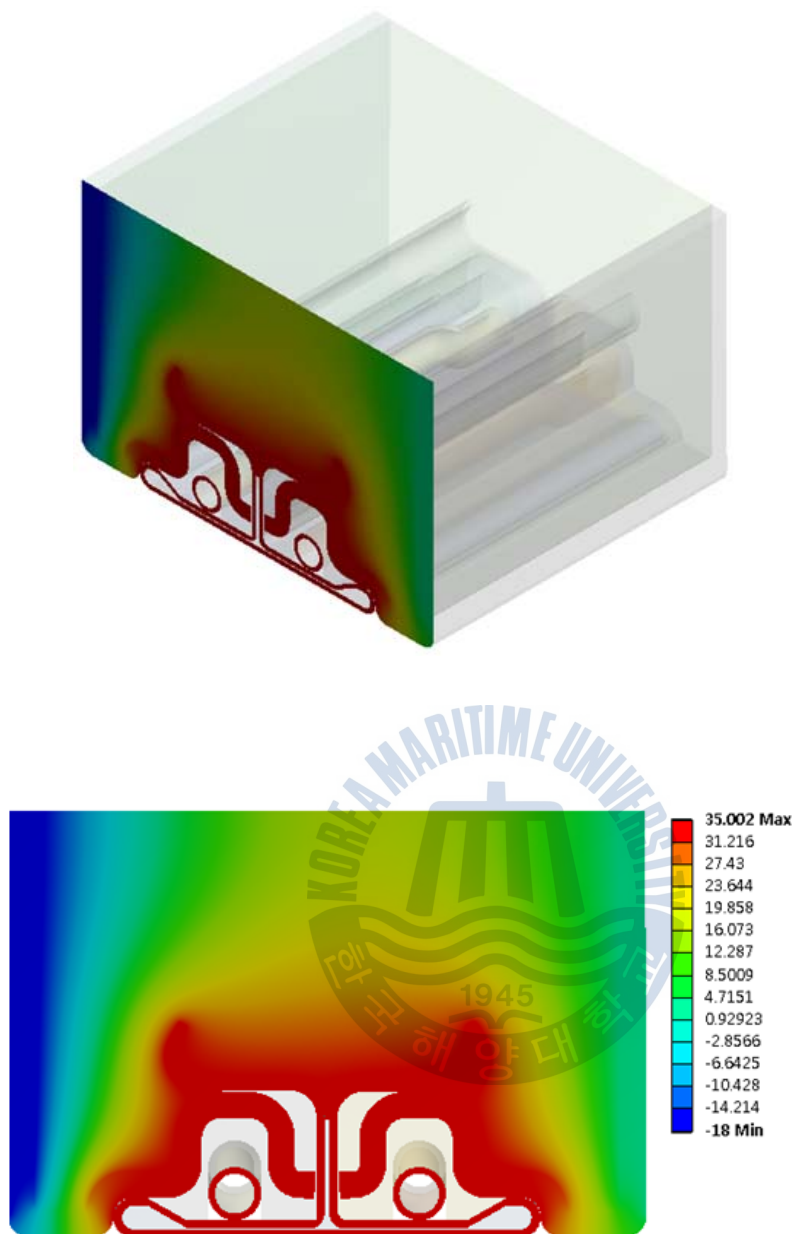


Fig. 30 Temperature measurement section

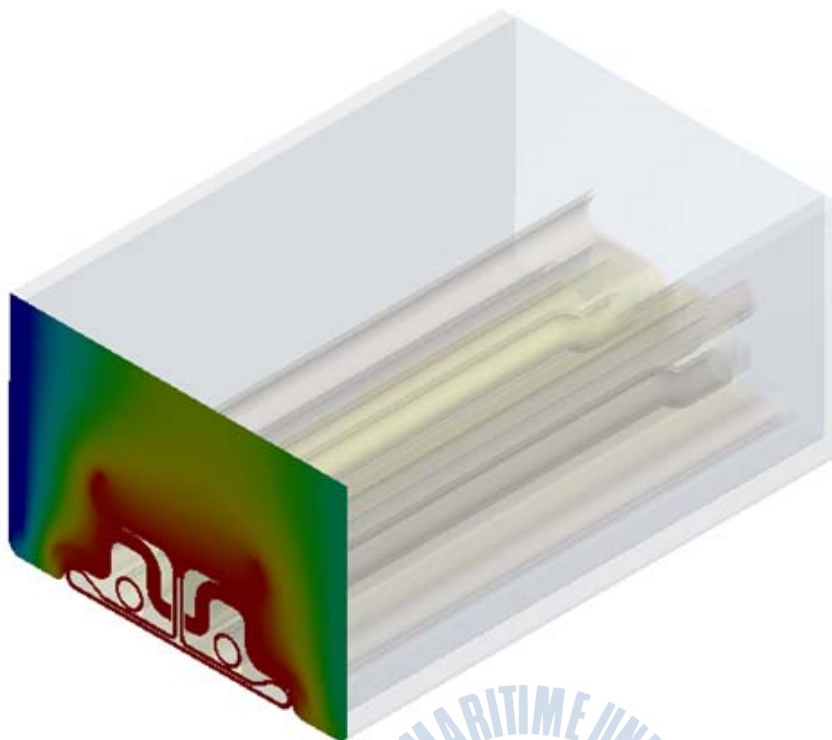




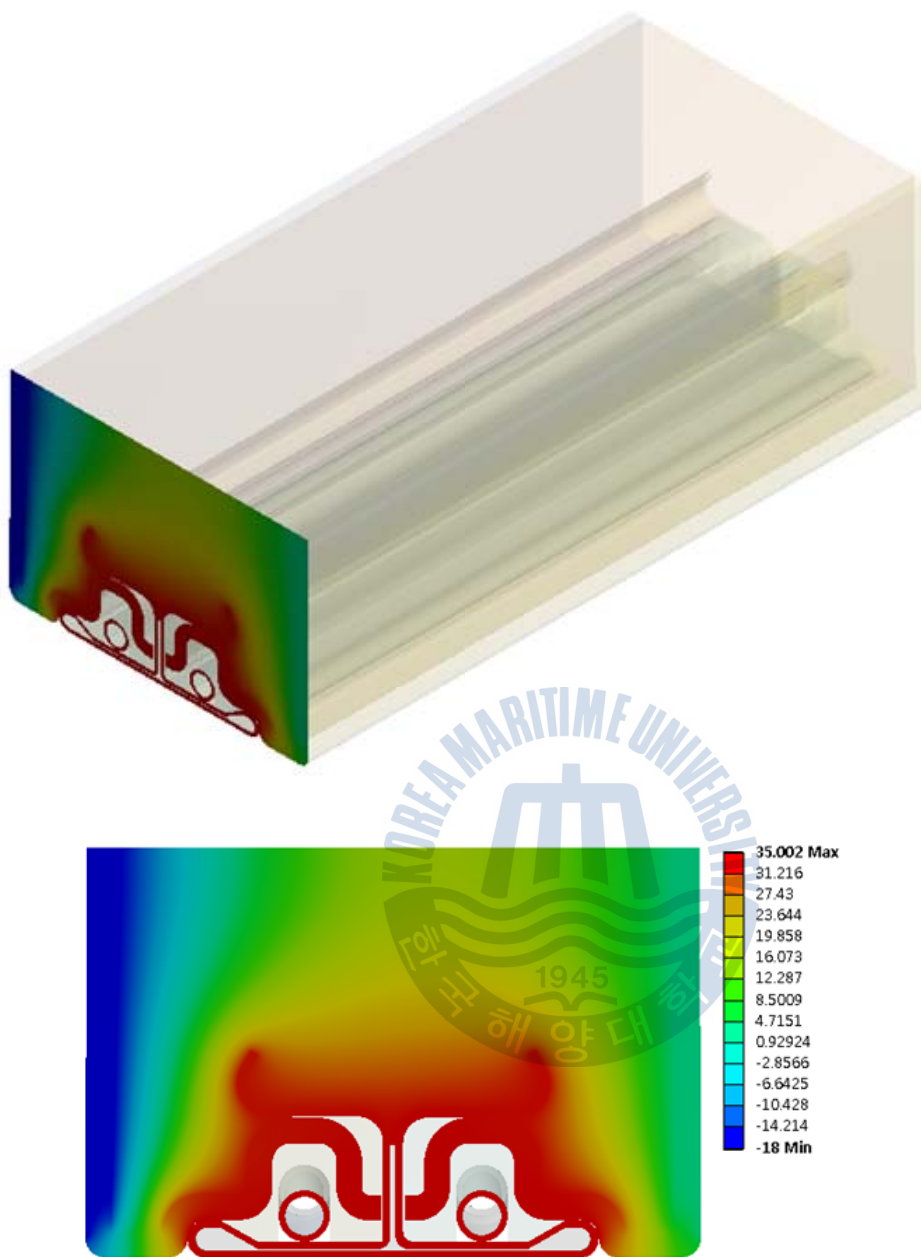
(a) Case 1



(b) Case 2



(c) Case 3



(d) Case 4

Fig. 31 Temperature distribution at section 1

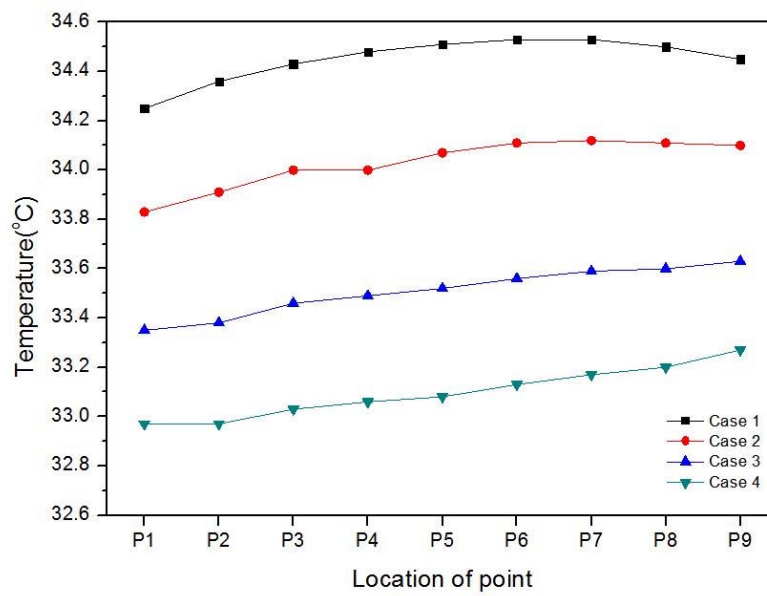
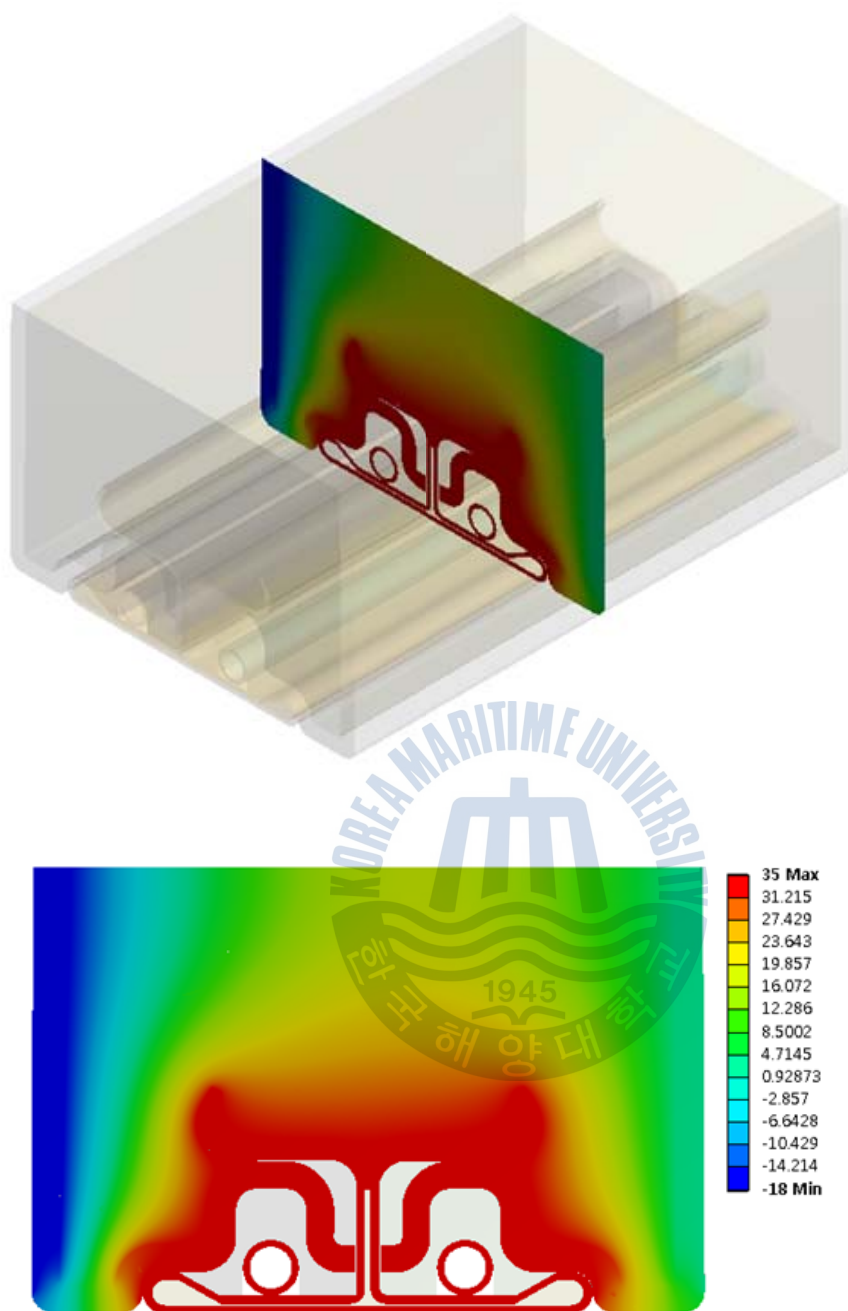
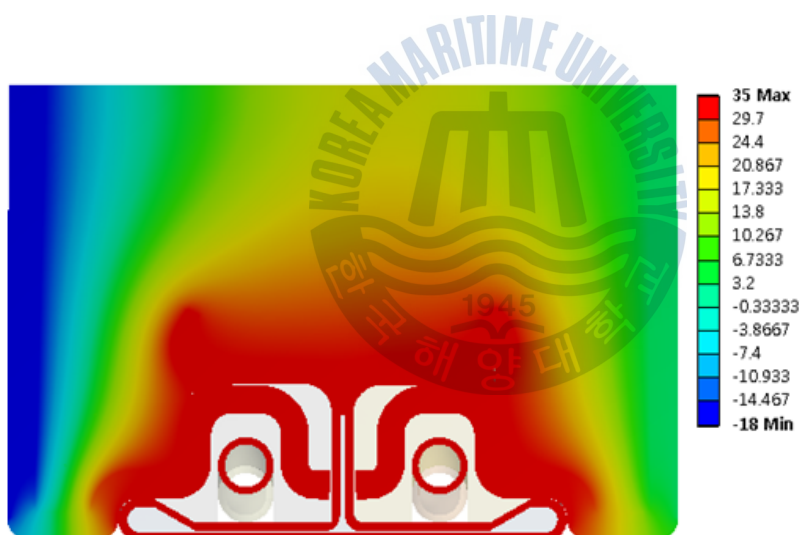
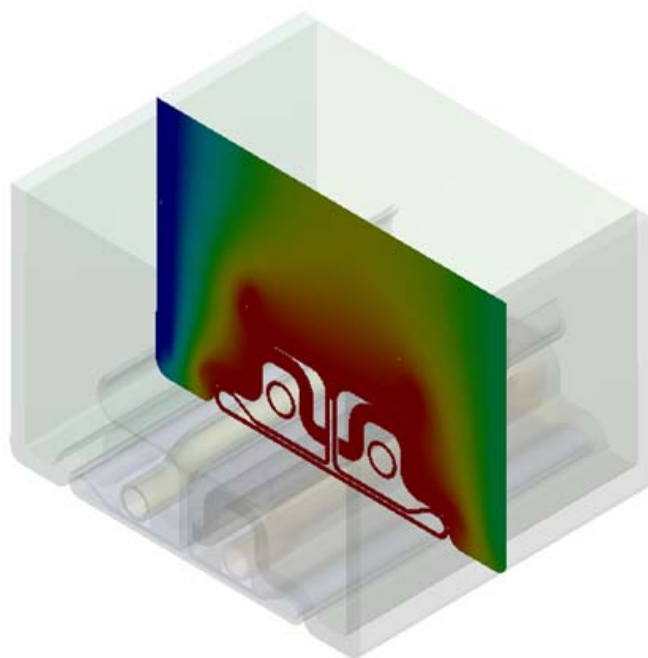


Fig. 32 Temperature distribution at section 1

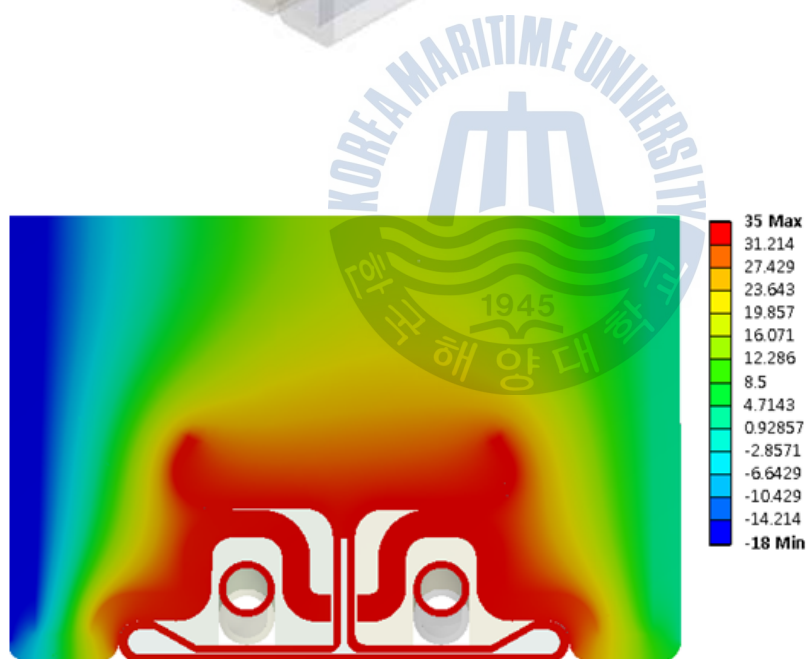
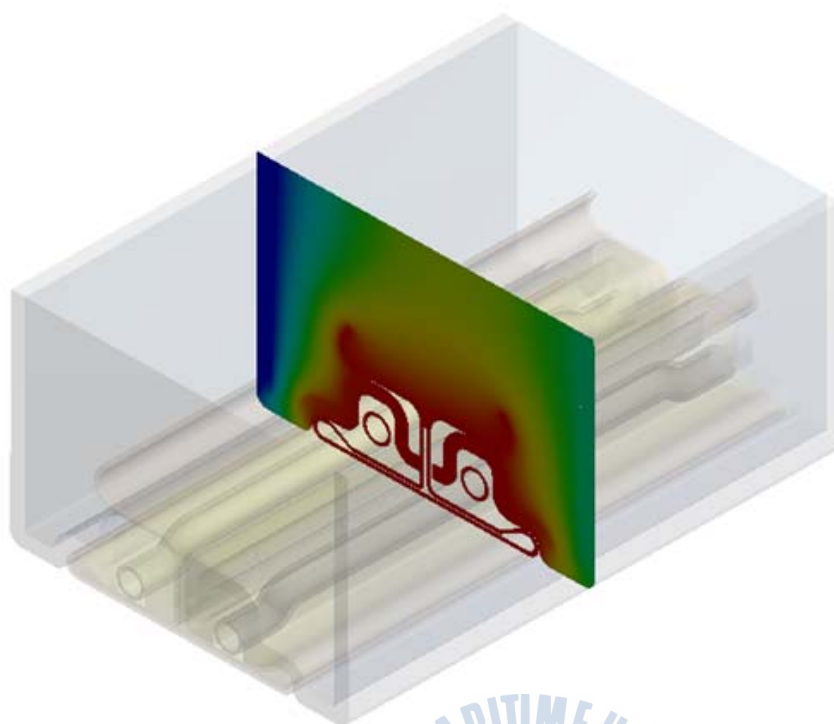




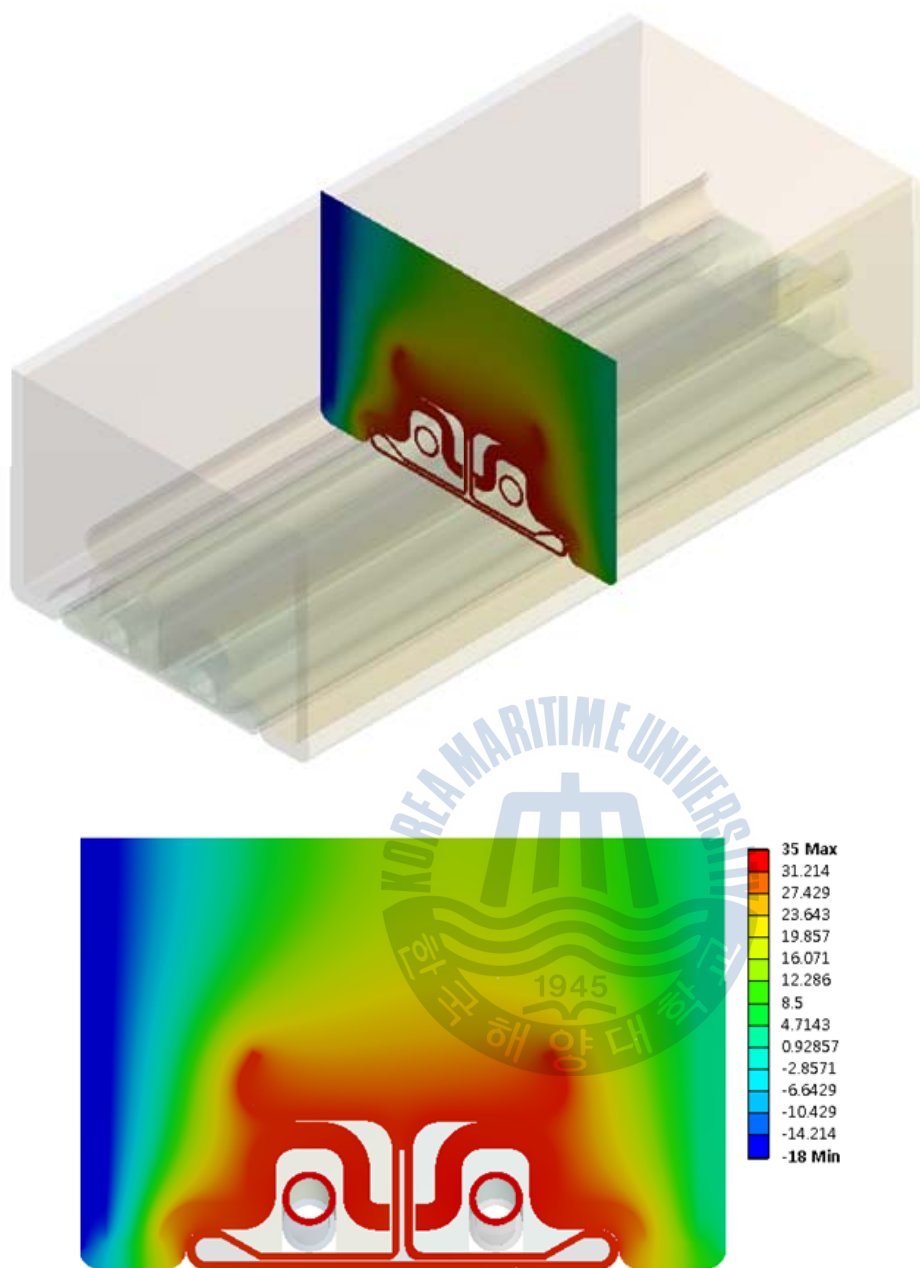
(a) Case 1



(b) Case 2



(c) Case 3



(d) Case 4

Fig. 33 Temperature distribution at section 2

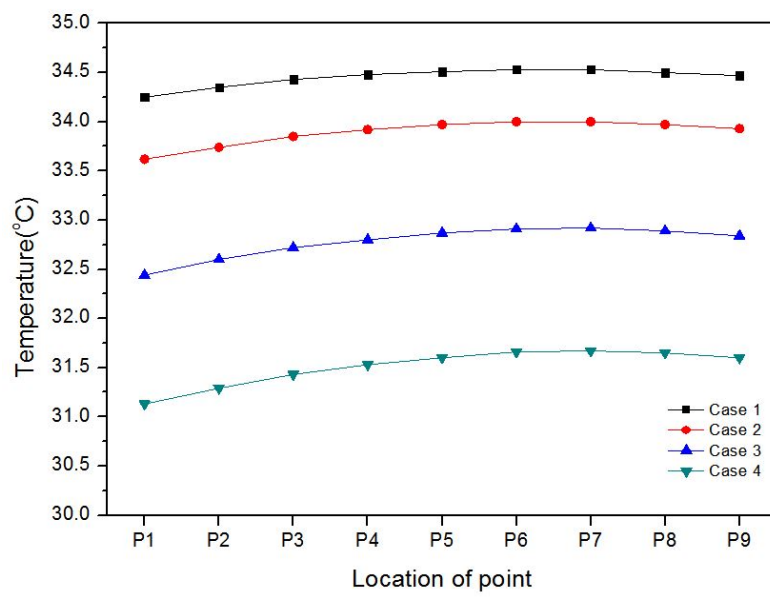


Fig. 34 Temperature distribution at section 2



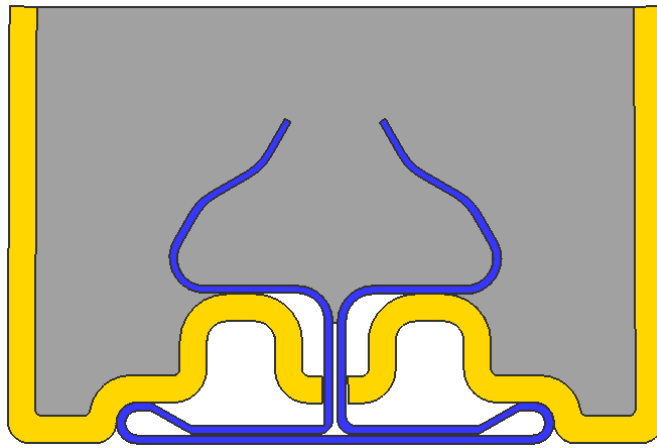
제 4 장 ABS 형상에 따른 결합 성형 해석

앞 장에서는 현재 문제가 되고 있는 이슬 맺힘 현상을 방지하기 위한 구조를 제안하기에 앞서 어떤 조건일 때 이슬이 효과적으로 방지하는지를 알아보기 위해 열전달 해석을 수행하였다. 열전달 해석의 결과 열선과 철판 하부가 밀착되지 않은 경우 철판 하부의 온도가 이슬점 이하로 하강하는 것을 확인하였다. 따라서 열선과 철판 하부가 밀착되는 것은 중요하며 본 연구에서는 열선과 철판 하부의 밀착이 용이하도록 구조를 변경하여 철판과의 조립성과 조립 후 철판 상부에 의한 눌림성을 평가하였다.

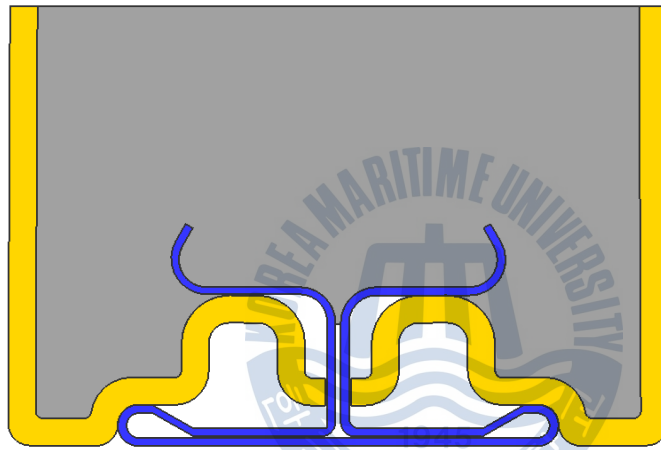
4.1 철판 상부 길이에 따른 구조평가

4.1.1 형상변수

앞의 열전달 해석에서 철판 상부의 길이를 줄이는 것이 소재와 에너지를 절약하는데 효과적이라는 것을 확인하였다. 다음은 철판 상부의 길이를 줄였을 때 구조적으로 타당한지를 확인하기 위해 Fig. 35에서의 각 모델에 대한 강성평가를 진행하였다.



(a) Original model



(b) Short steel flange

Fig. 35 Comparison of two model having different steel length

4.1.2 결과

강성평가는 플랜지부를 구성하고 있는 각각의 재료들에 대한 탄성계수에 굽힘강성에 영향을 주는 각각의 Y축 관성모멘트를 곱하여 구하였다. 먼저 Table 2에 플랜지 부의 구성 재료인 ABS_RS656H, Stainless steel, PU-foam의 물성치를 나타내었다.

Table 2 Young's modulus of flange components

	Young' s modulus (GPa)
ABS_RS656H	2.11
Stainless steel	193
PU-foam	0.0036

Table 2의 물성치에 각 조건 별로 관성모멘트를 구하여 강성을 평가하였다. 관성모멘트는 ANSYS 12.1을 사용하여 구하였으며, 조건 별 관성모멘트 값은 Table 3에 나타내었다.

Table 3 Moment of inertia of flange components

Case	Part	Moment of inertia (m ⁴)
(a) Original model	ABS_RS656H	$I_{yy} = 8.58E-20$
	Stainless steel	$I_{yy} = 5.28E-21$
	PU-foam	$I_{yy} = 1.95E-19$
(b) Short steel flange	ABS_RS656H	$I_{yy} = 8.58E-20$
	Stainless steel	$I_{yy} = 4.64E-21$
	PU-foam	$I_{yy} = 1.96E-19$

각 조건 별 y축 관성 모멘트를 사용하여 강성을 평가하였으며 그 식은 다음과 같다.

$$EI = E_{ABS}I_{ABS} + E_{Steel}I_{Steel} + E_{PU}I_{PU} \quad (5.1)$$

이 식을 사용하여 구한 각 조건 별 강성을 Table 4에 나타내었다.

Table 4 Stiffness evaluation for steel

	Stiffness (10^{-9} N/m ³)
(a) Original model	1.20
(b) Short steel flange	1.08

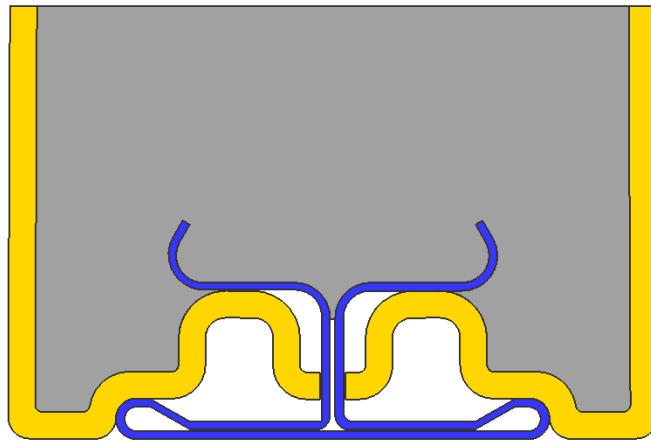
강성평가 결과 철판 상부의 길이를 줄인 모델인 현재 모델에 비해 강성이 줄어드는 것을 확인하였다. 하지만 이것은 냉장고 전체의 강성에 큰 영향을 주지 않으므로 소재의 절약을 위해서 철판 상부의 길이를 줄이는 것이 타당하다.

4.2 열선 밀착을 위한 2D ABS 형상 영향 평가

4.2.1 형상변수

플랜지부의 ABS는 냉장고의 내판(ABS)과 철판을 고정하는 역할을 하며 PU-foam 발포 시에 누설이 생기지 않도록 하는 역할을 한다. 특히 열선을 철판에 밀착시켜 열전달을 향상시키고 철판 하부의 온도를 올려 이슬 맺힘 현상을 방지하는 역할을 한다. Fig. 3의 플랜지 형상을 보면 ABS의 앞부분이 길게 나와 있는 것을 알 수 있다. 이는 ABS와 철판부가 조립될 때 ABS가 철판에 의해 눌리는 것을 방해하여 열선과 철판부의 밀착을 어렵게 한다. 또한 곡선으로 되어있는 ABS 형상은 굽힘 강성이 크기 때문에 열선과 철판부의 밀착을 방해한다. 따라서 현재 ABS의 형상에서 ABS의 앞부분의 길이를 줄이고 ABS의 곡선부를 직선으로 변경하여 현재의 형상과 눌림성을 비교하여 평가하였다. 또한 철판 상부 길이를 줄였을 때와 마찬가지로 ABS의 형상을 변경하였을 때 냉장고 강성에 미치는 영향도 평가하였다.





(a) Base line model



(b) Modified model

Fig. 36 Two model having different shape of ABS

4.2.2 결과

먼저 ABS의 형상 변경 후 강성 평가를 진행한 결과이다. 강성평가는 앞의 철판형상 변경 후에 시행하였던 강성평가 방법과 같으며 그 결과는 다음과 같다.

Table 5 Moment of inertia for ABS

Case	Parts	Moment of inertia (m ⁴)
(a) Base line model	ABS_RS656H	$I_{yy} = 8.58\text{E-}20$
	Stainless steel	$I_{yy} = 4.64\text{E-}21$
	PU-foam	$I_{yy} = 1.96\text{E-}19$
(b) Modified model	ABS_RS656H	$I_{yy} = 8.57\text{E-}20$
	Stainless steel	$I_{yy} = 4.64\text{E-}21$
	PU-foam	$I_{yy} = 1.92\text{E-}19$

Table 5에 각 조건 별 y축 관성 모멘트를 나타내었다. Table 6에서는 Table 5에서의 관성모멘트를 5.1식에 대입한 결과로 얻은 조건별 강성을 나타내었다.

Table 6 Stiffness evaluation for ABS

	Stiffness (10 ⁻⁹ N/m ³)
(a) Base line model	1.08
(b) Modified model	1.08

ABS의 형상 변경 전 후의 모델에 대한 강성은 큰 차이가 없다. 따라서 ABS형상을 변경하더라도 강성에는 큰 영향을 주지 않는다.

다음은 Deform 2D v9.0을 사용하여 ABS의 형상을 변경하기 전과 후의 조립성과 눌림성에 대한 평가를 진행하였다. 초기 철판과 ABS의 거리가 10 mm로 설정되어 있다. 조립 과정은 총 100 Step으로 지정했으며 ABS의 진행 속도를 0.1 mm/sec로 적용하여 해석을 진행하였다.

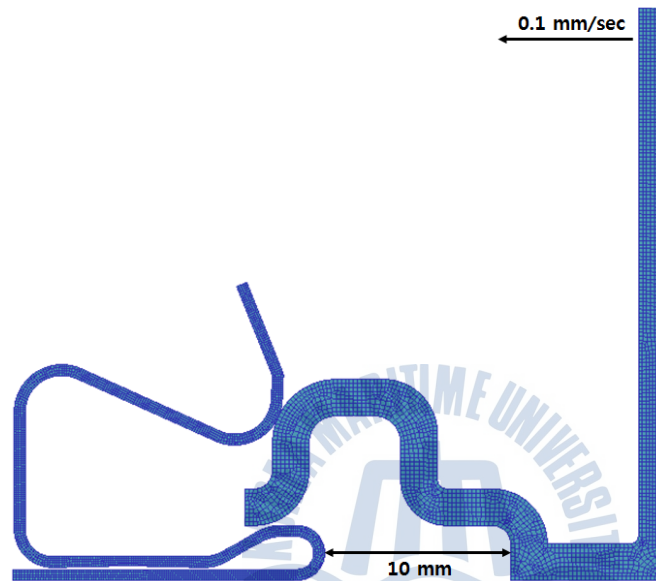


Fig. 37 Initial distance and applied velocity

조립 과정은 Fig 38 에 100 Step 중 Step 1, Step 25, Step 50, Step 75, Step 100 총 다섯 Step을 나타내었다.

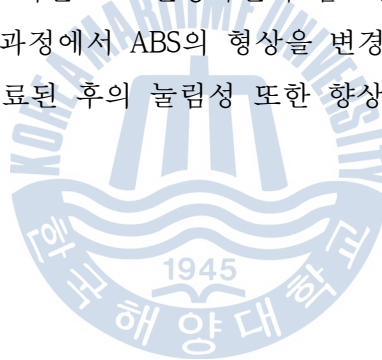
Fig. 38에서 형상을 변경한 ABS가 철판부와 조립을 하는 과정에서 변형 없이 쉽게 조립 되는 모습을 확인 할 수 있다. 정확하게 비교하기 위해 총 Step 에서의 x축 하중을 그래프를 Fig. 39에 나타내었다.

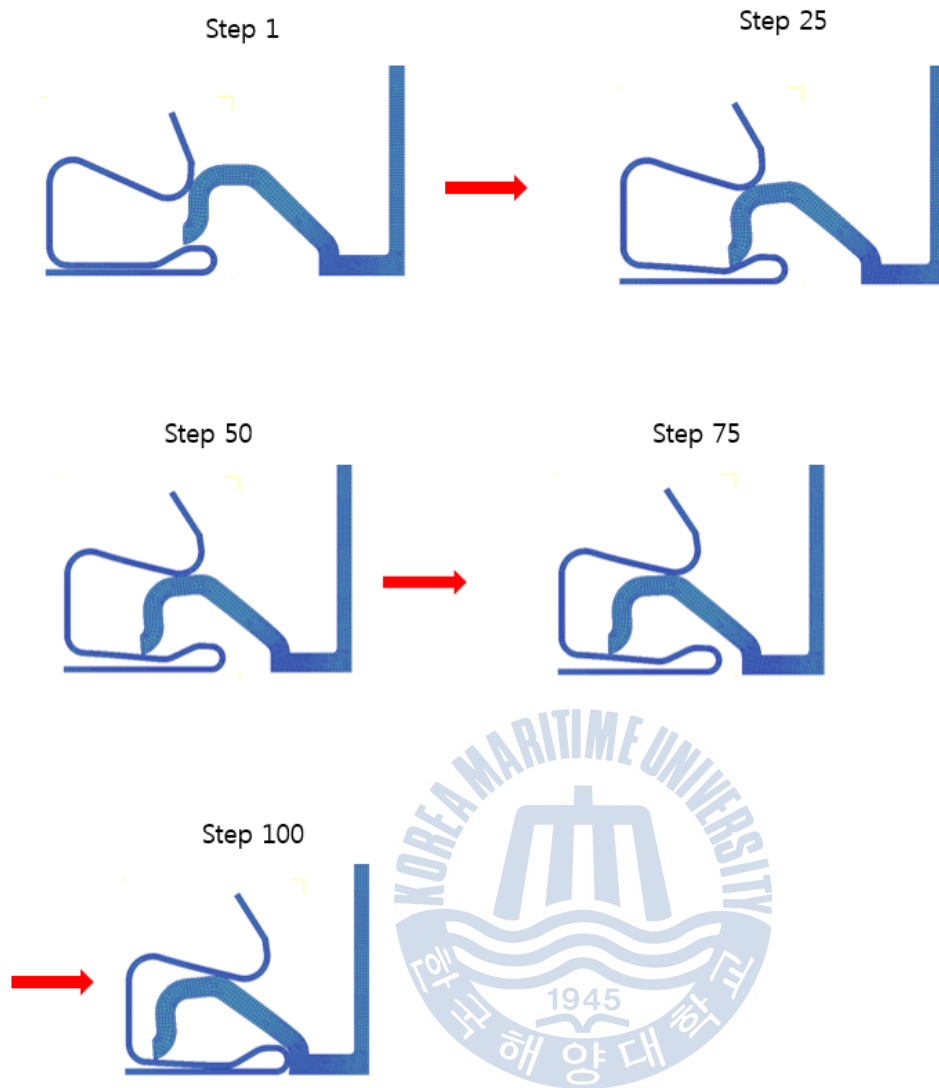
각 조건 별 x축 최대하중 값을 살펴보면 기본모델은 조립 과정에서의 최대하중 값이 9.95 N, ABS의 형상을 변경한 모델은 6.76 N으로 변경 후 조립 과정에서의 x축 하중 값이 기본모델의 최대하중보다 68 %정도 감소

한다. 따라서 ABS의 곡선부를 직선으로 바꾼 형상이 굽힘 강성의 감소로 인해 조립성이 더 좋다. 또 Fig. 38에서 조립이 완료된 후의 형상인 Step 100을 보면 ABS의 형상을 변경한 모델이 조립 후에 철판을 더 강하게 누르는 것을 알 수 있다. 정확한 비교를 위하여 Fig. 40에 조립이 완료된 후의 ABS와 철판 사이에 열선이 삽입되는 부분의 거리를 측정하여 나타내었다.

조립 후 철판부와 ABS의 거리를 측정해 보았을 때 기본모델이 6.85mm, ABS의 형상을 변경한 모델이 6.59mm로 후자의 경우에 열선이 삽입되는 부분의 거리가 더 가깝다. 즉 철판 하부와 밀착해야 하는 열선을 밀어주기에는 변경된 ABS 형상이 적합하다. ABS의 곡선부를 직선으로 변경하면서 굽힘강성이 감소하여 눌림성이 향상되었으며, 앞부분이 길어서 철판에 의해 눌리는 것을 방해했던 원래의 형상에서 ABS 앞부분의 길이를 줄임으로서 눌림성이 더욱 향상되었다.

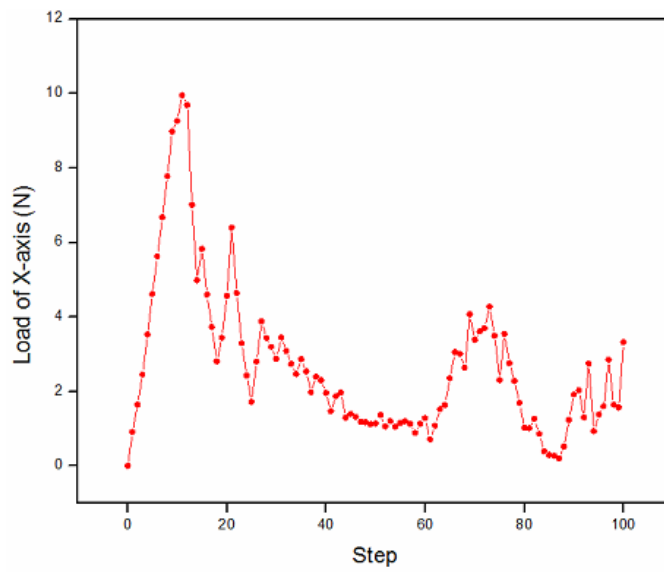
결과적으로 ABS의 곡선부를 직선으로 변경하면서 감소한 굽힘강성으로 인해 ABS와 철판을 조립하는 과정에서 ABS의 형상을 변경한 모델의 조립성이 향상되었으며, 조립이 완료된 후의 눌림성 또한 향상된 것을 확인하였다.



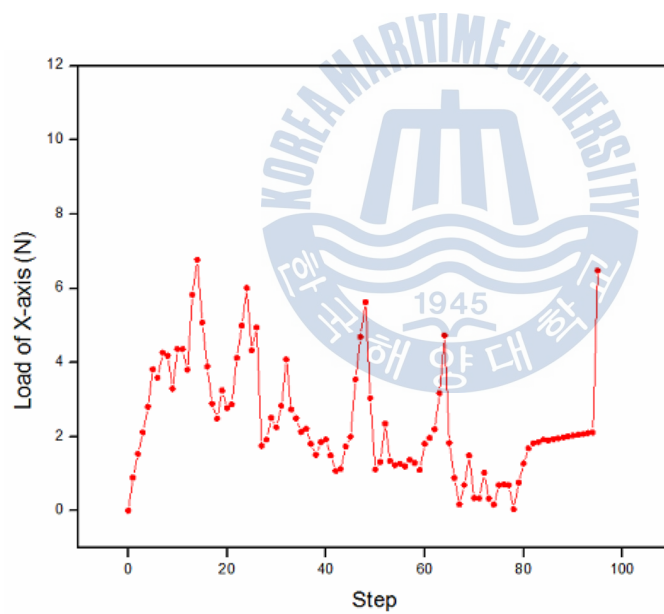


(b) Modified model

Fig. 38 Assembly process for 2D

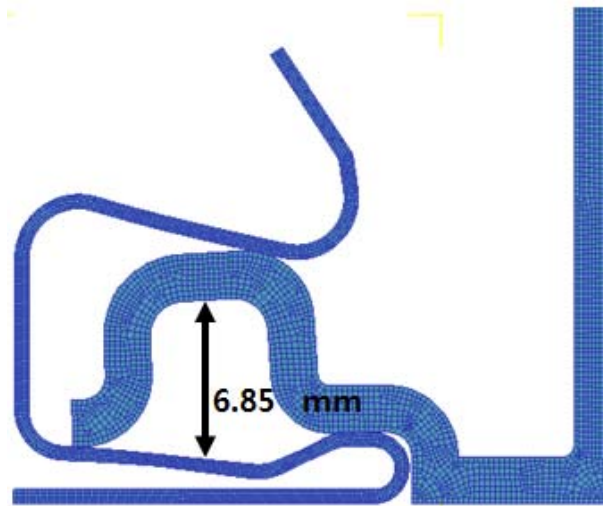


(a) Base line model

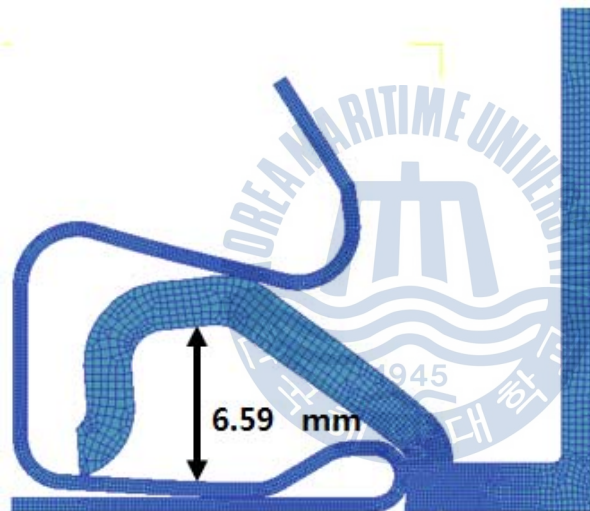


(b) Modified model

Fig. 39 Load of x-axis



(a) Base line model



(b) Modified model

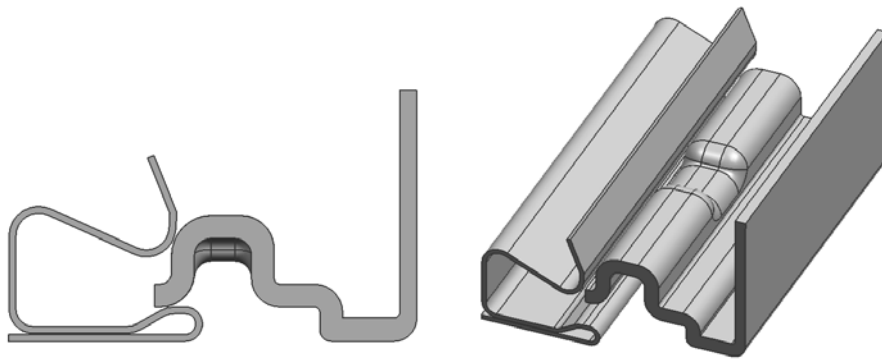
Fig. 40 Comparison distance between ABS and steel

4.3 열선 밀착을 위한 3D ABS 형상 영향 평가

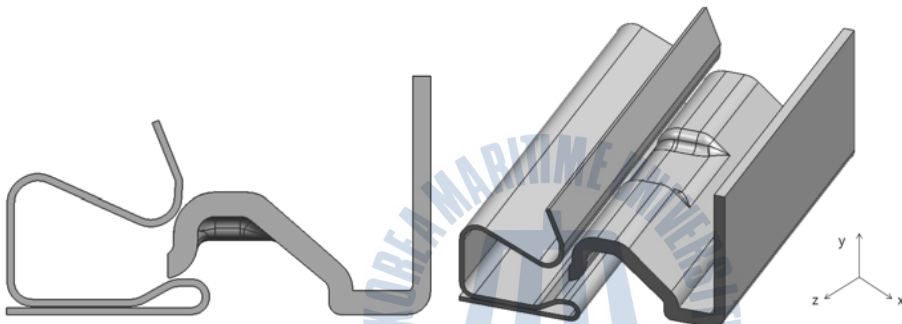
4.3.1 형상변수

앞서 진행한 2D 해석의 결과를 살펴보면 조립이 완료된 후에 열선이 삽입되는 ABS와 철판사이의 거리는 기본모델과 ABS의 형상을 변경한 모델이 각각 6.85 mm, 6.59 mm 로 나타났다. 열선이 철판에 밀착될 수 있도록 열선을 밀어주는 역할을 하는 ABS의 형상을 수정한 모델이 눌림성이 좋아서 철판에 의해 눌리는 정도가 원래의 형상보다 효과적인 것을 확인하였지만, 현재 내경이 4 mm인 열선이 ABS에 의해 눌러지기에는 ABS와 철판사이의 거리가 확연히 넓다. 이 때문에 실제 ABS에는 스페이서라는 구조가 있다. ABS의 스페이서의 영향을 보기위한 3D해석을 진행하기 위해 Fig. 41과 같이 모델링하였다.





(a) Base line model



(b) Modified model

Fig. 41 Modeling for comparison of assembly characteristics

4.3.2 결과

해석은 DEFORM 3D v 6.1 로 진행하였으며 결과를 Fig. 42에 나타내었다.

2D에서와 마찬가지로 초기 철판과 ABS의 거리가 10 mm로 설정되어 있으며, 조립 과정은 총 100 Step으로 지정하였고 ABS의 진행 속도를 0.1 mm/sec로 적용하여 해석을 진행하였다.

Fig. 42에서 스페이서를 고려한 ABS와 철판의 조립 과정을 100 Step 중 Step 1, Step 25, Step 50, Step 75, Step 100 총 다섯 Step을 나타내었다.

3D 해석에서도 마찬가지로 조립과정에서의 x축 최대하중 값을 그래프로 정리했다. 기본모델은 조립 과정에서의 최대하중 값이 1.15 kN, ABS의 형상을 변경한 모델은 758 N으로 변경 후 조립 과정에서의 x축 하중 값이 기본모델의 최대하중보다 66 %정도 감소한다. 또한 조립이 완료된 Step 100에서 ABS 형상을 변경한 모델이 안정적으로 결합된다.

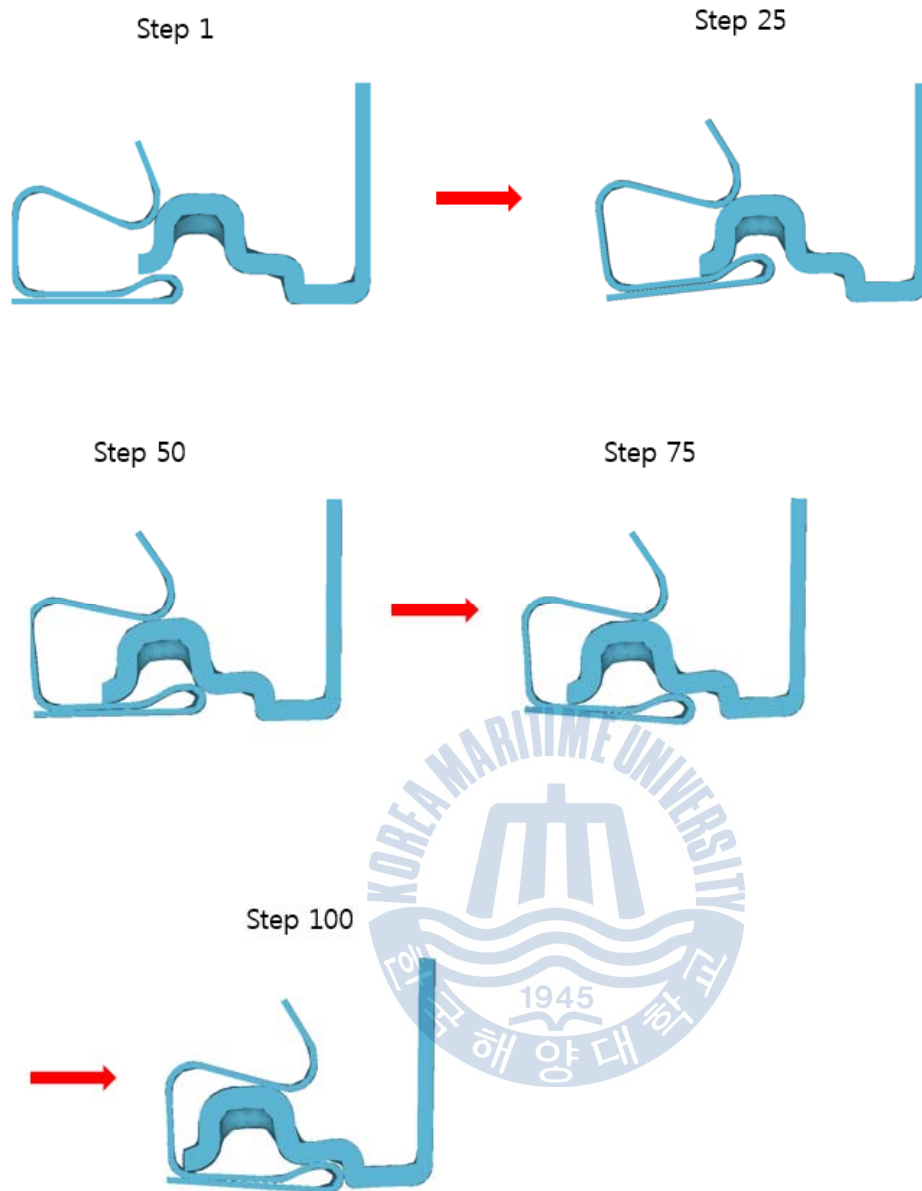
Fig. 44에서는 조립이 완료된 후 열선이 삽입되는 ABS와 철판 사이의 거리를 측정하여 나타내었다. 스페이서의 영향까지 고려하였기 때문에 조립후의 ABS와 철판부 사이의 거리를 스페이서가 있을 때와 없을 때를 비교하여 측정하였다.

조립 후 철판부와 ABS의 거리를 측정해 보았을 때 기본모델은 스페이서가 없는 부분이 6.50mm, 있는 부분이 4.48mm로 나타났고, ABS의 형상을 변경한 모델은 스페이서가 없는 부분이 5.49mm, 있는 부분은 3.62mm로서 스페이서가 있을수록 ABS와 철판 사이의 거리가 줄어들며, ABS의 곡선부를 직선으로 바꿨을 때 눌림성이 향상된다. 또한 열선의 외경이 4mm으로 현재의 형상으로서로는 스페이서가 있는 부분이라도 열선을 철판부에 밀착시키기 어렵다. 따라서 ABS의 형상을 직선부로 변경하여 ABS의 눌림성을 향상시켜야 한다.

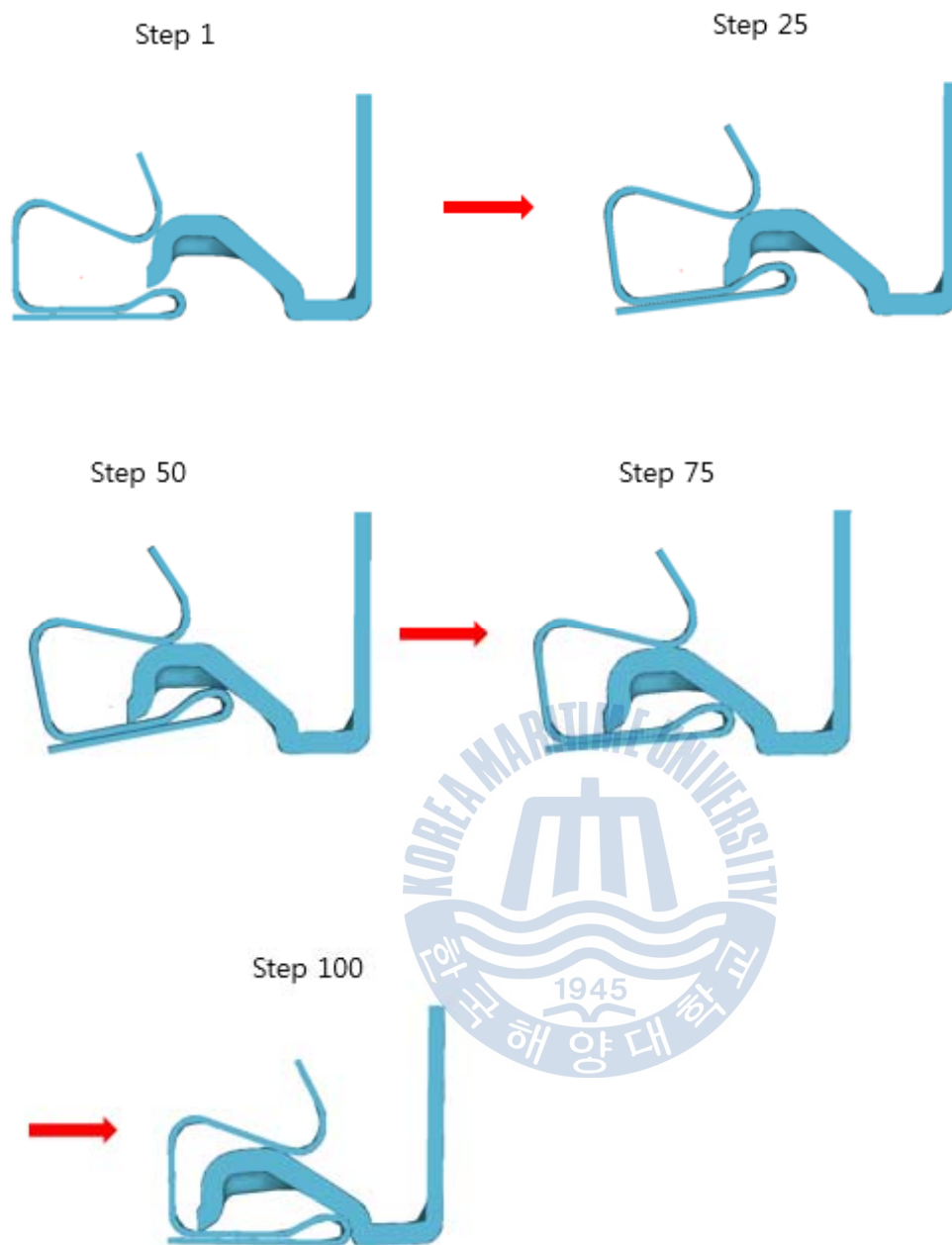
이슬 맺힘을 방지하기 위해서는 철판 하부의 온도가 높아야 하며 이를

위해 열선을 철판 하부에 밀착시켜야 한다. 그리고 이를 위해 열선을 밀어주는 역할을 하는 ABS에 스페이서가 있다. 하지만 현재 ABS의 구조는 스페이서가 있더라도 열선을 철판에 밀착하도록 밀어주기에 부족함이 있다. 따라서 현재 ABS 구조의 곡선부를 직선으로 변경하고 ABS의 앞부분 길이를 줄임으로서 눌림성을 향상시켜서 조립이 완료 되었을 때 열선이 삽입되는 ABS와 철판 사이의 거리가 열선의 내경보다 작게 하였다.



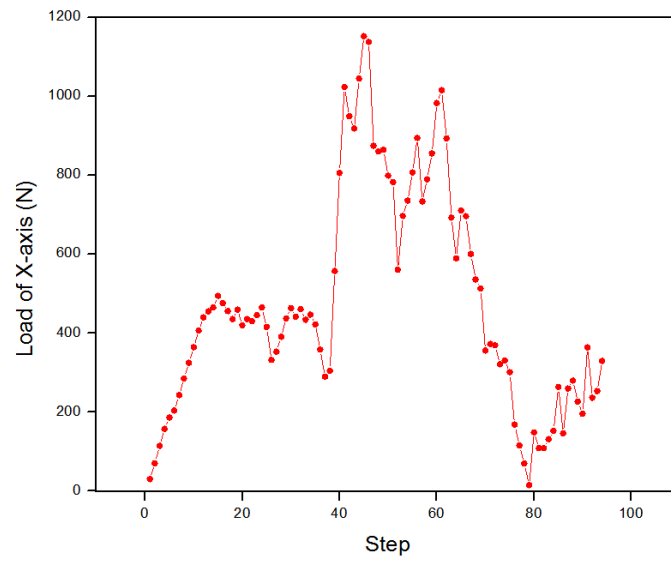


(a) Base line model

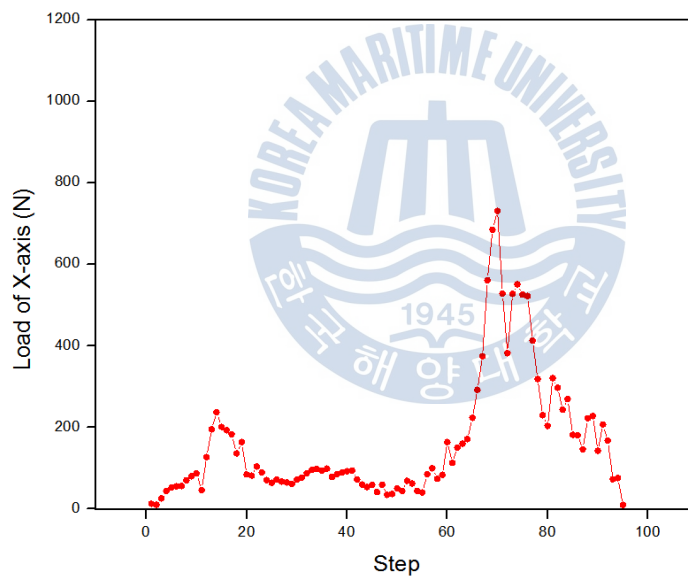


(b) Modified model

Fig. 42 Assembly process for 3D

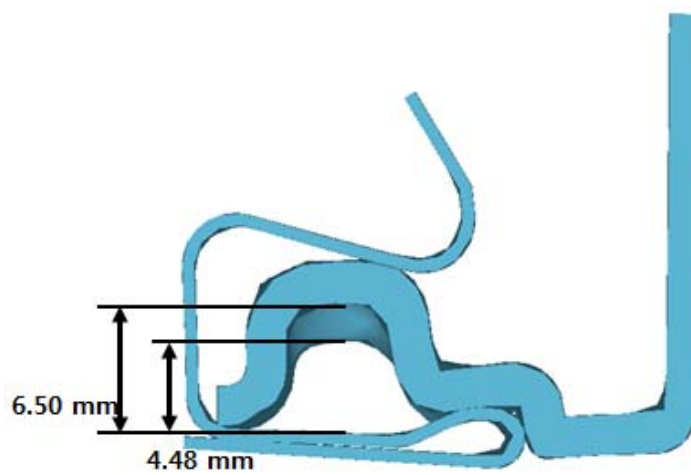


(a) Base line model

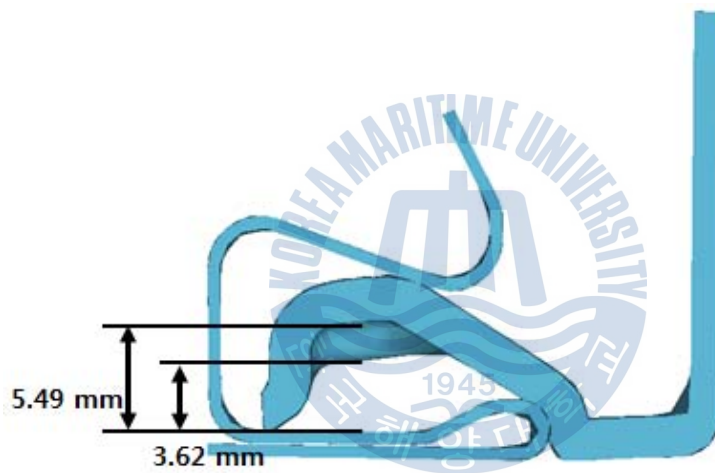


(b) Modified model

Fig. 43 Load of x-axis



(a) Base line model



(b) Modified model

Fig. 44 Comparison distance between ABS and steel

제 5 장 결론

본 논문에서는 현재 플랜지부 구조의 문제점을 분석하고 그에 따라 구조를 변경하였다. 또한 열전달해석과 구조해석을 통하여 변경된 구조의 타당성까지 판단하였다.

여러 가지 설계변수에 대해 구조변경을 하였다. 플랜지의 철판 상부 길이 수정, 열선의 형상 수정 및 열선과 철판부의 거리에 대한 평가, 스페이스의 영향력 평가 등을 수행하였다.

1. 플랜지의 철판 상부의 불필요한 길이를 임의로 축소하여 원래의 모델과 비교하였다. 그 결과 철판 상부 길이가 길 경우, 플랜지 내부로 까지 불필요한 열전달이 일어나는 것을 확인하였다. 또한 철판 상부의 길이가 길 때, 플랜지에서 냉장고 내부로의 열전달유량도 많은 것을 확인하였다. 따라서 에너지와 소재의 절약을 위해 철판 상부의 길이를 줄이는 것이 타당하다.

2. 열선은 철판 하부에 밀착하여 플랜지부에서의 이슬 맺힘 현상을 방지해야 한다. 효과적으로 열전달을 할 수 있도록 현재 철판의 하부와 선접촉을 하는 원형의 열선의 형상을 면접촉이 가능한 타원형과 사각형으로 변경하여 비교하였다. 그 결과 열선과 철판 하부가 밀착을 할 경우, 열선의 형상에 관계없이 철판 하부의 온도가 이슬점 이상으로 유지된다.

3. 열선이 철판 하부와 밀착하지 않는 경우에 대한 해석을 진행하였다.

0.3 mm, 0.5 mm, 1.0 mm인 경우에 대하여 비교하였다. 열선의 형상과 관계없이 열선을 철판 하부에 밀착시키지 않으면 철판 하부의 열전달이 효과적으로 일어나지 않기 때문에 철판 하부의 온도가 이슬점 이하로 강하여 이슬 맺힘 현상이 일어난다.

4. 열선과 철판 하부의 밀착을 위해 ABS에 부착되는 스페이서의 간격을 달리하여 플랜지부의 온도를 비교하였다. 스페이서의 간격이 가까울수록 열전달이 효과적으로 일어나며 철판 하부의 온도가 높다. 스페이서의 간격이 좁을수록 철판 하부의 온도가 높게 나타나지만 스페이서가 있는 부분에서 열선과 철판 하부가 완전 밀착된다면 스페이서의 간격이 넓어도 철판 하부의 온도가 이슬점 이상으로 유지된다.

5. 플랜지의 철판 상부의 불필요한 길이를 임의로 축소하였을 때의 플랜지부의 강성에 대해 평가하였다. 원래 모델의 강성보다 약간 줄어드는 것을 확인할 수 있었지만 냉장고 전체의 강성에 큰 영향을 미치지 않기 때문에 소재절약의 측면에서 철판 상부의 불필요한 길이를 줄이는 것이 타당하다.

6. ABS의 앞부분의 길이가 길어 열선과 철판부가 밀착하는 것을 방해한다. 따라서 앞부분의 길이를 줄이고 ABS의 곡선부를 직선으로 변경하여 조립성과 놀림성을 평가하였다. 평가 결과 현재의 모델은 조립 후 열선이 삽입되는 ABS와 철판의 거리를 측정하였을 때 ABS에서 스페이서가 있는 부분 또한 열선의 외경보다 크게 측정되어 열선과 철판 하부의 밀착이 어렵다. 따라서 ABS의 곡선부를 직선으로 변경하고 앞부분의 길이를 줄인 형상이 구조적으로 타당하다.

결과적으로 철판 상부의 길이를 줄여도 냉장고 전체 강성에 큰 영향을

주지 않는다. 따라서 철판 상부의 길이를 줄이는 것이 소재측면, 에너지 측면에서 유리하다.

또한 열선과 철판 하부를 밀착시키는 것이 철판 하부의 온도를 이슬점 이상으로 유지하는데 있어 중요한 요소이며, 현재 열선을 철판 하부로 밀어주는 ABS의 형상은 열선과 철판 하부를 밀착시키기 어렵다. 따라서 현재 ABS의 구조를 굽힘강성을 줄인 모델로 변경하면, 조립이 완료된 후 ABS의 눌림성을 높일 수 있고 더불어 철판과 ABS를 조립할 때의 조립성도 좋아진다.



참고문헌

- [1] 정광수, 2011. 가정용 양문형 냉장고 가스켓에서의 단열특성에 관한 연구. 석사학위논문. 계명대학교.
- [2] 조세은, 2009. 냉장고 컬러 및 패턴디자인 동향을 통한 빌트인 냉장고 컬러 방향 제안. 석사학위논문. 홍익대학교.
- [3] 전력거래소, 2011. 가전기기 보급률 및 가정용전력 소비행태 조사 결과보고서, 전력거래소.
- [4] 김태훈 등, 2006. 와인냉장고 소음 진동 저감을 위한 설계기술. 한국소음진동공학회 2006년 춘계학술대회논문집, pp.757-761.
- [5] 강석훈, 김성진, 최호진, 박상후, 2012. 표면 이슬 맺힘 저감을 위한 냉장고 가스켓 및 내벽 구조개선에 관한 연구. 대한기계학회 논문집, 36(4), pp.457-463.
- [6] 하지수, 정광수, 김태권, 심재성, 2010. 냉장고 가스켓 주위 형상 및 물성치 변화에 의한 열손실 영향 연구. 설비공학논문집, 22(6), pp.413-418.
- [7] 한동기 등, 2013. 습도 해석을 통한 플로어 스탠딩 에어컨의 이슬 맺힘 평가. 대한설비공학회 2013 하계학술발표대회 논문집, pp.050-054.
- [8] 박진구, 2003. 가정용 냉장고의 단열 최적화. 설비공학논문집, 15(2), pp.95-102.
- [9] 김성진 등, 2011. 외부 열원 전도방식을 이용한 표면 이슬 맺힘 현상의 개선. 한국정밀공학회지, 28(6), pp.724-731.
- [10] 이무연, 이동연, 김용찬, 2007. 가정용 냉장고의 에너지 노즈부 열전달 특성에 관한 연구. 대한기계학회논문집, 31(6), pp.574-580.

- [11] 전병우 등, 2013. 이슬맺힘 해석의 정량화 기법 연구. *대한 설비공학회 2013 하계학술발표대회 논문집*, pp.055-058.
- [12] 진윤우, 하지수, 정광수, 김태권, 2009. 가정용 냉장고의 열손실 정량화 및 민감도에 관한 연구. *대한설비공학회 2009 동계학술발표대회 논문집*, pp.221-228.
- [13] 민만기, 1978. 습공기선도의 해석. *설비저널*, 7(3), pp.175-191.
- [14] 이진섭, 김석현, 1978. 습공기선도의 이해 및 PsyChart-SAREK 적용이론. *설비저널*, 42(4), pp.16-24.
- [15] 태성에스엔이 FEA사업부, 2006, *유한요소해석 입문과 선형해석*, (주)태성에스엔이.
- [16] 태성에스엔이 FEA사업부, 2006, *Heat Transfer Analysis*, (주)태성에스엔이.

