

CFD 입문자를 위한 모든 것

열 해석의 시작과 끝



CONTENTS Day-2

열해석의 시작과 끝

Part 1. 열유동 해석의 이론

Part 2. 열유동해석의 예시

Part 3. NFX를 활용한 실습

다양한 유체 해석 사례 소개

Part 1. 기능별 해석 사례 소개

열은 무엇인가?



보통 열이라고 하면

출처 : youtube 국가과학기술연구회nst

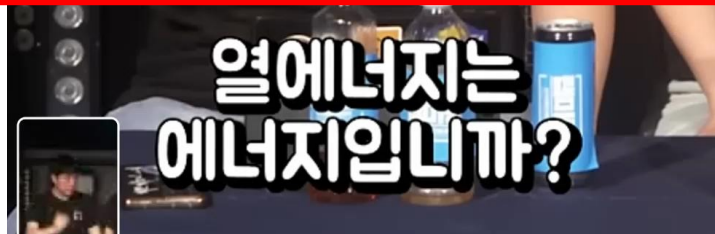
열, 에너지를 전달 하는 방법



✓ 열 : 온도 차이에 의해 경계를 통해 전달되는 에너지 전달 방식



✓ 열 에너지 : 시스템이 보유한 에너지

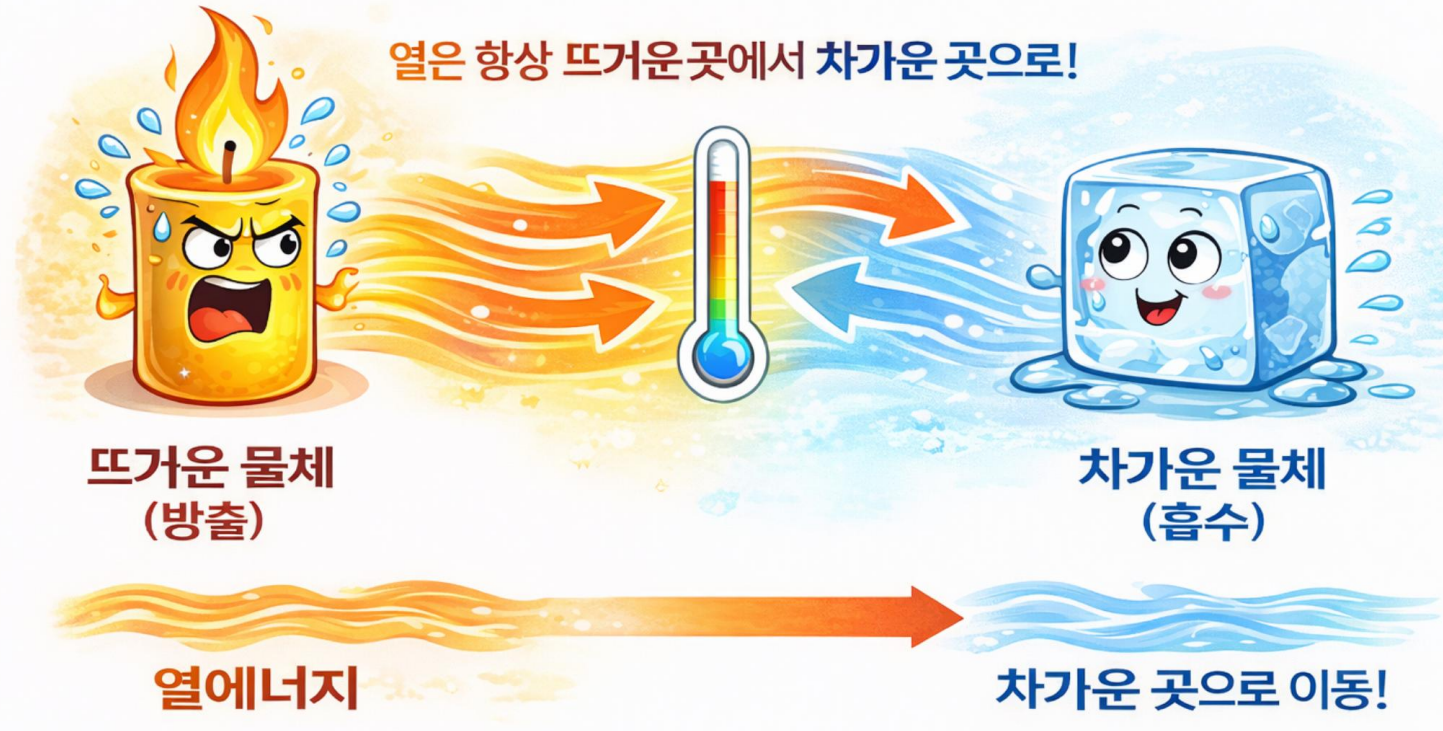


출처 : youtube Unrealscience

열의 이동이란?

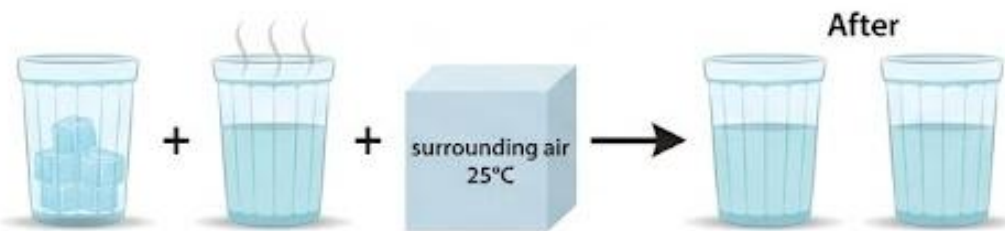
뜨거운 것은 **열을 방출**하고, 차가운 것은 **열을 흡수**해요.

열은 뜨거운 곳에서 차가운 곳으로 이동해요!



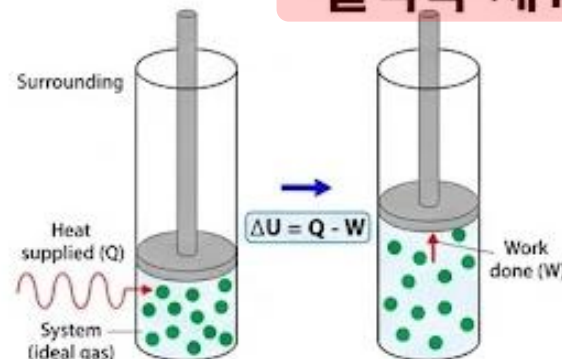
열역학 법칙

열역학 제0법칙



온도가 다르면 열이 이동하며, 모든 물체가 같은 온도가 되면 열평형 상태에 도달한다.

열역학 제1법칙

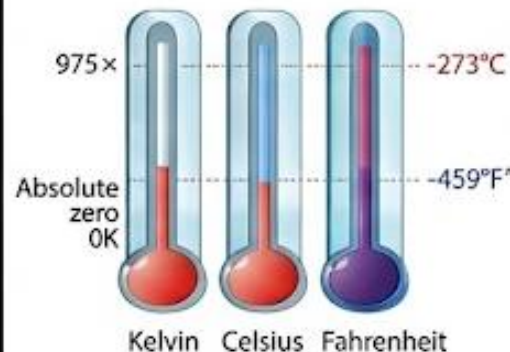


에너지는 생성되거나 소멸되지 않으며, 다른 형태로 전환될 뿐 그 총량은 보존된다.

열역학 제2법칙



열역학 제3법칙

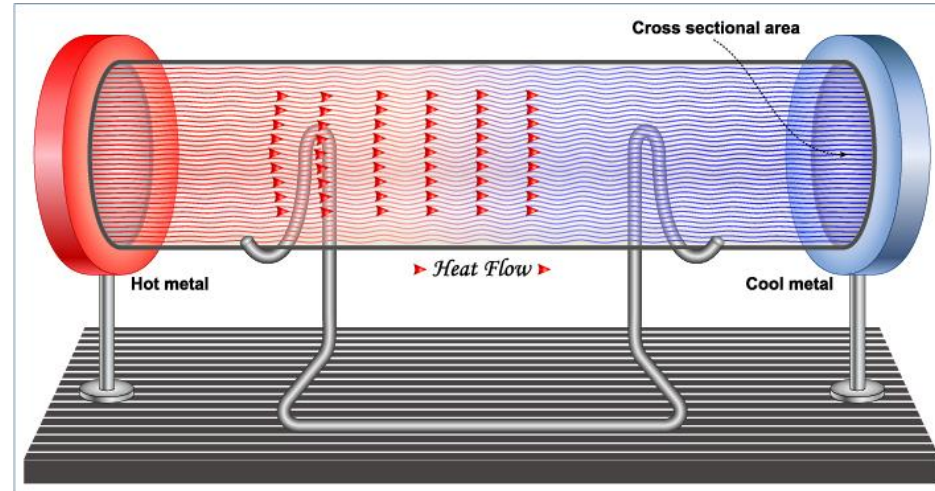


절대온도 0K에 가까워질수록 완전결정 물질의 엔트로피는 0에 수렴한다. (분자 운동의 최소 상태)

열 흐름의 이해



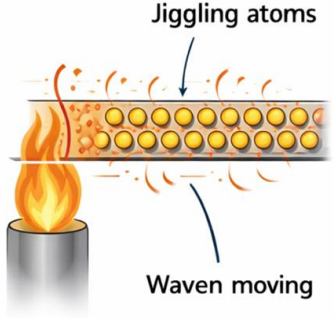
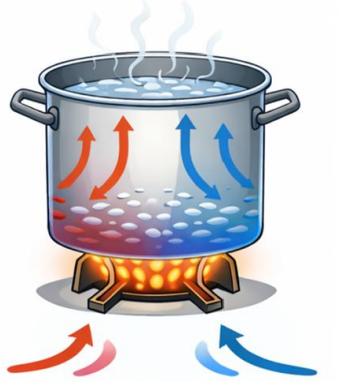
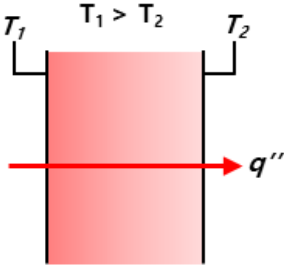
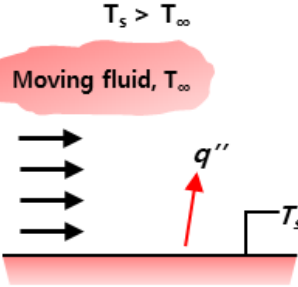
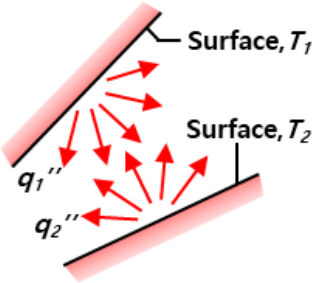
열, 온도에 대한 이해



열역학 제 2법칙, 엔트로피

- 에너지 흐름의 방향성에 대한 법칙 (총량에 대한 것은 1법칙)
- 열은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐른다
- 인위적인 일이 없으면 비가역적이다
- 우주의 무질서도는 증가한다(엔트로피가 증가하는 방향으로 현상이 발생한다)

CFD 열전달 메커니즘의 정리

		
Conduction through a solid or a stationary fluid	Convection from a surface to a moving fluid	Net radiation heat exchange between two surfaces
		

전도 : 고체 원자의 열전달

대류 : 유체 원자의 열전달

복사 : 매질(열전달 물질) 없이 발생하는 열전달

Conduction : Molecular interaction

Convection : Fluid motion

Radiation : Electromagnetic wave

발열? 열유속?

Surface Heat Flux



Heat Flux

Ironing Clothes

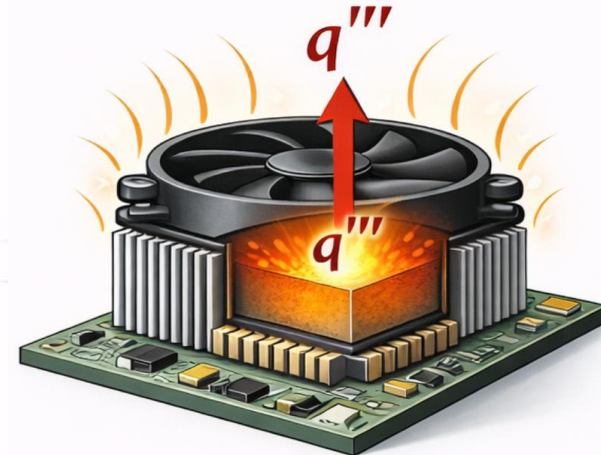
q'' : Heat flux (W/m^2)

q : Heat generation (W)

A : Surface area (m^2)

열유속 : 특정 면을 통해 열이 전달되는 경우

Internal Heat Generation



Heat Generation

CPU Performance

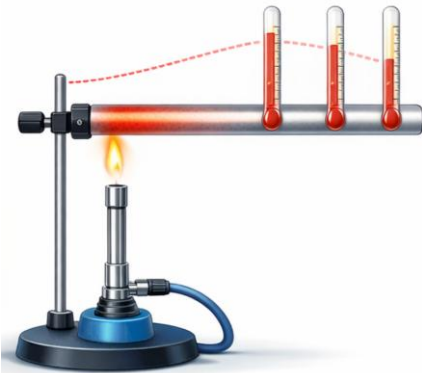
k : Thermal conductivity (W/m-K)

dT/dn : Temperature gradient

발열 : 부피가 있는 물체에서 열이 발생하여 전달 되는 경우

CFD 열 전달 메커니즘 수식화

전도 conduction



분자가 열에너지로 인해 진동하여 이웃한 분자에 충돌하여 열에너지를 전달

$$\vec{q} = -k\nabla T$$

$\vec{q}$: 열유속

k : 전도율

∇T : 온도차

대류 Convection



열에너지를 지닌 유체가 직접 이동하여 열에너지 전달

$$\frac{dQ}{dt} = h \cdot A(T_{env} - T(t))$$

Q : 열 에너지

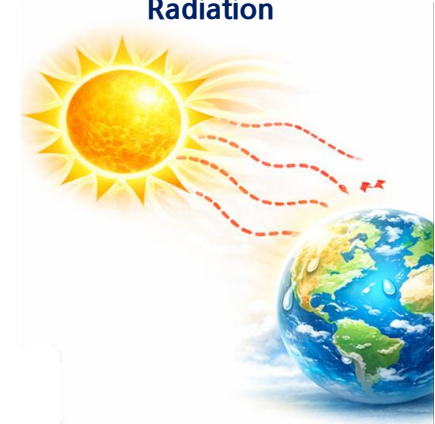
h : 대류계수

A : 열전달 대상의 면적

T_{env} : 주변 온도

T : 열전달 대상의 표면 온도

복사 Radiation



열에너지가 매질 없이 전자기파 형태로 전달

$$\dot{Q}_{1 \rightarrow 2} = \sigma A_1 F_{1 \rightarrow 2} (T_1^4 - T_2^4)$$

σ : 스테판-볼츠만 상수

$F_{1 \rightarrow 2}$: 형상 계수

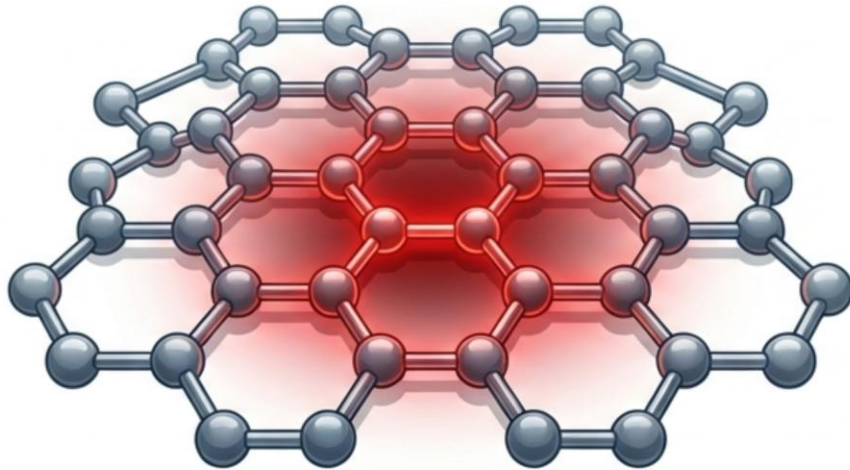
열 접촉에 대한 사실



입자로 이루어진 열전달?

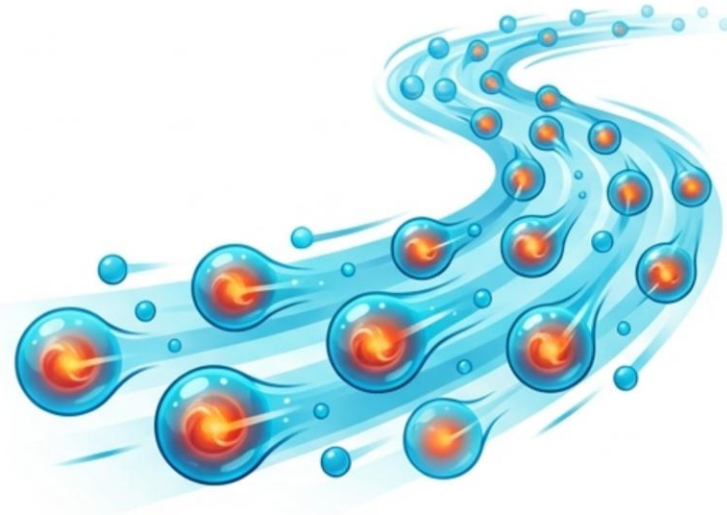
전도 (Conduction)

- 고체 (Solid) 내부의 전달
- 매질의 이동 없음
- 제자리에서 에너지를 전달



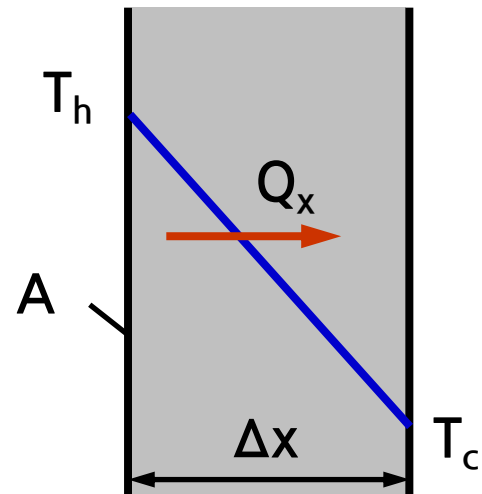
대류 (Convection)

- 유체 (Fluid) 거동에 의한 수송
- 매질이 에너지를 직접 품고 이동
- 물리적인 공간을 가로지르는 역동성



전도

전도 열전달 - 푸리에의 법칙(Fourie's Law)



$$Q_x \propto \frac{\Delta T}{\Delta x} \cdot \Delta t \cdot A \quad [\text{J}]$$

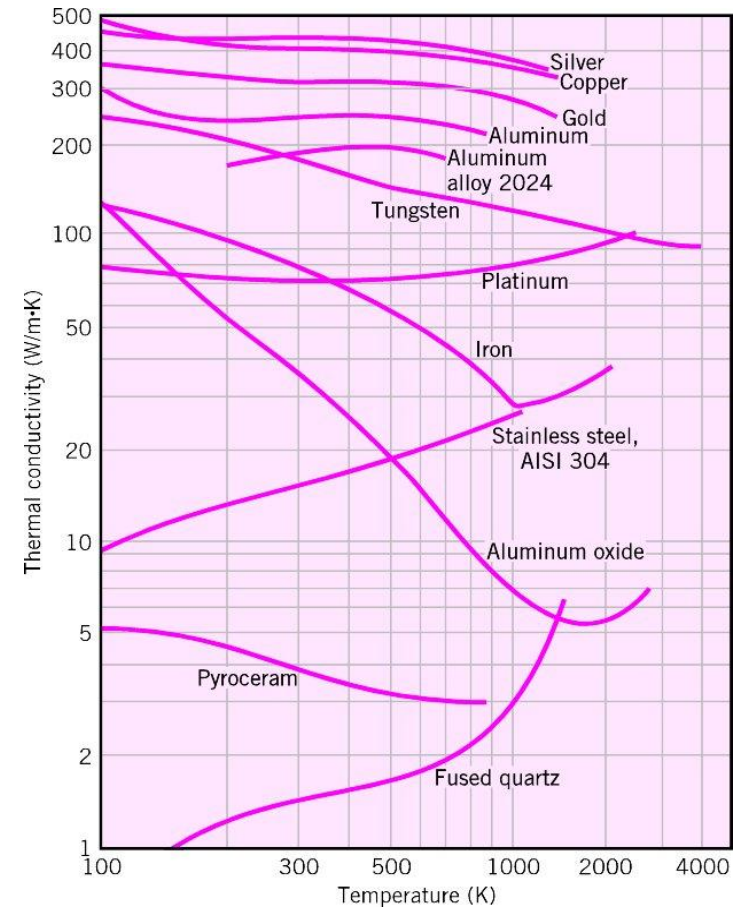
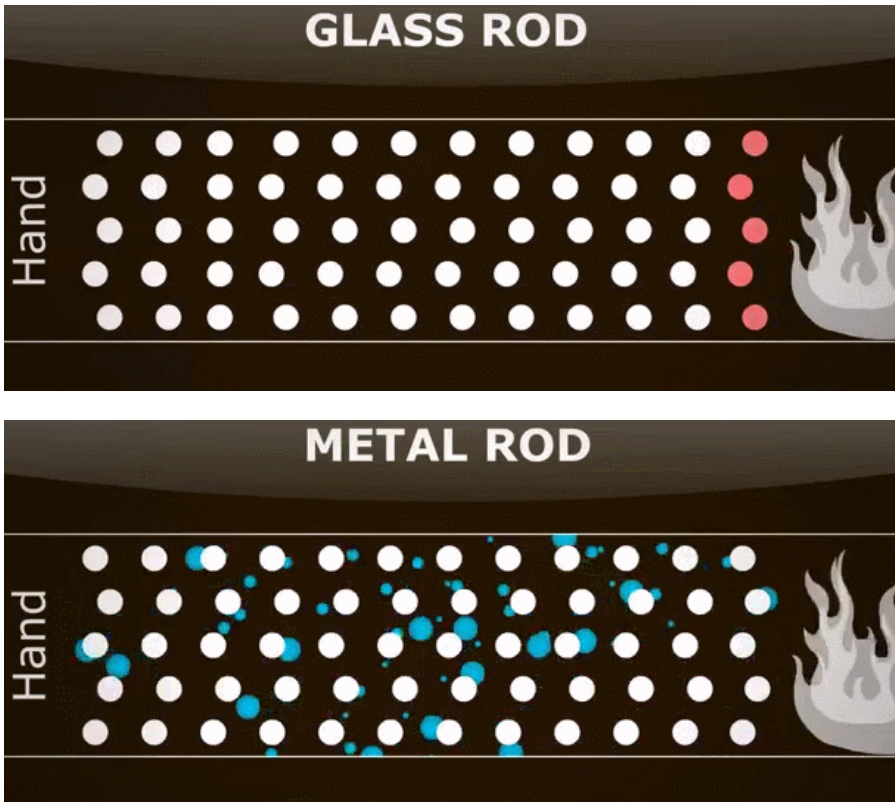
heat flux

$$q_x'' = \frac{Q_x}{A \Delta t} \propto \frac{\Delta T}{\Delta x} = -k \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad [\text{J}/(\text{m}^2\text{s}) = \text{W}/\text{m}^2]$$

$$\text{As } \Delta x \rightarrow 0, \quad q_x'' = -k \frac{\partial T}{\partial x}$$

k : thermal conductivity $[\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}]$

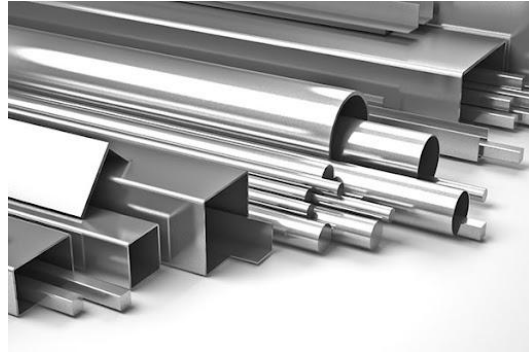
전도 열전달계수 이해



전도 열전달 원리



전도 열전달계수 이해

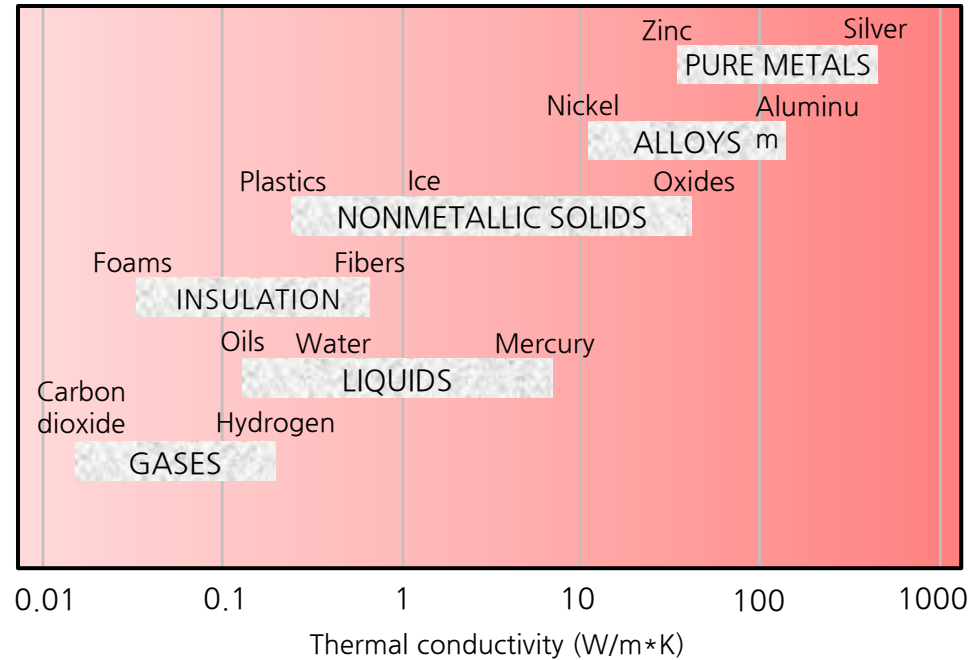


열 전도율 이해

순서	재료	재료 이미지	k (W/m·K)
1	우레탄 폼		0.02 ~ 0.03
2	물		~0.6
3	유리병		~1.0
4	SUS304		~15
5	후라이팬 (스테인리스)		~15 ~ 20
6	후라이팬 (알루미늄)		~150 ~ 220
7	구리 선		~400

* k (W/m·K): 열전달 계수 (conductivity)

전도 열전달계수 이해



Material	W(m·K)
Diamond	2300
Copper	401
Gold	317
Aluminum	237
Iron	80.2
Glass	0.78
Water	0.613
Hunman Skin	0.37
Wood	0.17
Air(g)	0.026

전도 열전달계수 재료물성치 정의

재료

번호: 2 이름: AIR_25° C-1 색상:

All

FRESH_WATER_0° C
FRESH_WATER_25° C
FRESH_WATER_50° C
SEA_WATER
AIR_0° C
AIR_25° C
AIR_50° C
AIR
OXYGEN_25° C
HELIUM_25° C
NITROGEN_25° C
CARBON_MONOXIDE_25° C
CARBON_DIOXIDE_25° C
WATER_VAPOR_25° C
ARGON_25° C
HYDROGEN_25° C
CHLORINE_25° C
FLUORINE_25° C
AMMONIA_LIQUID
AMMONIA_VAPOR_25° C
SULFUR_DIOXIDE_25° C
METHANE_25° C
ACETYLENE_25° C
ETHANE_25° C
PROPANE_25° C
PROPYLENE_25° C
ETHYLENE_25° C
GLYCERIN
GASOIL_LIQUID
GASOIL_VAPOR_25° C
DIESEL_LIQUID
ETHYL_ALCOHOL_LIQUID
ETHYL_ALCOHOL_VAPOR_25° C
METHYL_ALCOHOL_LIQUID
METHYL_ALCOHOL_VAPOR_25° C
ETHYLENE_GLYCOL
BENZENE_LIQUID
BENZENE_VAPOR_25° C
MERCURY
TOLUENE_LIQUID
TOLUENE_VAPOR_25° C
NITROUS_OXIDE_0° C
SILANE_25° C
TETRAFLUOROMETHANE_25° C
OCTAFLUOROCYCLOBUTANE_25° C
NITROGEN_TRIFLUORIDE_25° C
SULFUR_HEXAFLUORIDE_25° C

유체 (유동해석)

유체
모델: 비압축성

질량밀도: 1.1845 kg/m³ 없음

일반화된 뉴턴 유체
☒ 점성: 1.8444e-05 kg/(m·sec) 없음
☐ 비뉴턴 점성: 상세정의

몰질량: 0.02897 kg/mol 없음

표면장력: 0 N/m 없음

압축률: 0 sec²/m³ 없음

가속도장
Tx: 0 m/sec² 없음
Ty: 0 m/sec² 없음
Tz: 0 m/sec² 없음

열
비열: 1006 J/(kg·[T]) 없음
전도율: 0.0242 W/(m·[T]) 없음
부유도: 0 없음
열원: 0 W/m³ 없음

물질이송
확산계수: 2.82e-05 m²/sec 없음
소스: 0 1/sec 없음

복사
흡수계수: 0 1/m 없음
산란계수: 0 1/m 없음
산란 위상합수: 0
굴절률: 0

불러오기... 편집... 확인 취소 적용

열
비열: 1006 J/(kg·[T]) 없음
전도율: 0.0242 W/(m·[T]) 없음
부유도: 0 없음
열원: 0 W/m³ 없음

열 전도의 병목현상 : 공기 단열층

- 표면적의 90%를 차지하는 '공기 단열층'
- 공기의 열전도율($k \approx 0.026$)은 금속보다 수만 배 낮아 심각한 온도 단절(Temperature Drop)을 유발합니다.



대류



대류의 열전달의 이행

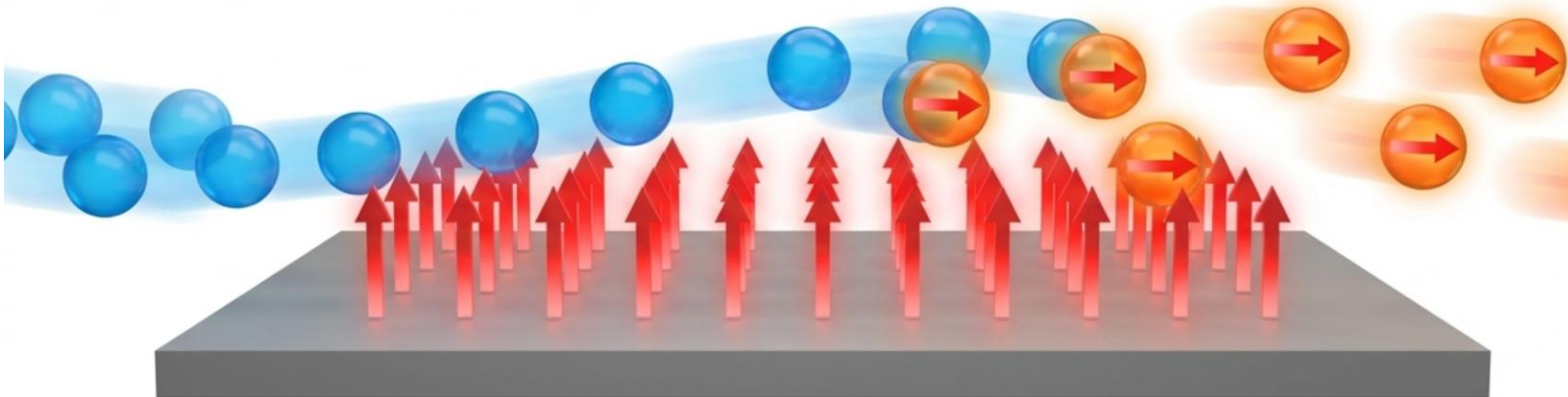
대류(Convection): 에너지를 직접 수송하는 유체의 역동성

$$q = h(T_{wall} - T_{\infty})$$

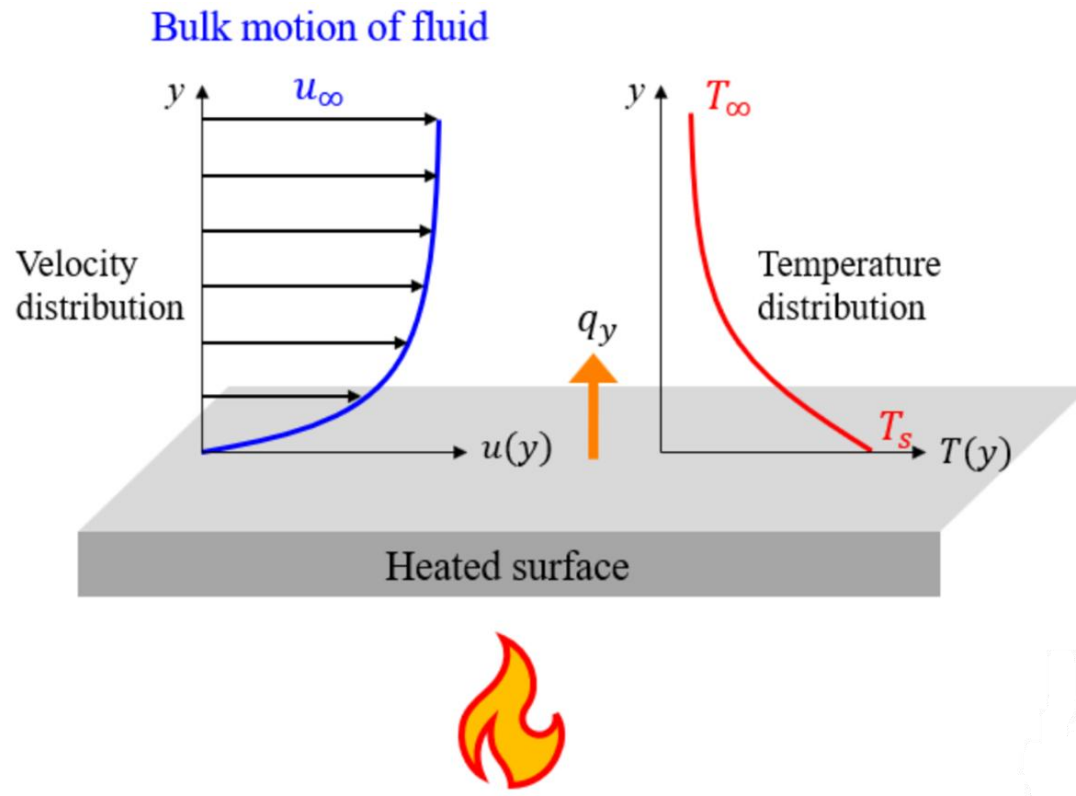
(대류 열전달계수 h 의 지배)

표면까지 힘겹게 도달한 열에너지.

이제 유체 입자가 열을 직접 가로채어 물리적인 공간을 이동하며 수송합니다.



대류 열전달 현상과 대류 열전달 계수



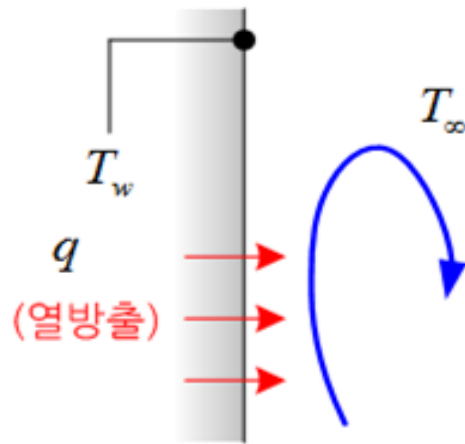
- Bulk motion of fluid (유체의 운동)
유체가 실제로 움직이면서 열을 운반하는 효과
- Temperature distribution (유체의 열전달)
분자 전도 효과

대류 열전달계수 이해



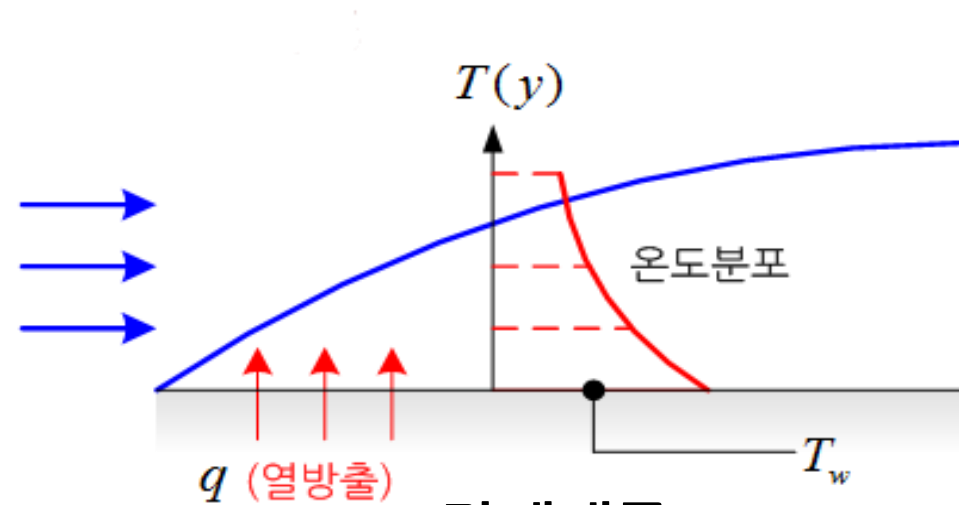
대류 열전달계수 구분

<Natural Convection>



자연대류

<Forced Convection>



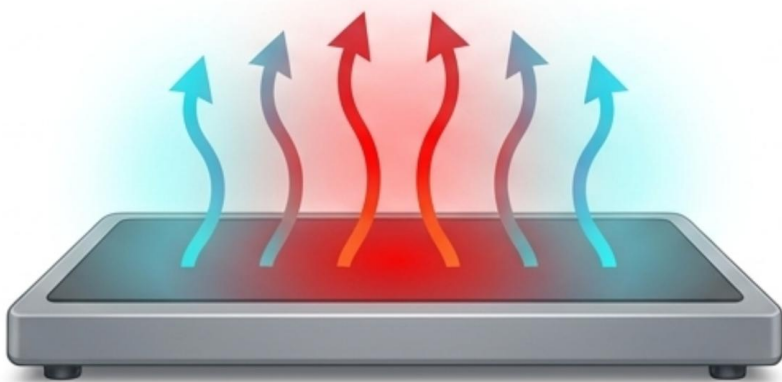
강제대류

대류 열전달계수 구분

부력에 의한 느린 흐름 vs 동력에 의한 강제 탈취

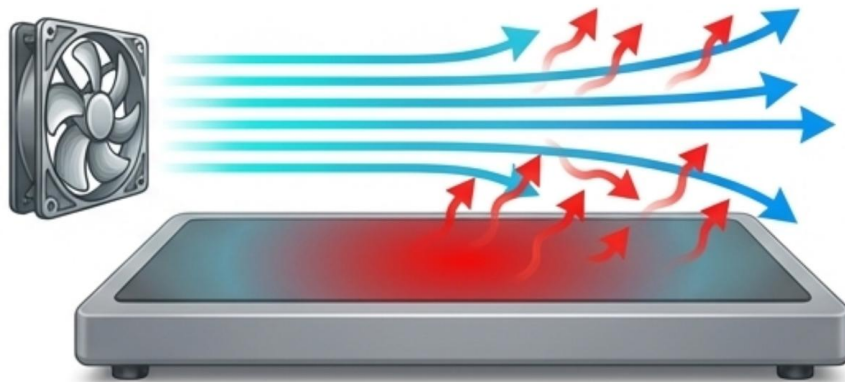
자연 대류 (Natural)

- 부력(Buoyancy)에 의한 밀도 차이 이동
- 두꺼운 경계층 정체
- 느린 열적 평형 도달



강제 대류 (Forced)

- 팬(Fan) 물리적 동력
- 열 경계층의 무자비한 파괴
- 압도적인 국부 냉각 효율



대류 열전달계수 구분

<Natural Convection>

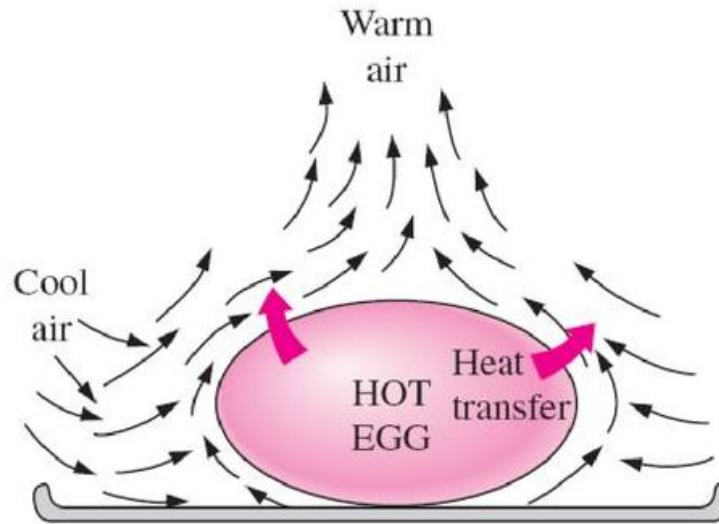


<Forced Convection>



대류 열전달계수 구분

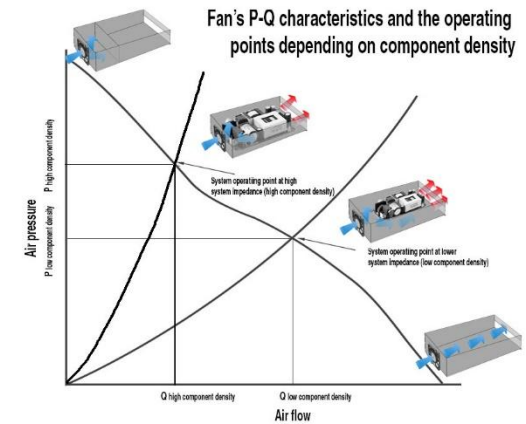
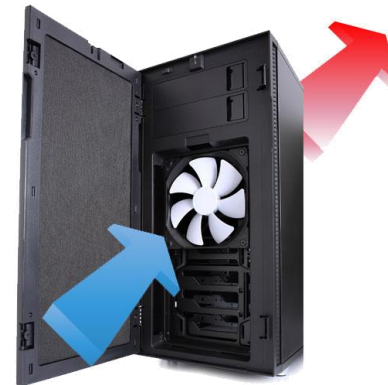
〈Natural Convection〉



자연대류

<https://slideplayer.com/slide/16931023/>

〈Forced Convection〉

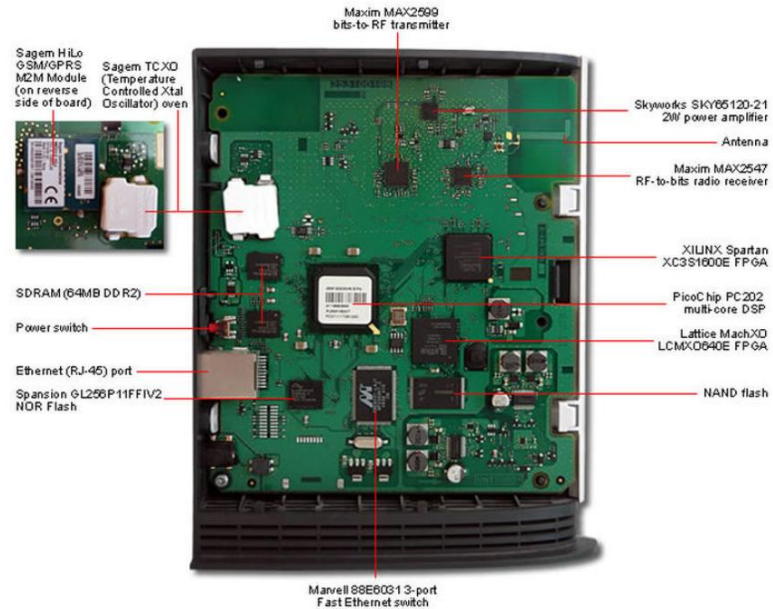


강제대류

<https://www.engineerlive.com/content/design-system-cooling-using-dc-axial-fans>

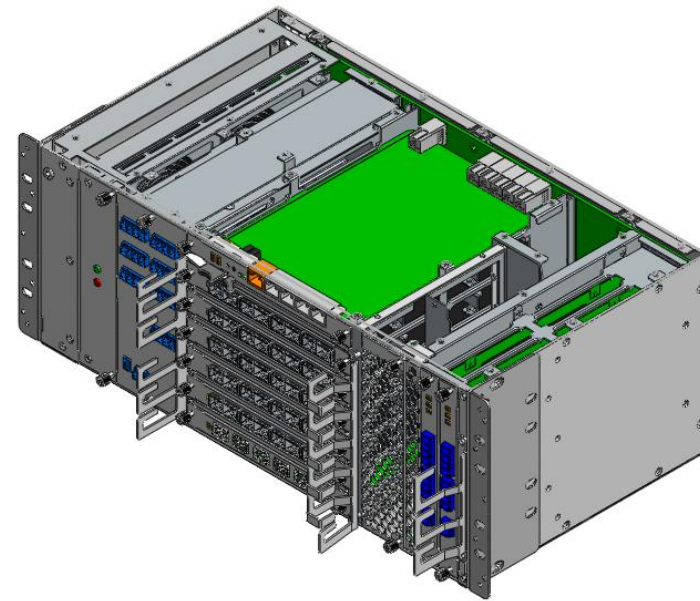
대류 열전달계수 구분

<Natural Convection>



자연대류

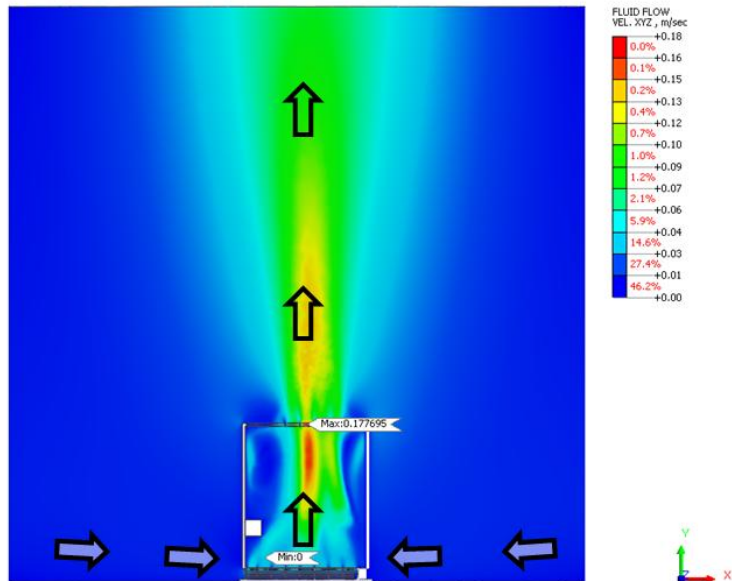
<Forced Convection>



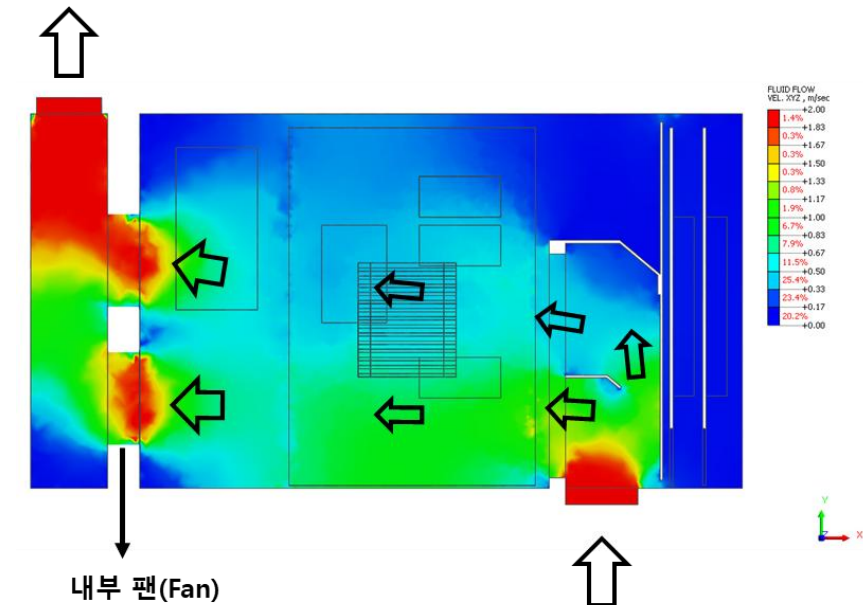
강제대류

대류 열전달계수 구분

〈Natural Convection〉



〈Forced Convection〉



대류 열전달계수 해석조건 적용

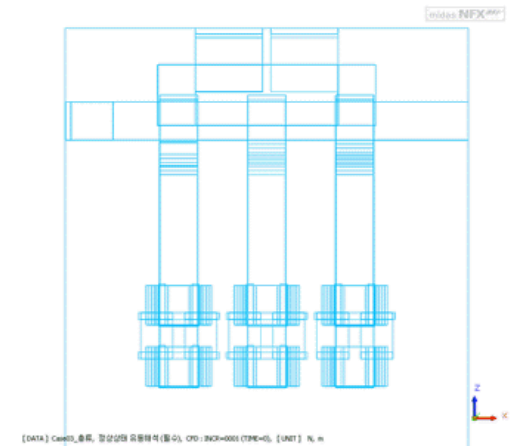
<Natural Convection>

대류조건 h 값 상수 적용 (상승기류 영향없을시)

자연대류 (W/m²·K)		강제대류 (W/m²·K)	
0.3m 수직평판, 공기	4.5	0.2m 수직평판, 2m/s 공기	12
수평원통, 지름 5cm	6.5	0.75m 수직평판, 35m/s 공기	75
		지름 2.5cm, 관 10m/s 공기	65
		지름 5cm, 관 50m/s 공기	180
		지름 2.5cm, 관 0.5kg/s 물	3500

<Forced Convection>

유동해석을 통한 위치별 h 값 계산



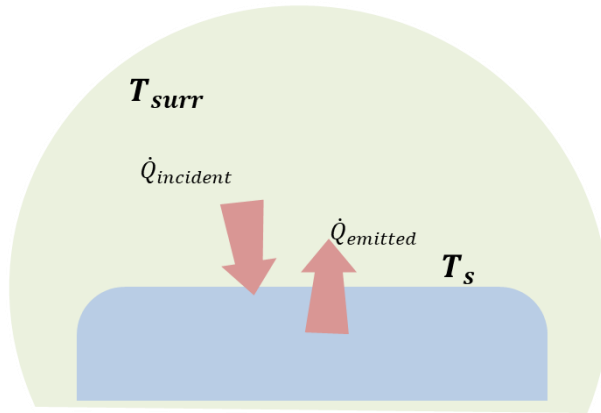
복사



복사에 대한 이해



복사에 대한 고민



$$\dot{Q}_{rad} = \epsilon \sigma A (T_s^4 - T_{surr}^4) [W]$$

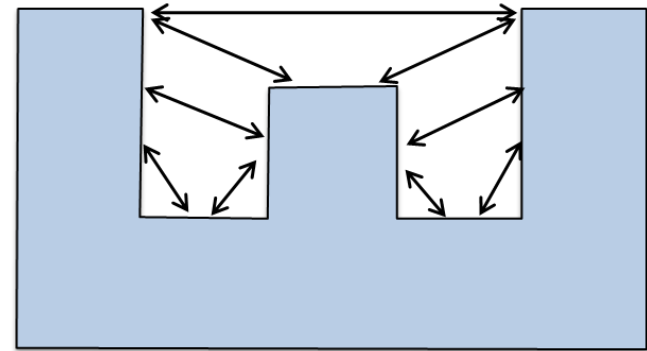
ϵ : 방사율 ($0 \leq \epsilon \leq 1$)

σ : Stefan-Boltzmann 상수
($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{T}^4$)

T_s : 고체 표면 온도

T_{surr} : 주변 공기 온도

A : 고체 표면 면적



방열이란?

생활 속의 방열



생활 속의 방열



생활 속의 방열



생활 속의 방열



+



전도 + 대류

Fourier's Law

$$q''_x = \overset{[W/m^2]}{\underset{\substack{\uparrow \\ \text{Thermal Conductivity}}}{k}} \overset{[W/m \cdot K]}{\frac{\partial T}{\partial x}} = -k \nabla T$$

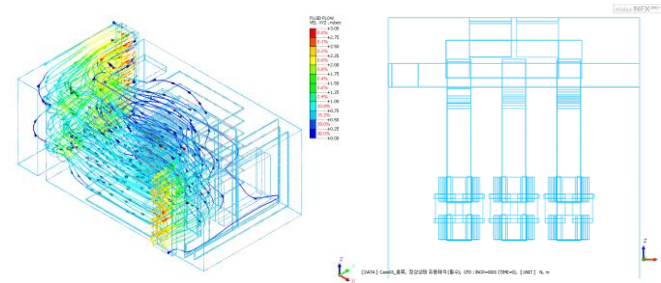
Thermal Conductivity

중량	1006	J/(kg·[T])	선택
열전도	0.0242	W/(m·[T])	선택
부유도	0		선택
밀도	0	W/m³	선택

Newton's Cooling Law

$$q'' = \overset{[W/m^2 \cdot K]}{h} (T_s - T_\infty)$$

Heat Transfer Coefficient



대표적 방열 설계

실무에서의 열 방열 설계

- ✧ 직접 공기 냉각(Direct Air Cooling)
- ✧ 유체 분사 냉각(Impingement Cooling)
- ✧ 냉각 플레이트 (Cold plate)
- ✧ 히트 파이프(heat pipe)
- ✧ 침지 냉각(Immersion Cooling)
- ✧ 열전 냉각(Thermoelectric Coolers)
- ✧ 방열 면전 확장(Extended Surfaces (e.g Heat Sinks))

대표적 방열 설계 방안

실무에서의 열 방열 설계

- ✿ 직접 공기 냉각(Direct Air Cooling) : 팬과 같이 강제 대류를 통해 공기로 직접 냉각하는 방법



대표적 방열 설계 방안

실무에서의 열 방열 설계

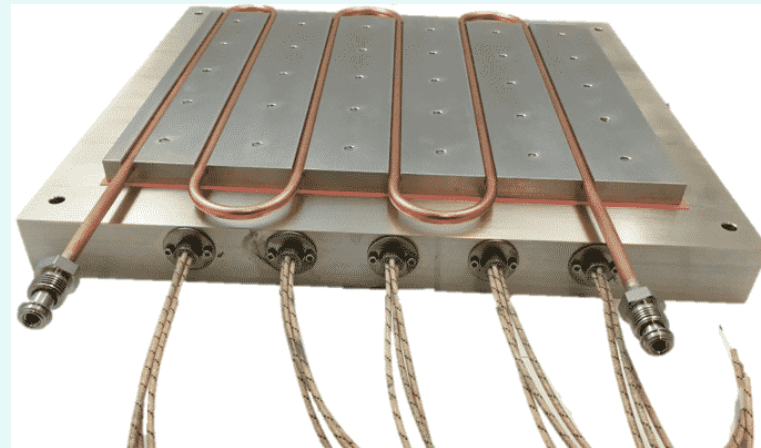
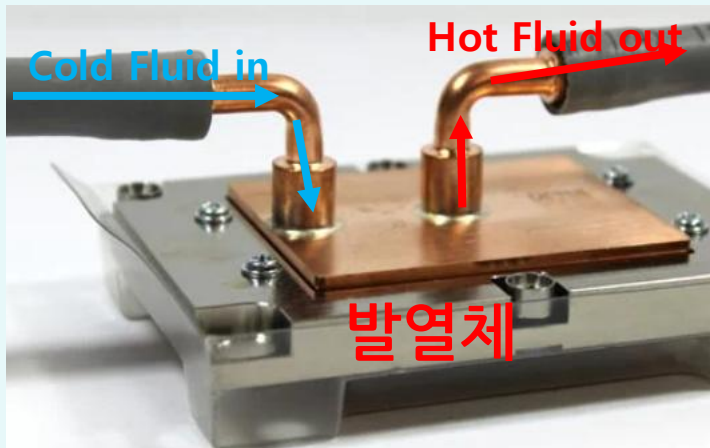
- ✿ 유체 분사 냉각(Impingement Cooling) : 발열 장비에 유체를 분사시켜 장비를 냉각하는 방법



대표적 방열 설계 방안

실무에서의 열 방열 설계

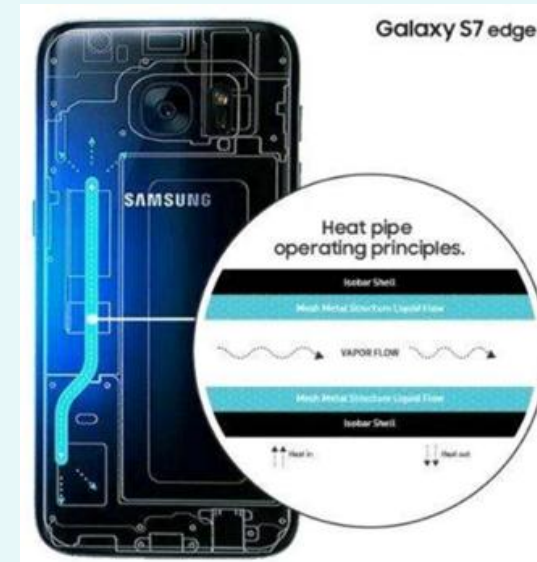
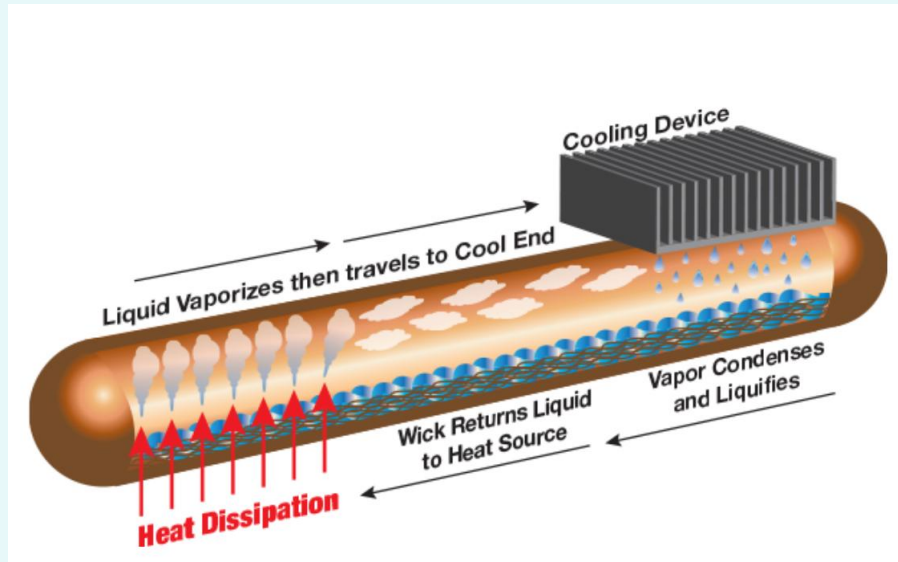
- ❖ 냉각 플레이트 (Cold plate) : 금형 구조물 내부 유체를 흘려 보내 냉각하는 방법



대표적 방열 설계 방안

실무에서의 열 방열 설계

- ❖ 히트 파이프(heat pipe) : 유체의 상변화를 이용한 냉각 방법



대표적 방열 설계 방안

실무에서의 열 방열 설계

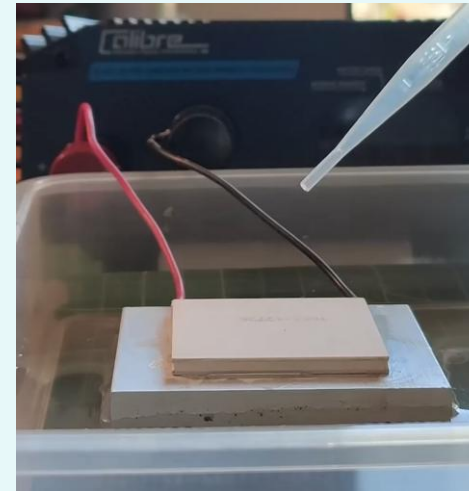
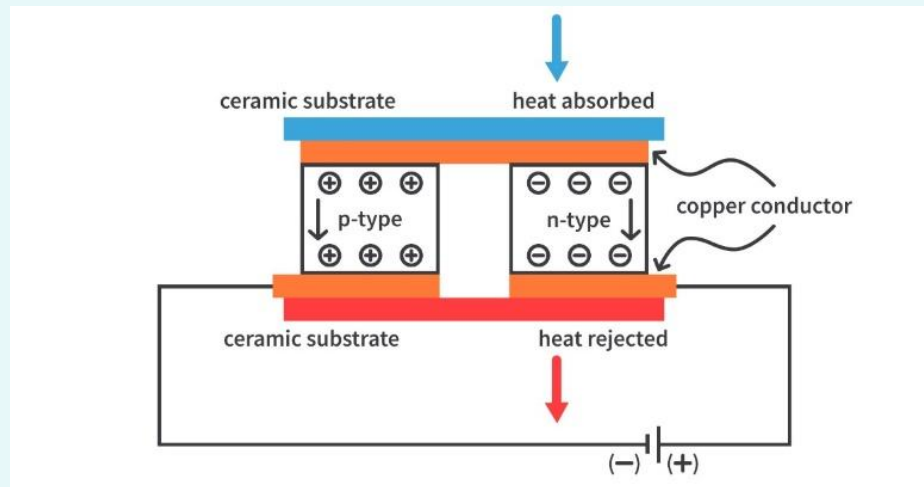
- ❖ 침지 냉각(Immersion Cooling) : 발열체(전자장비)를 직접 유체 (부도체)에 담궈 냉각 시키는 방법



대표적 방열 설계 방안

실무에서의 열 방열 설계

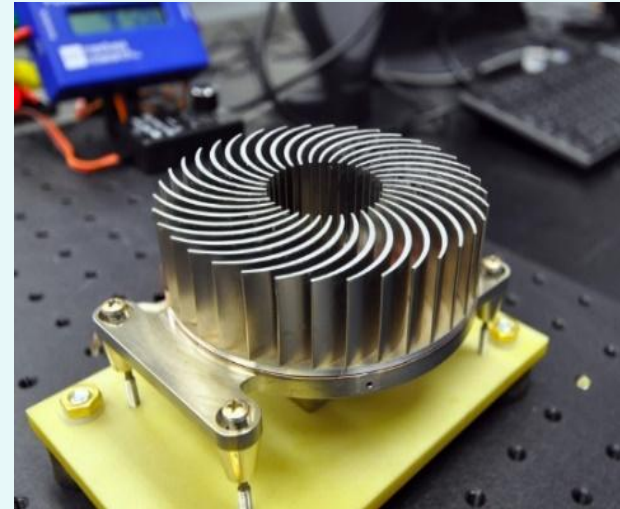
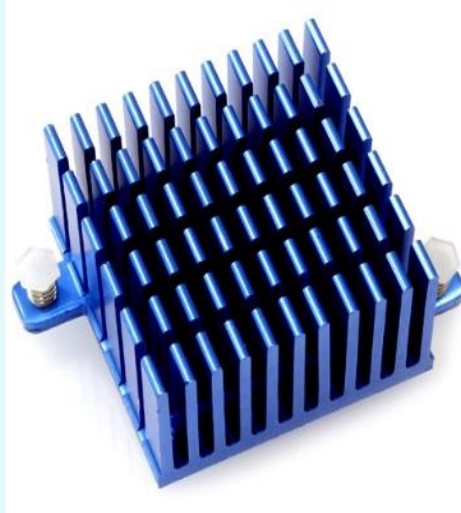
- 열전 냉각(Thermoelectric Coolers) : 전류 에너지의 특성을 이용하여, 발열/냉각 시키는 방법(펄티어 소자)



대표적 방열 설계 방안

실무에서의 열 방열 설계

- ❖ 방열 면적 확장(Extended Surfaces (e.g Heat Sinks)) : 유체와 맞닿는 면적을 넓혀 냉각시키는 방법



동력 필요 X, 붙이기만 하면 되는 가장 간단한 방법

전구 Heat sink 장비 해석(외기 자연대류 열 유동 해석)

Overview

□ 해석 목적

- 광원에 의한 방열 설계 해석
- CFD 해석을 이용하여 Heat sink에 의한 방열 설계 성능 확인

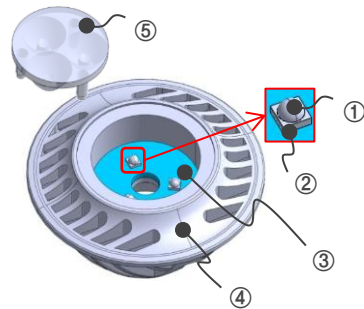
□ 해석 종류



- 자연대류 열유동 해석
- 구조물 열전달

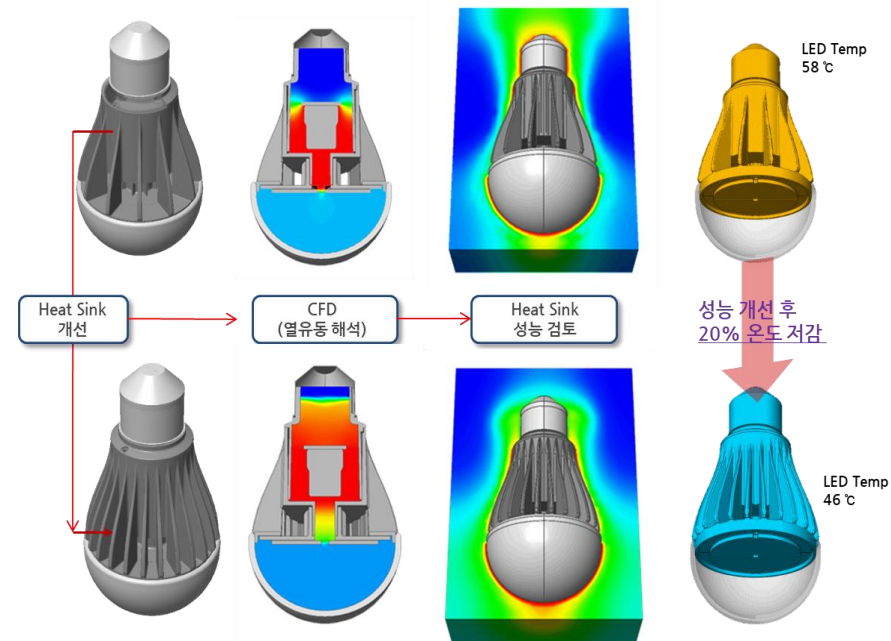
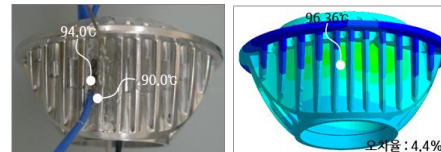
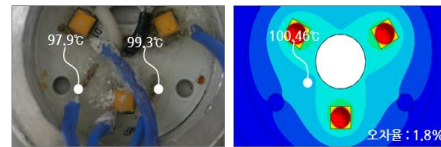
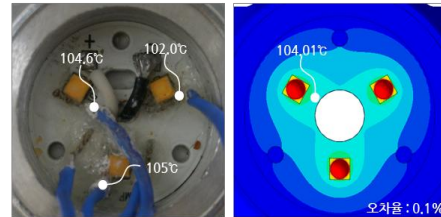
□ 해석 조건

- 대류계수 : $20 \text{ W/m}^2[\text{T}]$
- LED PKG 초기온도 : 고정온도 120°C
- 메탈 PCB의 열전도도 : $180 \text{ W/m}\cdot\text{K}$



부품 번호	부품명	재질명
①	LED Dome	-
②	LED 기판	PCB
③	Metal PCB	메탈 PCB
④	Body	AL6061
⑤	렌즈	Plastic

• 실험과 동일한 위치에서 주요부 온도 평가



광원장비 열 전달 해석(외기 자연대류 열 유동 해석)

Overview

□ 해석 목적

- LED 시스템의 자연대류
- 방열 해석 분석
- LED 정선 온도 측정을 통한 제품 열 안전성 평가

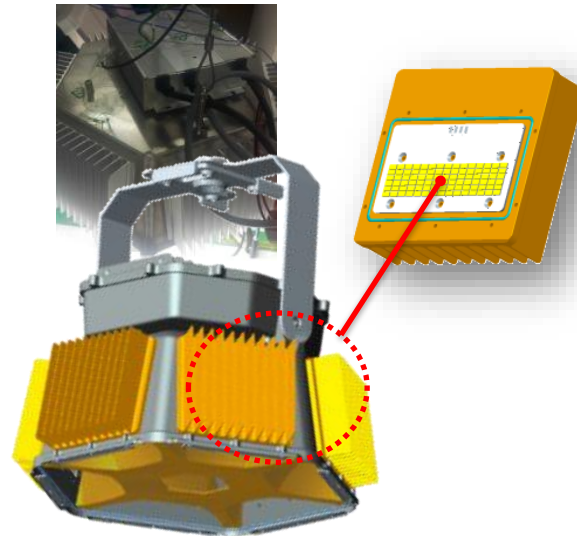
□ 해석 조건

- 비압축성 이상기체 적용을 통한 부유도 고려
- 입구단 조건(압력)
- 출구단 조건(압력) 적용
- 벽면 조건(점착) 적용
- 요소망 인접면 맞춤을 통한 접촉 조건 최소화

□ 해석 종류

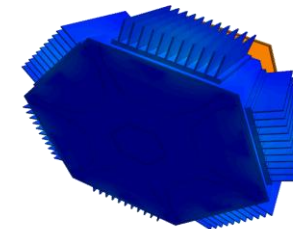


- 자연대류 열 유동 해석
- 복합열전달 해석

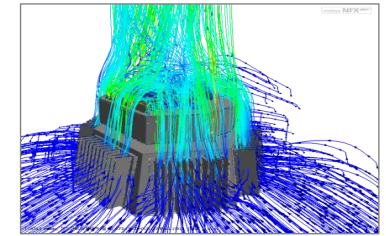


해석 모델링

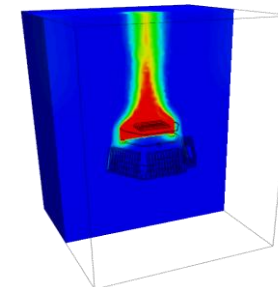
- 유체의 온도 및 속도 분포 확인 : 히트싱크 성능 평가
- 고체부 온도 평가를 통한 정선온도 안전성 평가



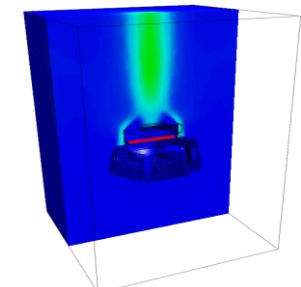
<고체부 온도>



<고체부 주변 기류 평가>



<전체 온도 분포>



<유체 속도 분포>

[DATA] steady, 정상상태 유동해석 (稳态), CFD : PISO=6000 (ITER=2,30000), [UNIT] % m

배전 시설 내부 열 전달 해석(내기 강제대류 열 유동 해석)

Overview

□ 해석 목적

- 배전 시설 내부 발열체 해석
- 장비 내부 열원에 의한 열전달 해석

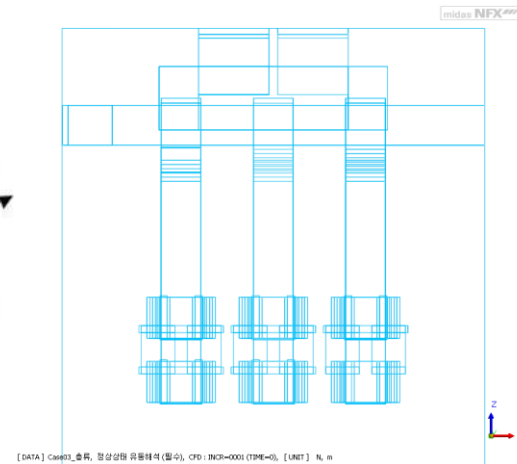
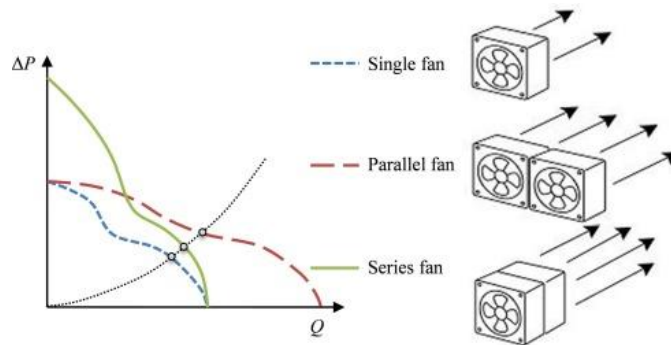
□ 해석 조건

- 열에 의한 자연 대류 조건
- 부유도 조건을 부여한 열대류 현상 모사
- 팬 경계조건 부여를 통한 방열 조건 부여

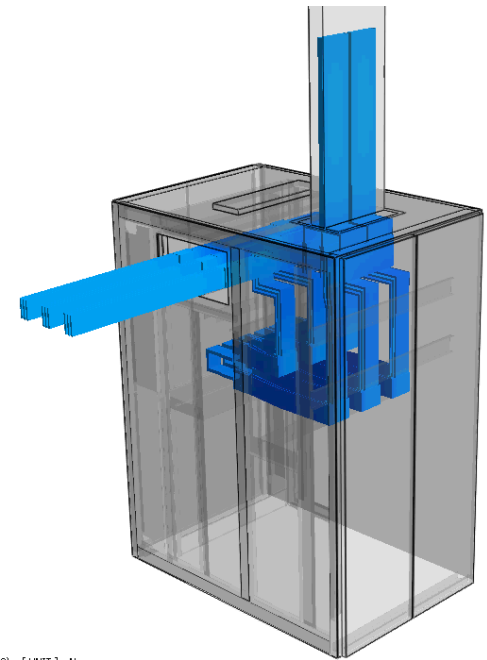
□ 해석 종류



- 강제 대류 열유동 해석
- 열 유동 해석



=0.2), [UNIT] N, m



배전 시설 내부 열 전달 해석(내기 강제대류 열 유동 해석)

Overview

□ 해석 목적

- 연기의 역류를 방지할 수 있는 임계풍속 산출
- 대형버스 화재(20MW)를 산정하여 계산

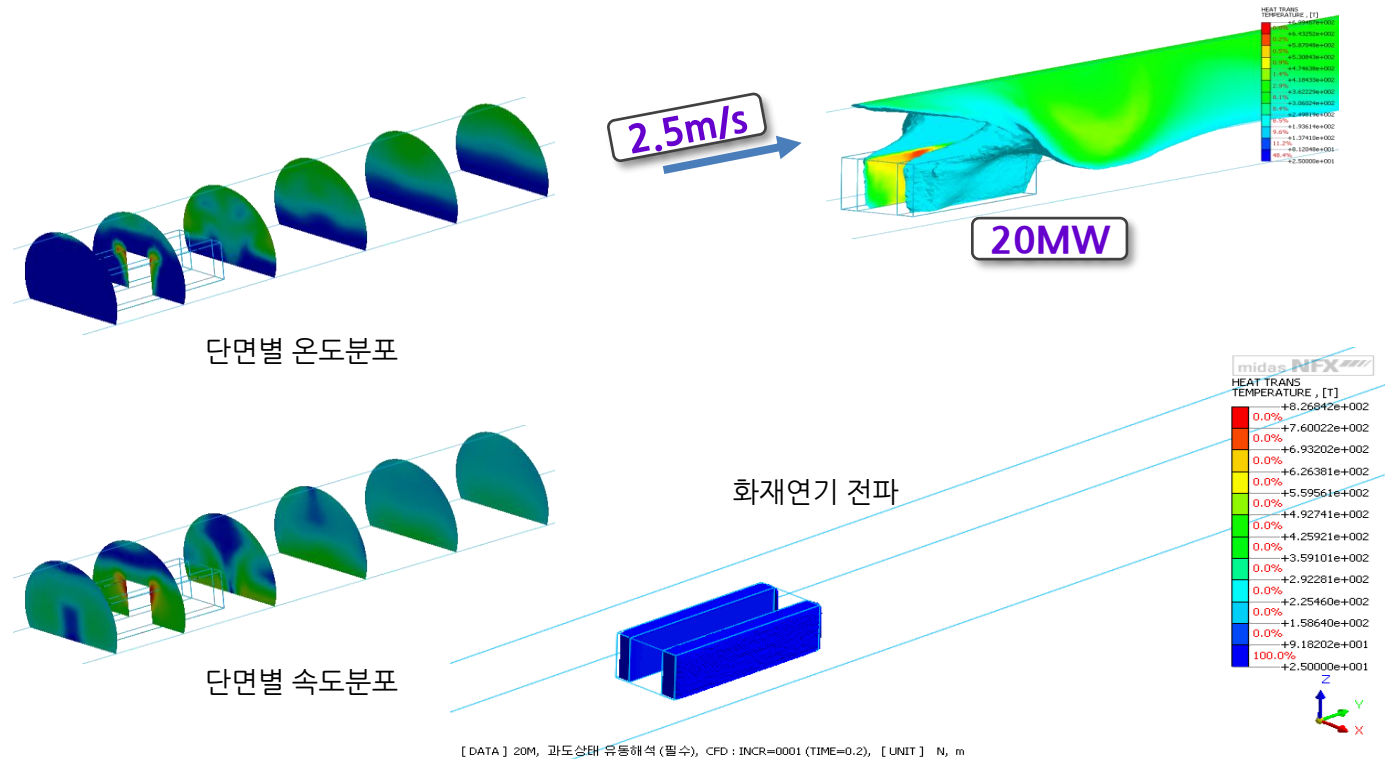
□ 해석 종류



- 강제대류 열 유동 해석
- 혼합물 해석

□ 해석 조건

- 터널 내 화재 발생 시 연기가 한 방향으로만 빠져나갈 수 있는 속도(제연 풍속) 산출



배전 시설 내부 열 전달 해석(내기 자연대류 열 유동 해석)

Overview

□ 해석 목적

- 히트싱크의 크기, 형상, 시스템 내 위치에 따른 방열 성능 분석
- 정상상태에서의 칩 최고 온도 평가

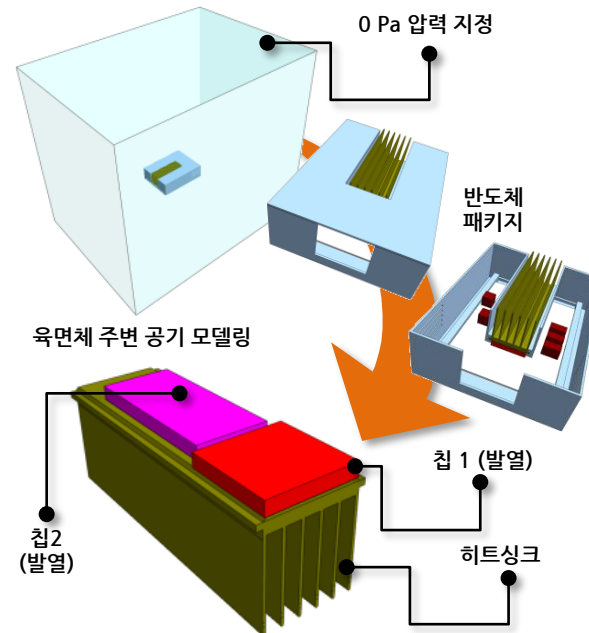
□ 해석 종류



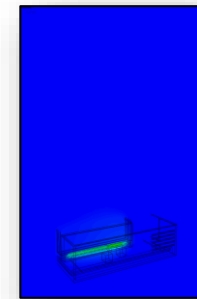
- 자연대류 열유동 해석
- 복합열전달 해석

□ 해석 조건

- 모델링 : 2D Solid Element
- 자연 대류를 위한 비압축성 이상기체 모델
- 외부 공기 모델링 후 최 외곽 벽면 압력 0 Pa 적용
- 25℃ 외부 공기 모델링



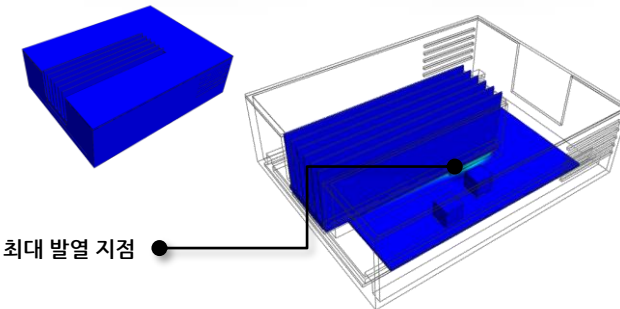
- 외부 자연 대류에 의한 내부 냉각 성능 평가
- 히트 싱크와 칩의 열전달 현상 분석 가능



〈열 기류 온도 분석〉



〈열 흐름 유선 분석〉



〈시스템 내부 온도 검토〉

CONTENTS Day-2

열해석의 시작과 끝

Part 1. 열유동 해석의 이론

Part 2. 열유동해석의 예시

Part 3. NFX를 활용한 실습

다양한 유체 해석 사례 소개

Part 1. 기능별 해석 사례 소개

열/유동 해석 적용방법

유체 흐름

일반유동 해석

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} \right) = -\nabla p + \nabla \cdot \mathbf{T} + \mathbf{f}$$

전도 열전달

재료물성치 정의

$$\vec{q} = -k \nabla T$$

대류/확산 열전달

대류열전달 반영

$$\frac{dQ}{dt} = h \cdot A(T_{env} - T(t))$$

복사 열전달

필요시에만, 대부분 무시

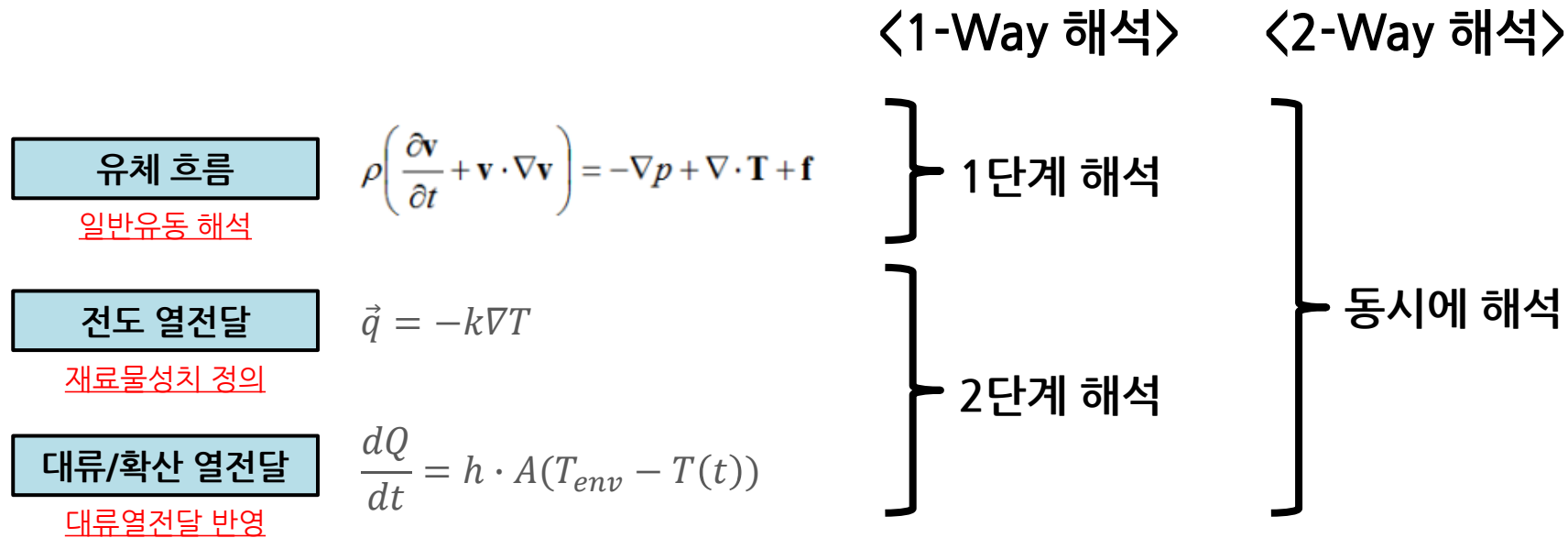
$$\dot{Q}_{1 \rightarrow 2} = \sigma A_1 F_{1 \rightarrow 2} (T_1^4 - T_2^4)$$



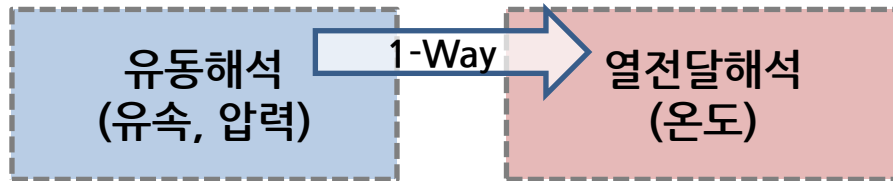
내 제품 해석에는 어떤 부분을 고려하거나 생략할지 결정 필요!



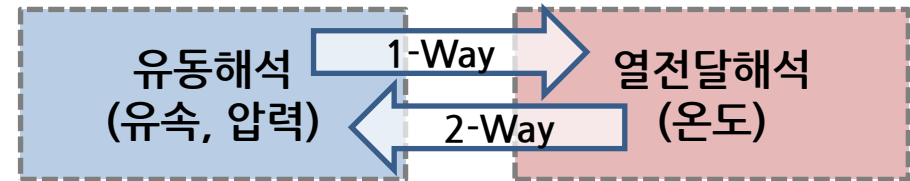
열/유동 해석 적용방법



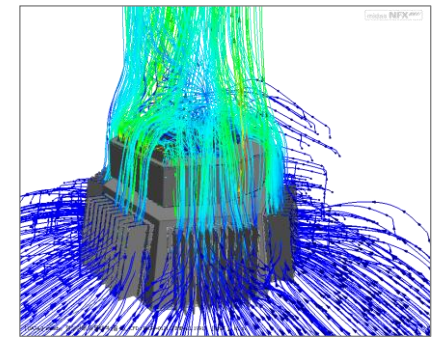
1-Way, 2-Way 해석법의 차이



- 온도의 변화(밀도차)에 의한 흐름 영향이 미미한 경우
- 동력원이 사용, 유체흐름의 변화가 빠른 상황 **(강제대류)**

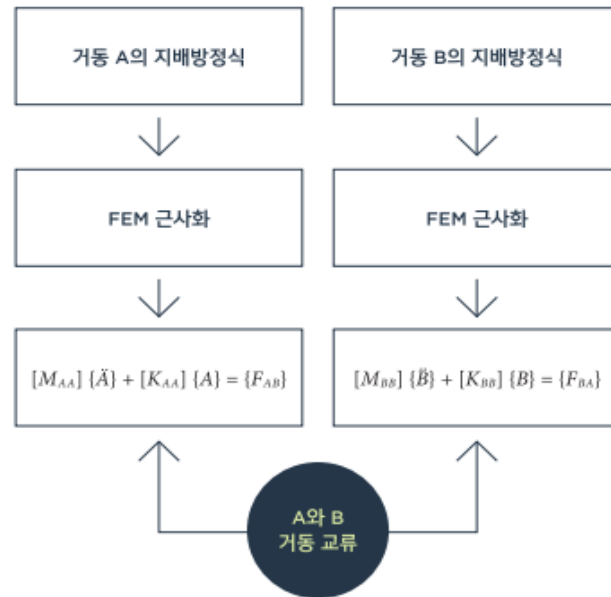


- 온도의 변화(밀도차)에 의한 흐름 영향이 지배적일 때
- 자연현상에 의존적 혹은 흐름이 느린 경우 **(자연대류)**

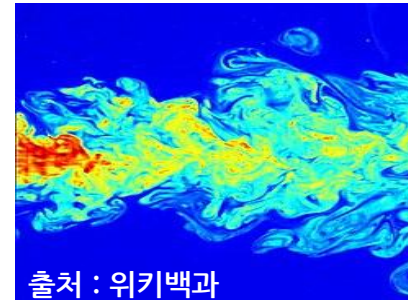


1-Way, 2-Way 해석법의 차이

✓ 변화에 따라 반복적인 연산이 요구됨

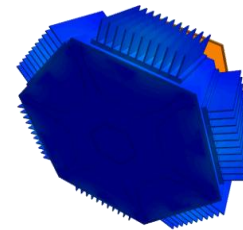


✓ Field 에 따른 계산 시간이 다름
✓ 충분한 결과값을 위해 많은 해석시간 요구



공기의 변화 시간??

→ 0.001 ~ 0.00001s



열이 전달되는 시간??

→ 1 ~ 100s

→ 예외/필수 상황을 제외하고는 1-Way 접근이 효율적임

열유동 해석 CFD워크 플로우

NFX에서는 9단계로 열유동 CFD 해석 수행 가능

1. 해석조건설정

- 고체-고체 열전달, 고체-열전달이 필요한 면들의 정의 → 열유속, 열원, 대류 조건 등 열 경계조건 입력
- 이 외의 해석 조건 설정 항목들은 일반 유동과 동일

2. 기하 형상제작

- 열 경계조건 입력을 위한 면 생성
- 구조물 열전달까지 고려해야 하는 경우 - 요소망 생성을 통해 구조물 열전달을 해석해야 하기 때문에 구조물 기하형상 제작 필수

3. 재료 · 특성 정의

- 이 외의 해석 조건 설정 항목들은 일반 유동과 동일
- 질량 밀도(density) } 일반 정상상태 유동 해석 시 필수 기입 항목
- 점성(Viscosity)
- 이외의 열, 물질 이송, 복사 입력 항목 - midas NFX의 열모듈과 물질 확산 모듈을 사용하는 경우 필수 입력
- 특성 정의 : 1차원, 2차원, 3차원 특성과 해석 움직임 특성, 유동 특성 정의 - 일반 정상상태 유동 해석 시 필수 생성

4. 경계 조건 입력

- 열 경계조건 : 열유동 해석 - 1개 이상의 등온조건, 열유속, 열원 등의 열관련 경계조건 입력 필수
- 이 외의 해석 조건 설정 항목들은 일반 유동과 동일

5. 인접 조건 설정

- 접촉조건 - 절점 병합을 이용하지 않고 열 전달 해석을 수행하는 경우 유동장과 구조물 경계에서의 열적 접촉 및 접촉면 지정 필수

6. 요소망 생성

- 절점 병합 - 접촉조건을 이용하지 않고 열 전달 해석을 수행하는 경우 요소망 생성시 절점 병합 기능을 이용한 요소망 생성 필수
- 고체영역 요소망 생성 - 고체의 열전달을 고려한 해석을 수행하는 경우 고체 요소망 생성 필수
- 이 외의 해석 조건 설정 항목들은 일반 유동과 동일

7. 해석케이스 설정

- 열전달 : 유체의 열전달이나 대류 해석을 수행하는 경우 - 해석제어의 열전달 체크 필수
- 고체 열전달 : 고체-고체, 고체-유체의 열전달을 해석하는 경우 - 해석 제어의 고체 열전달 체크 필수
- 고체와 유체의 모든 열전달을 고려하는 경우 - 해석제어의 열전달, 고체 열전달 체크 필수
- 이 외의 해석 조건 설정 항목들은 일반 유동과 동일

8. 해석 수행

9. 결과검토

- CFD Residual 차트 확인(모든 값이 0.0001이하로 수렴하는지)
- 해석 결과가 이론적으로 타당성이 있는지 확인
- 유체역학, 열역학 이론에 따른 유체의 속도, 압력, 온도 값 변화 확인

간단한 예제 수행

☞ 다음 실습 안내

내부 직경이 좁아지는 파이프에 50도의 물이 유입될 때, 대류에 의한 물의 온도와 파이프의 온도 변화를 계산하기
 목표: 지금까지 학습한 내용을 바탕으로 해석자의 시점에서 어떤 관점이 필요한지 생각해본다.

1 해석 조건 파악 해보기

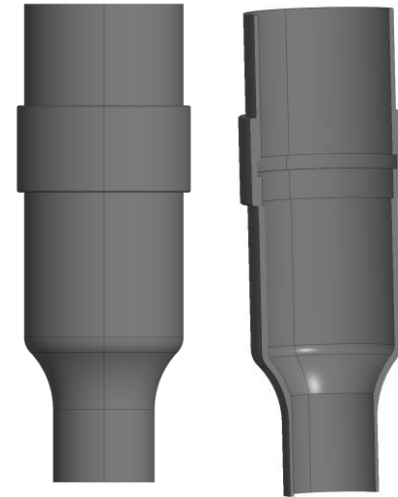
- 입구에 유입되는 유체의 물성치는와 온도? → 유체의 온도에 따른 물성 확인하기
- 입구에서 유입되는 유체의 속도/ 압력은?? → 유입 조건
- 출구에서 유체의 속도/ 압력은? → 유출 조건
- 파이프의 재질과 전도특성은 어떻게 되는가? → 벽 경계층 특성, 열전도 특성 확인
- 파이프 외기의 대류 특성을 어떻게 되는가? → 파이프 외부의 대류 특성 확인
- 파이프 내부 형상의 굴곡은 없는가? → 격자 생성시 조밀하게 생성해야 하는지 고민

2 모델의 구조적 특성을 파악하여 유동 형태 예상하기

- 구조적 특성이 유동에 어떻게 출현할까? → 물리적으로 타당한 해석 결과 도출을 위한 유동 특성 예상
- 파이프 내부 유동이 어떠한 특성을 보이게 할까? → 유동 특성 확인

3 경계조건 부여 위치 및 유동 조건 설정하기

- 입구 또는 출구 조건이 유동에 영향을 줄 수 있는가? → 다양한 경계조건
- 입출구 조건의 위치가 무엇이 될지? → 유동에 적합한 경계조건 결정
- 난류인가 층류인가? → 난류 모델 선택 및 유동 특성 해석
- 유체의 열이 전달되는 영역과, 대류는 어느 면에서 발생하는가? → 특성이 발현되는 면 위치 확인 및 접촉, 대류 조건 결정



Reducer Pipe - 내부 직경이 점차 좁아지는 파이프 구조

간단한 예제 수행

해석 수행 해보기

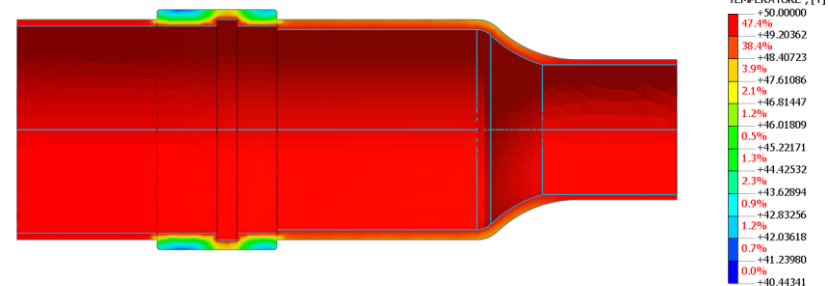
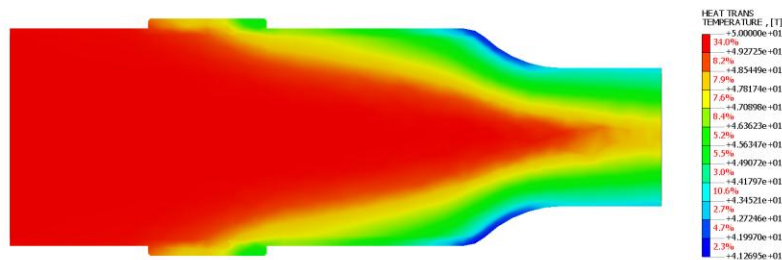
주어진 해석 조건을 따라 일반 유동 해석 수행

부여된 해석 조건



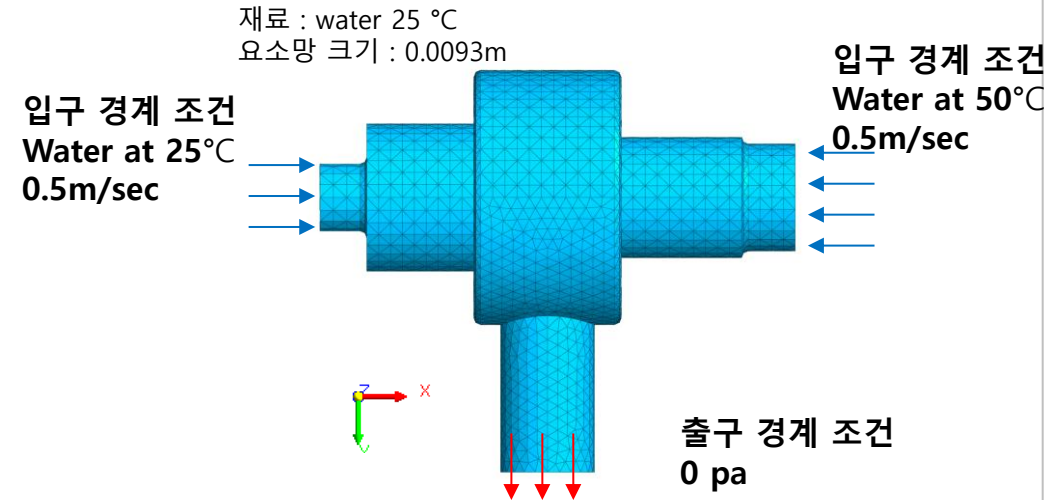
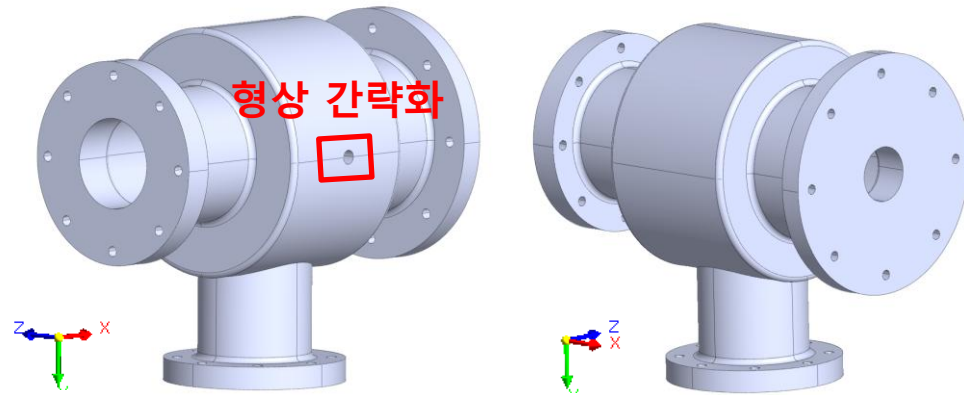
해석 도출결과 1 - 입구와 출구에서의 온도 구배 확인하기

- 대류조건, 구조물 전도 특성등을 고려 하였을 때, 타당한 결과를 얻었는지 정성적인 타당성 검증하기
- 접촉조건, 절점병합 기능을 이용하여 해석을 수행하기



실습 케이스 - T 파이프

T 형 파이프 온도가 다른 유체의 내부 유동



문제 설명

- ✓ T 파이프 형상 T-pipe.LSDPRT
- ✓ 입구가 여러 개인 파이프 내부 열 유동 해석
- ✓ 2개의 입구에서 0.5m/s 유속 발생
- ✓ 온도가 다른 유체 유입
- ✓ 출구 압력 0

해석 목적

- ✓ 파이프 내부 열 유동 특성 확인
- ✓ 내부 유동장 모델링 방법(유동영역 추출)
- ✓ 유체의 가속도 특성 확인

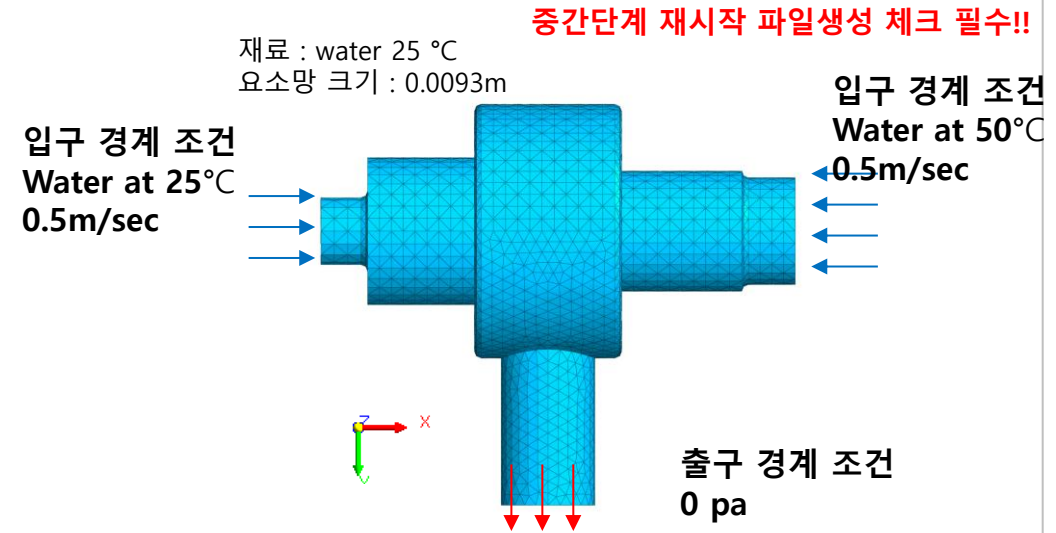
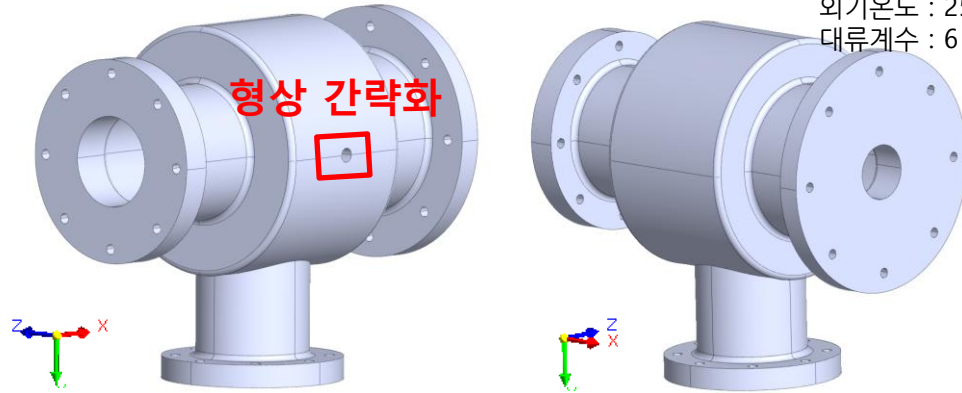
학습 주요 아이템

- ✓ 과도상태 해석 수행 방법
- ✓ 해석 재시작 기능
- ✓ 1-way 해석 학습
- ✓ 다양한 경계 조건 부여
 - 입구, 출구, 온도, 벽면

실습 케이스 - T 파이프

T 형 파이프 구조물 열전달 해석

재료 : SUS304
 요소망 크기 : 0.005m
 구조물 초기 온도 : 25 °C
 외기온도 : 25 °C
 대류계수 : 6



문제 설명

- ✓ T 파이프 형상 T-pipe, LSDPRT
- ✓ 입구가 여러 개인 파이프 내부 열 유동 해석
- ✓ 2개의 입구에서 0.5m/s 유속 발생
- ✓ 온도가 다른 유체 유입
- ✓ 출구 압력 0

해석 목적

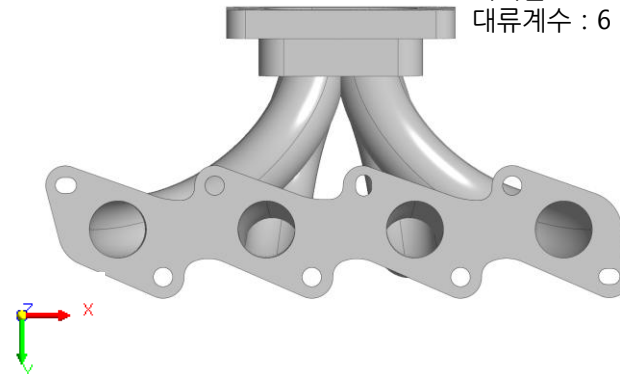
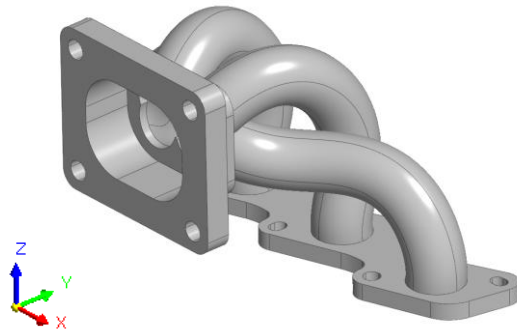
- ✓ 파이프 내부 열 유동 특성 확인
- ✓ 파이프 구조물 열 전달 확인
- ✓ 내부 유동장 모델링 방법(유동영역 추출)
- ✓ 유체의 가속도 특성 확인

학습 주요 아이템

- ✓ 과도상태 해석 수행 방법
- ✓ 절점 병합 기능 학습
- ✓ 해석 재시작 기능
- ✓ 1-way 해석 학습
- ✓ 다양한 경계 조건 부여
 - 입구, 출구, 온도, 벽면

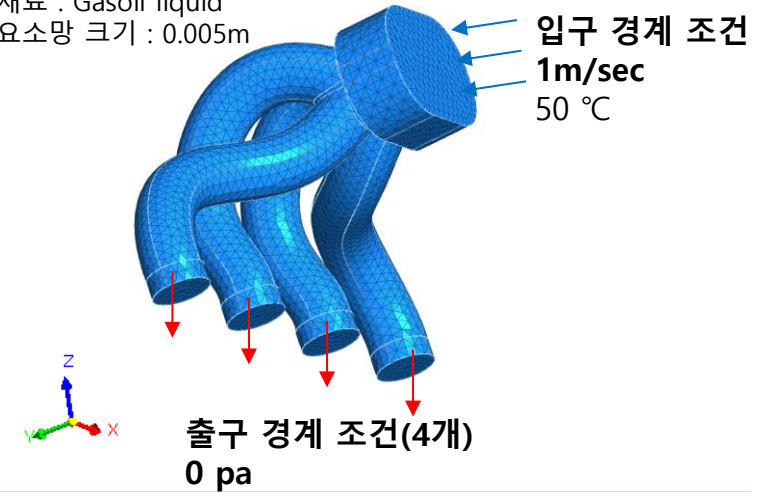
실습 케이스 - 엔진 Manifold

엔진 manifold 구조물 열전달 - 자가 학습



재료 : SUS304
 요소망 크기 : 0.005m
 구조물 초기 온도 : 25 °C
 외기온도 : 25 °C
 대류계수 : 6

재료 : Gasoil liquid
 요소망 크기 : 0.005m



문제 설명

- ✓ Manifold형상 (manifold.x_t)
- ✓ 내부 유동장 모델링 방법(유동영역 추출)
- ✓ 입구에서 1m/s 유속 발생
- ✓ 4의 출구 경계조건

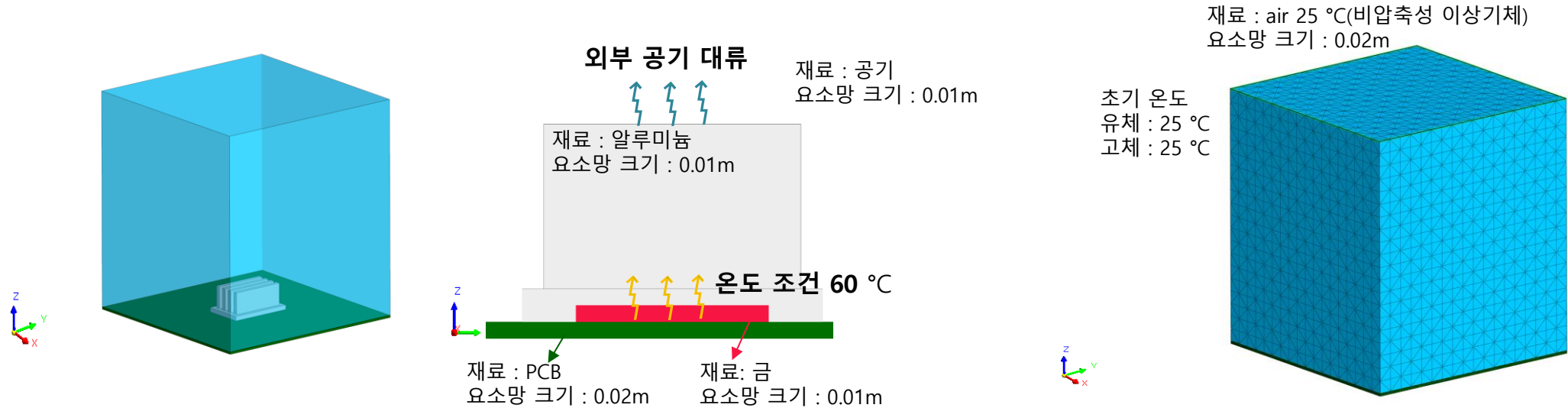
해석 목적

- ✓ 파이프 내부 유동 특성 확인
- ✓ 파이프 내부 속도 특성
- ✓ 유체의 가속도 특성 확인

학습 주요 아이템

- ✓ 정상상태 해석 수행 방법
- ✓ 절점 병합 기능 학습
- ✓ 시드 제어
- ✓ 다양한 경계 조건 부여
 - 입구, 출구, 벽면

실습 케이스 - 반도체 칩 자연대류 해석



문제 설명

- ✓ 방열핀 해석 heatsink_natural_convection.x_t
- ✓ 입구가 여러 개인 파이프 내부 열 유동 해석
- ✓ 2개의 입구에서 0.5m/s 유속 발생
- ✓ 온도가 다른 유체 유입
- ✓ 출구 압력 0

해석 목적

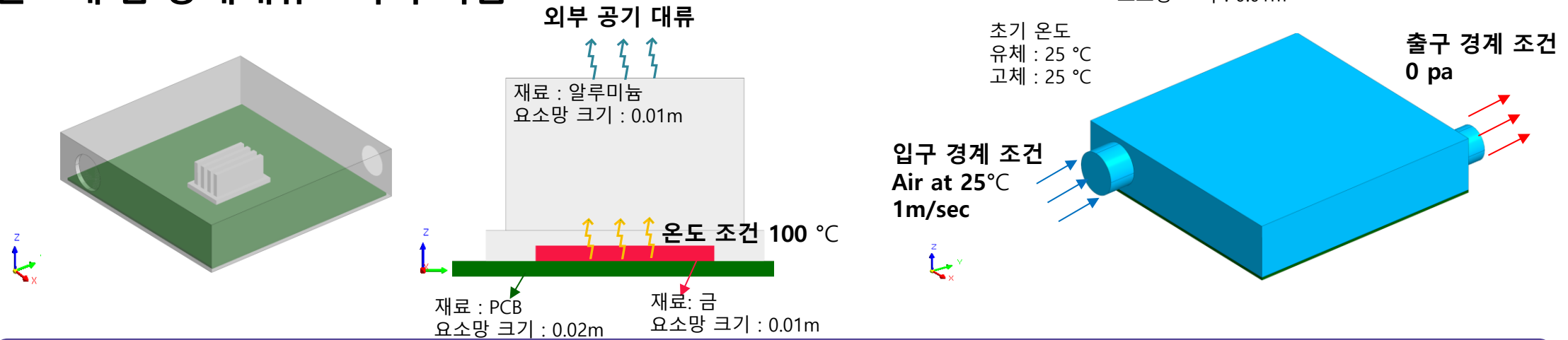
- ✓ 파이프 내부 유동 특성 확인
- ✓ 내부 유동장 모델링 방법(유동영역 추출)
- ✓ 파이프 내부 속도 특성
- ✓ 유체의 가속도 특성 확인

학습 주요 아이템

- ✓ 과도상태 해석 수행 방법
- ✓ 절점 병합 기능 학습
- ✓ 다양한 경계 조건 부여
 - 입구, 출구, 온도, 벽면

실습 케이스 - 반도체 칩 해석

반도체 칩 강제대류 - 자가 학습



문제 설명

- ✓ 방열핀 해석 heatsink_forced_convection.x_t
- ✓ 입구가 여러 개인 파이프 내부 열 유동 해석
- ✓ 2개의 입구에서 0.5m/s 유속 발생
- ✓ 온도가 다른 유체 유입
- ✓ 출구 압력 0

해석 목적

- ✓ 파이프 내부 유동 특성 확인
- ✓ 내부 유동장 모델링 방법(유동영역 추출)
- ✓ 파이프 내부 속도 특성
- ✓ 유체의 가속도 특성 확인

학습 주요 아이템

- ✓ 정상 상태 해석 수행 방법
- ✓ 절점 병합 기능 학습
- ✓ 해석 재시작 기능
- ✓ 1-way 해석 학습
- ✓ 다양한 경계 조건 부여
 - 입구, 출구, 온도, 벽면

설문조사

더 개선된 세미나 환경과 교육의 품질을 올리기 위해 설문조사 부탁드립니다!
교육간 고생 많으셨습니다!

