



텀블러에 액체를 담았을 때 열전달 분석

By 따뜻함을 잃지 말아조

2014012451 김현종

2014012542 성민재

2014012679 장승보

INDEX

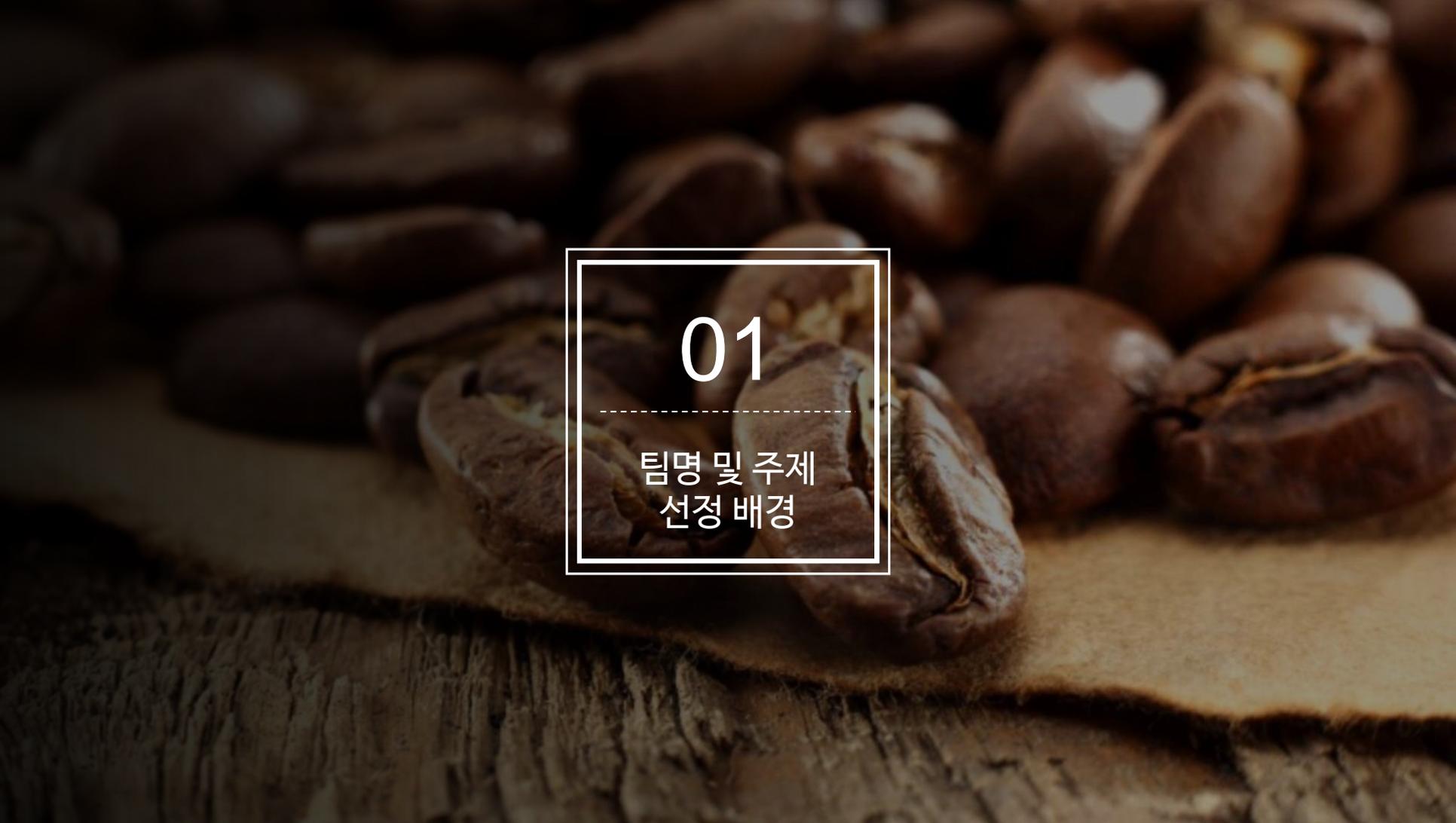
01 팀명 및 주제 선정 배경

02 내부구조 & 상황 설정

03 제작과정

04 결론





01

팀명 및 주제
선정 배경

01 팀명 및 주제 선정배경



자원재활용법에 따라 매장 내
1회용 컵(플라스틱 컵) 사용이
금지되어 있습니다.

머그컵, 텀블러 사용 활성화 등
회용 컵 사용 줄이기에 동참 해주세요.

환경부

01 팀명 및 주제 선정 배경



이름: 텀블러

외부재질: 스테인레스강, 유리, PP 등

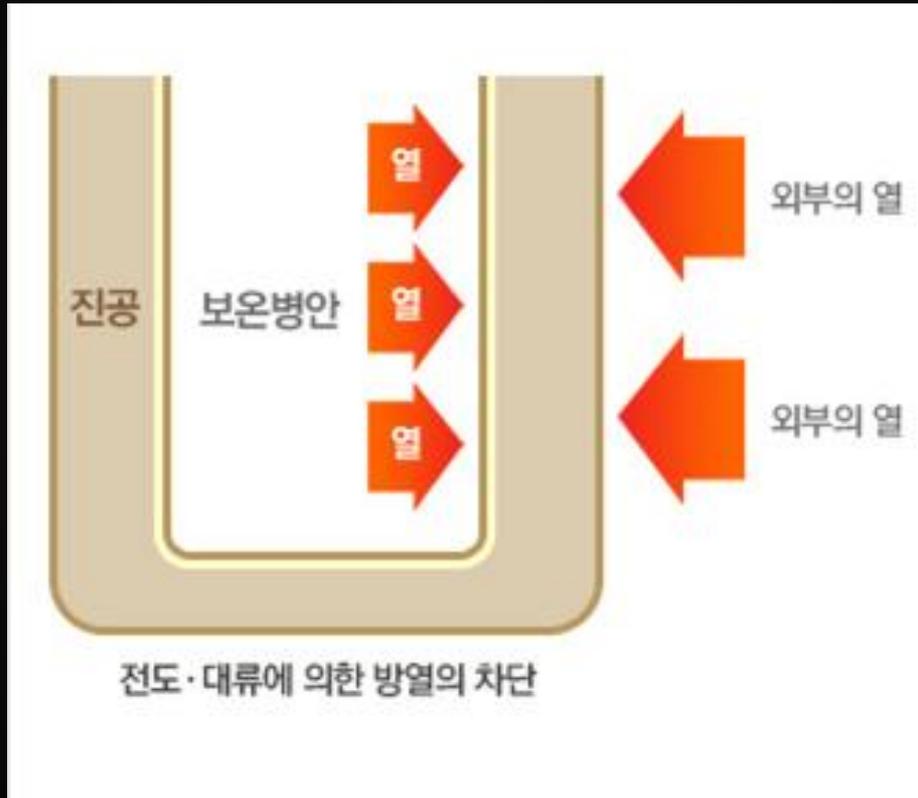
내부재질: 스테인레스강, 유리, 은 등

뚜껑재질: 나일론

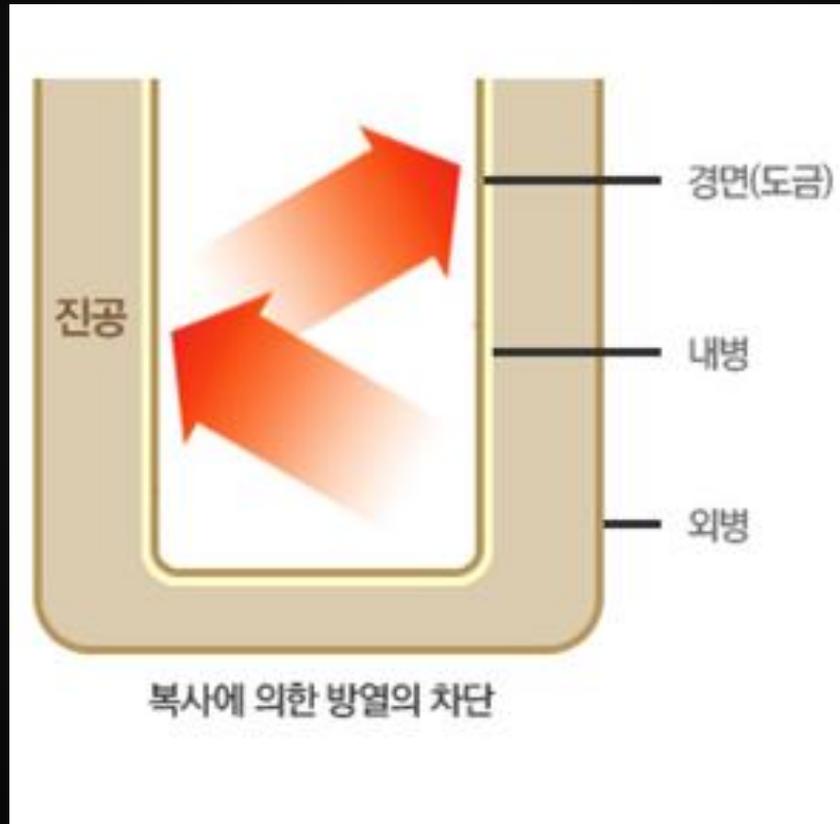
크기: $\phi = 120\text{mm}$, $h = 380\text{mm}$

기타사항: 하단면 단열재 추가

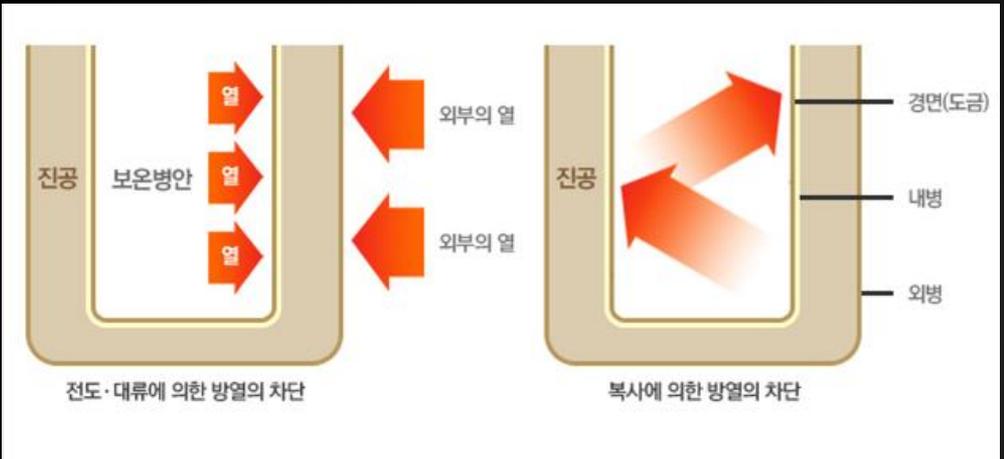
01 팀명 및 주제 선정배경



01 팀명 및 주제 선정배경



01 팀명 및 주제 선정배경



전도와 복사에 각각의 열전달에 따른 보온효과의 표현과 이를 통해 왜 스테인레스강 소재의 텀블러가 주로 쓰이는지 분석.



02

상황설정 &
내부구조

02 상황 설정 & 내부구조

Settings

Parameters

Parameters

Name	Expression	Value
T_coffee	90[degC]	363.15 K
T_amb	20[degC]	293.15 K

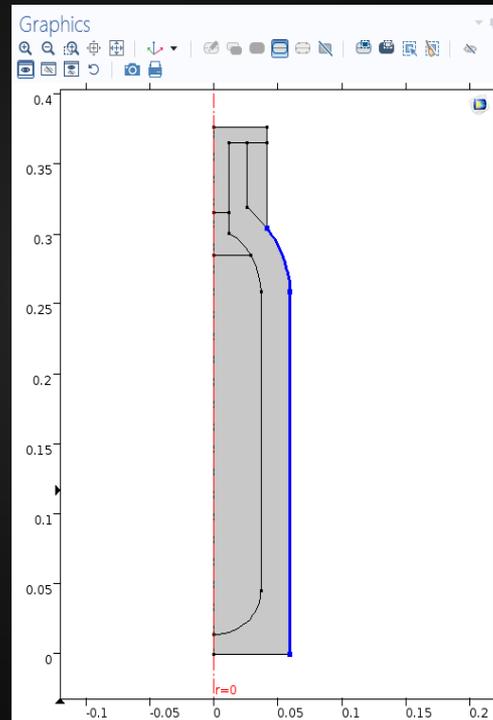
겨울철 실내에 텀블러가
놓여있는 상황.

겨울철 적정 실내 온도:

$$T_{amb} = 20^{\circ}C$$

초기 커피 온도:

$$T_{Coffee} = 90^{\circ}C$$



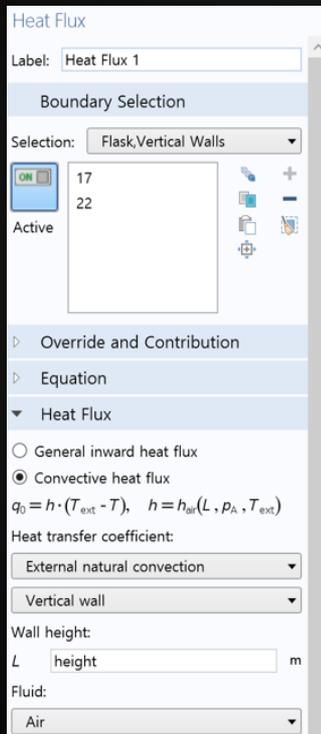
원통형 텀블러

2D axisymmetric -
모델 선정

02 상황 설정 & 내부구조

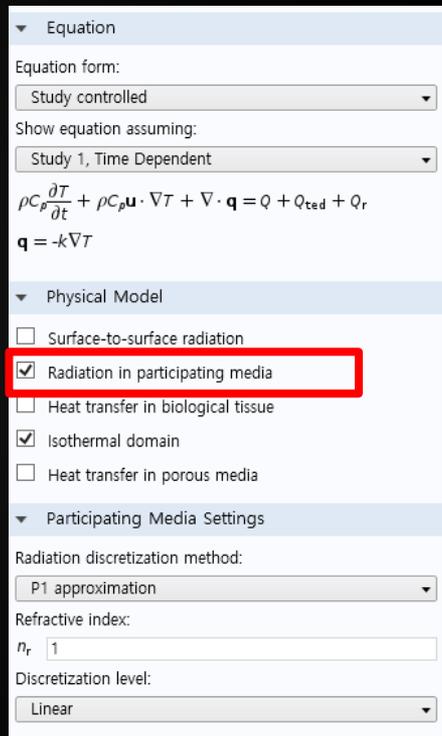
대류

뚜껑, 텀블러의 외벽에
공기와의
Convective heat flux 추가

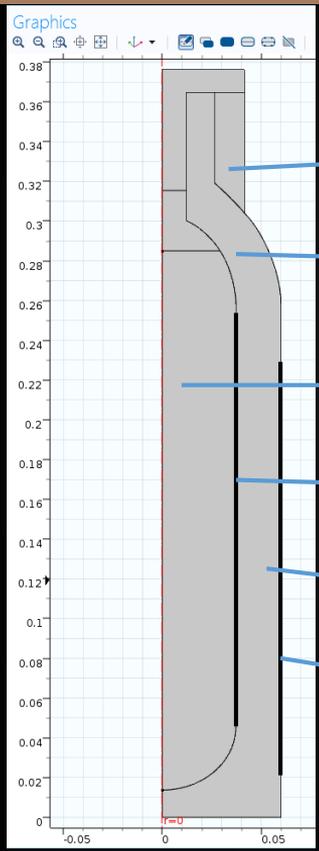


복사

텀블러의 내벽에
Radiation에 의한
열 교환 추가



02 상황 설정 & 내부구조



뚜껑부분: 나일론

공기부분

액체: 커피

내부 재질: 스테인레스강, 은, 유리

진공부분

외부 재질: 스테인레스강, 유리, PP

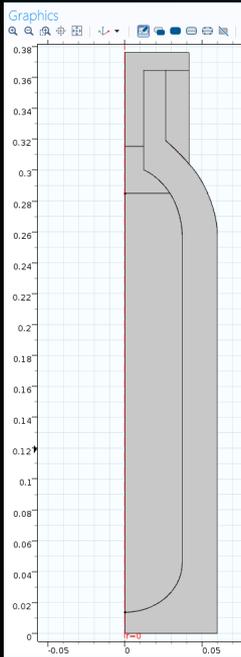
- Materials
- ▷ Air (mat1)
 - ▷ Water, liquid (mat2)
 - ▷ Nylon (mat3)
 - ▷ Steel AISI 4340 (mat4)
 - ▷ unidealized vacuum (mat5)
 - ▷ plastic (mat6)
 - ▷ glass (mat7)
 - ▷ Silver [solid] (mat8)

A dark, moody photograph of a white ceramic coffee cup filled with coffee. The cup is surrounded by scattered coffee beans on a dark surface. In the background, a glass container is partially visible. A white square frame is overlaid on the right side of the cup, containing the number '03' and the Korean text '제작과정' (Production Process).

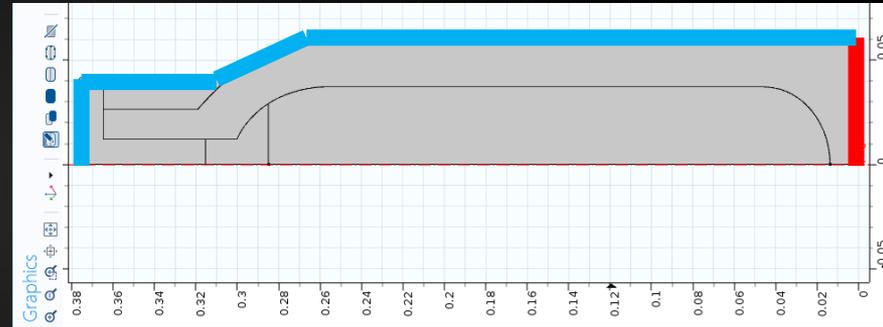
03

제작과정

03 제작과정



1. 2D axisymmetric - Heat transfer in solid - time dependent.



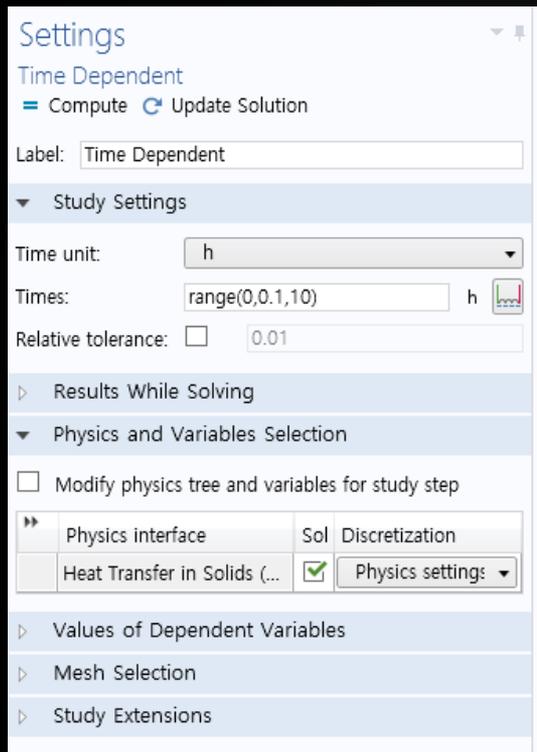
2. 단열조건 (붉은선),
Heat Flux 설정 (파란선)

03 제작과정

The screenshot displays the COMSOL Multiphysics interface for a radiation model. The left-hand tree view shows the project structure, with 'Heat Transfer in Solids (ht)' expanded to show various physics settings. The central 'Diffuse Surface' panel is configured for 'Radiation(Steel-Steel) internal'. Under 'Boundary Selection', the 'Manual' selection method is used, with surfaces 14, 18, and 21 marked as active. The 'Ambient' section is set to 'Temperature (ht)', and the ambient temperature is defined as $T_{\text{amb}} = T_{\text{coffee}}$ in Kelvin. The 'Surface Emissivity' section is set to 'User defined' with a value of 0.12. On the right, a 2D plot shows a cross-section of a component with a blue line representing a temperature profile. The vertical axis ranges from -0.05 to 0.4, and the horizontal axis is labeled 'r=0'.

3.
재질에 따른 표면 방사율.
Radiation에 의한 열 보존 고려

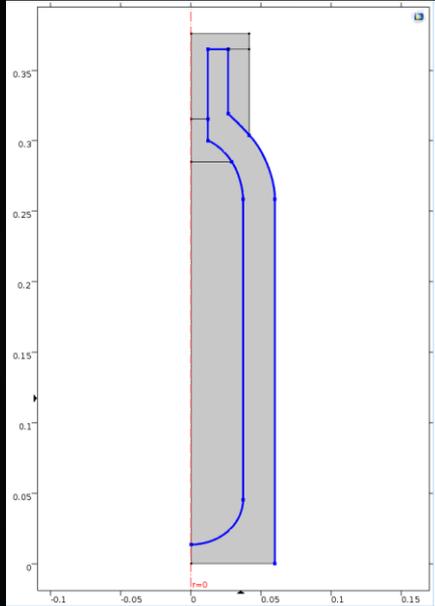
03 제작과정



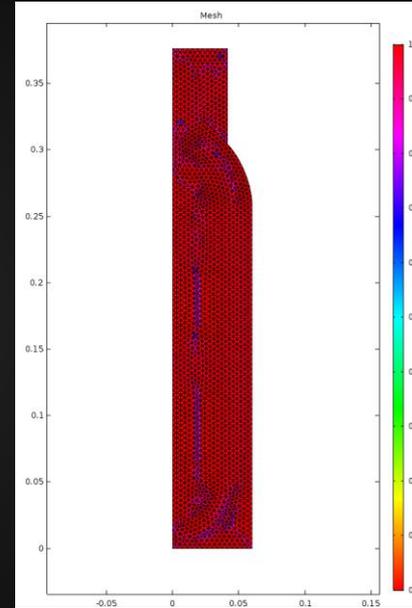
4.
커피가 시간의 변화에 의해서만 온도가 변함
>>> 10시간 해석 진행

초기 커피와 플라스크 온도사이의 기울기
>>> 초기 시간간격 0.1h

03 제작과정



5. Thin layer 설정을 통해 두께 설정



6. Mesh 생성 및 Study

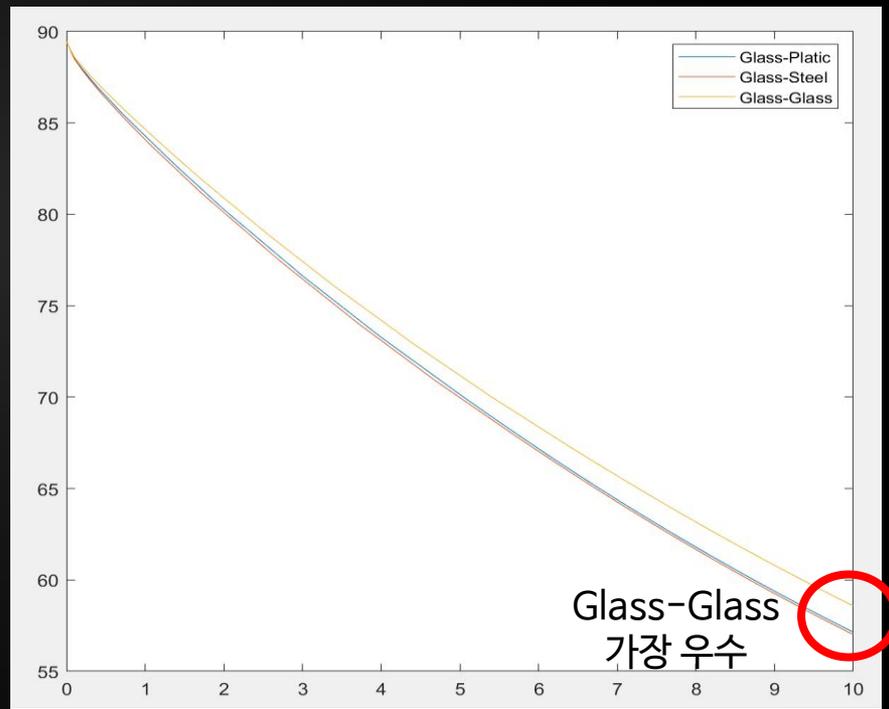
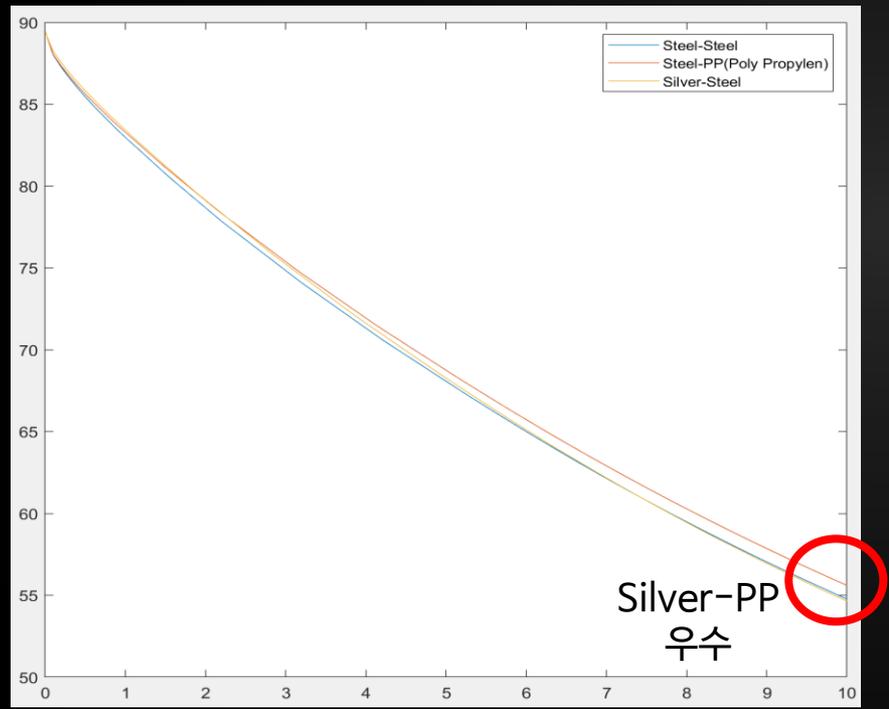


04

결과 및 고찰

04 결과 및 고찰

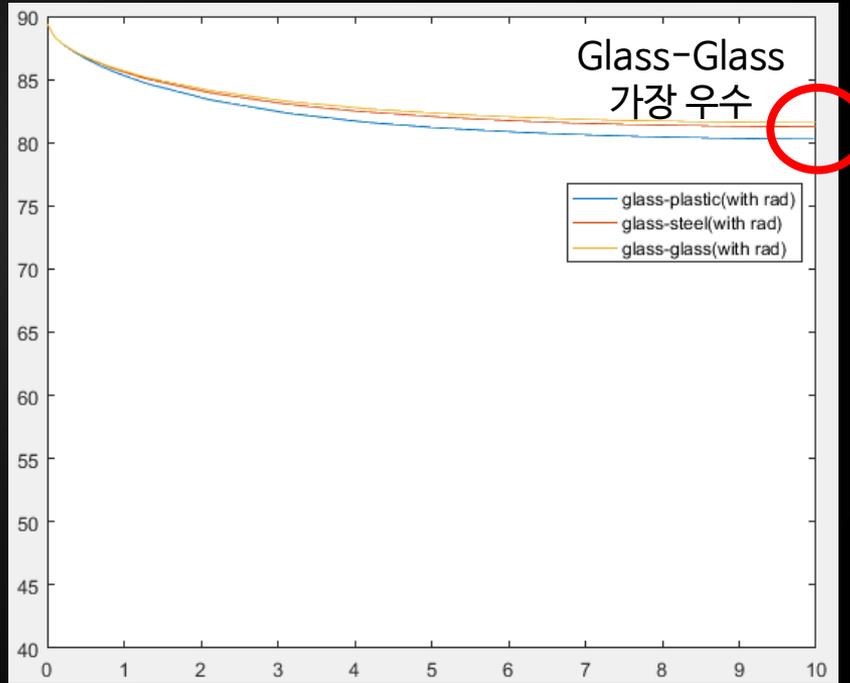
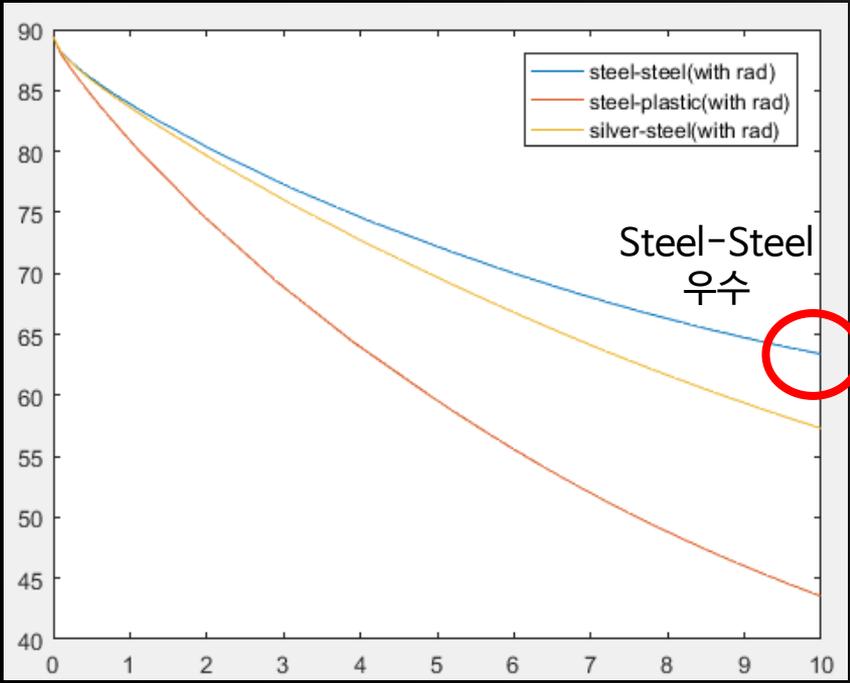
Convection만을 고려 (Radiation 미고려)



04 결과 및 고찰

Surface emissivity (표면방사율) >>> 1에 가까울수록 흑체와 가깝다.
Steel = 0.12, Glass = 0.9, Silver = 0.02, PP = 약 0.88

Radiation 고려시,



04 결과 및 고찰

Surface emissivity (표면방사율):

Steel = 0.12, Glass = 0.95, Silver = 0.02, PP = 약 0.88

항목	(내부-외부) 재료	Steel-Steel	Steel-PP	Silver-Steel	Glass-PP	Glass-steel	Glass-Glass
		10H 후 최종온도 without radiation	54.774 °C	55.607 °C	54.646 °C	57.141 °C	57.009 °C
10H 후 최종온도 with radiation		63.372 °C	43.527 °C	57.283 °C	80.266 °C	81.249 °C	81.575 °C

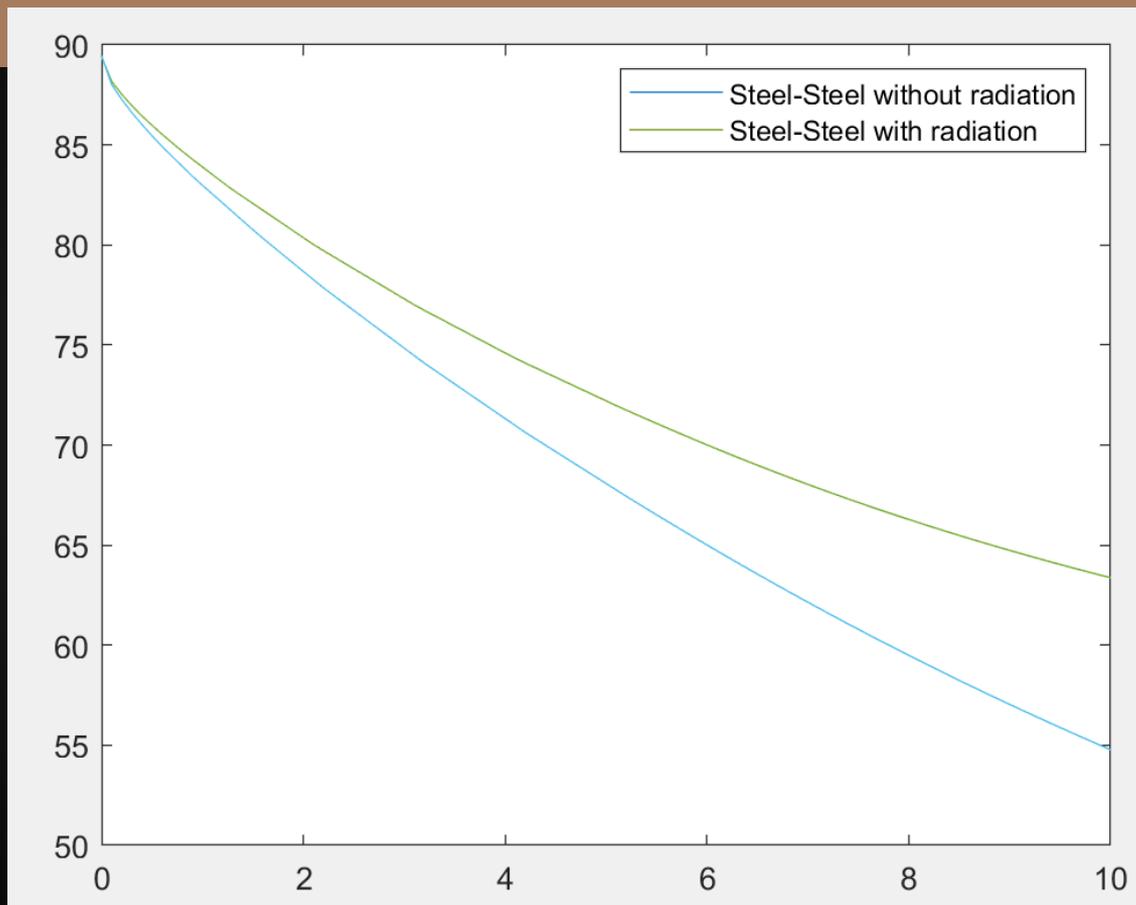
Silver-PP
우수Glass-Steel
최악

04 결과 및 고찰

Radiation 고려 유무에 따라

Radiation을 고려하지 않은 상황과 비교했을 때, 외부 벽면과 내부 벽면 사이에서 열 방출이 아닌 교환이 일어나기 때문에 온도가 더 빠르게 떨어지지 않는다.

Radiation을 고려한 상황이 실제 온도변화와 더 비슷하게 나타났다.



04 결과 및 고찰

부족했던 점

열 복사, 대류, 전도에 의한 열전달 Simulink 를 만들어보려고 했지만, Flux를 활용한 분석이 불가능했고, Simulink 모델이 아닌 Simscape나 Thermolib 을 통해서 모델 해석이 가능했다.

실제 텀블러는 외벽 안쪽면과 바깥쪽면 그리고, 내부 물통 안쪽면과 바깥쪽면의 재료가 다르다. COMSOL 상에서 Thin layer 표현을 하던 중, 실제와는 차이가 있는 구조의 보온병을 만들었기 때문에 Steel-Steel이 Silver-Steel 보다 더 성능이 우수하게 측정됐다.

외벽과 내벽의 소재가 같은 Steel-Steel, Glass-Glass는 실제 수치와 매우 비슷할 것이라고 예상된다.



Q & A

감사합니다