

나선형그루브—금망의 복합웁을 갖는 히이트파이프의 전열특성에 관한 연구

A Study on the Characteristics of Heat Transfer in Heat Pipe with
Composition Wick of Screwed Groove - Metallic Mesh

장 영 석*, 이 영 수**, 서 정 일***
Young Suk Chang, Young Soo Lee, Jeong Il Seoh

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the characteristics of heat transfer in Heat Pipe which used the composition wick of screened groove - metallic mesh by ADI method and experimental results. As the results, the more than number of metallic mesh screen layers in a heat pipe increased, the fewer the effect of heat recovery decreased. In case of 1 - layer metallic mesh screen wick, the response of the effect in heat recovery was more rapidly showed than in case of other layers and in spite of high load, the evaporation section of Heat pipe with 1 - layer metallic mesh screen wick showed the stable response and did not show excessive super heat. There was a interrelation between thermal resistance and the variable layers, between thermal resistance and the variable gaps of metallic meshes, the heat transfer characteristics of Heat pipe were depended on the thermal resistance of composition wick.

기 호 설 명	m : Mass (kg)
A : Area (m ²)	Q : Heat transfer rate (w)
C : Heat capacity of material (w/sec k)	R : Thermal resistance of heat pipe (k/w)
h : Heat transfer coefficient (w/m ² k)	r : Radius of container wall (m)
K : Thermal conductivity (w/m ² k)	T : Temperature (k)
L : Length (m)	t : Time (sec)
	V : Volume (m ³)

* 한양대학교 대학원 기계공학과
 ** 정회원, 한국동력자원연구소
 *** 전회장, 한양대학교 기계공학과

- K_{eff} : Effect conductivity ($w/m^2 k$)
 GAP : The gap between wick and pipe
 TH1 : Thickness of groove wick
 TH2 : Thickness of screen wick
 ρ : Density (kg/m^3)
 ϵ : Porosity

Subscript

- N.S.E.W.C.: Middle node and neighbouring nodes
 n.s.e.w.: Midpoint between middle and neighbouring nodes
 a : End point of adiabatic section
 c : End point of condenser section
 e : End point of evaporator
 v : Vapor
 w : Wick
 l : Liquid
 sur : Surface of container
 ∞ : Cooling water

Superscripts

- O : Old time
 N : New time

1. 서 론

히이트파이프의 성능은 작동유체, 워킹상 및 컨테이너 재질에 의해서 결정된다. 작동유체의 열수송을 증대시키기 위해서는 열저항을 적게하여야 하므로 적절한 워킹의 선택은 열수송량을 증가시키는데 매우 중요한 역할을 한다. 後藤巖¹⁾은 환상형워킹과 슬랩워킹을 조합한 복합워킹을 사용하여 히이트파이프의 경사각, 가열 및 냉각조건 등의 영향에 따른 전열특성을 연구하였고, 井村英昭²⁾은 증류수를 작동유체로

하여 금망의 매쉬, 겹수, 작동온도, 열유속에 따른 증발부의 열전달 및 최대 열수송량이 주는 영향 등을 분석하였다. 그 외의 많은 사람들은³⁻⁷⁾이 환상형워킹이 금망인 것으로 복합워킹을 사용하여 연구하였다. 환상형을 한 금망워킹수에 따라 겹을 갖게 되고, 겹은 열저항을 크게함은 물론 작동유체의 수송에 저항을 갖는다. 환상형워킹의 겹수를 적게함과 동시에 증발부와 응축부 전면에 액체를 배분할 수 있는 것으로 나선형그루우브에 금망을 씌운 환상형워킹을 생각할 수 있다. 나선형그루우브에 적정한 금망의 겹수는 열저항을 적게하고 열유동을 크게함과 동시에 히이트파이프의 전열에도 매우 큰 효과가 있을 것으로 예측된다. 또한 히이트파이프의 전열해석은 일반적으로 콘테이너벽과 포화액으로 채워진 환상형워킹의 경계에서 열저항은 무시하고 워킹 워킹의 증기영역은 전도만으로 해석할 수 있다. 이 해석방법은 Peaceman⁸⁾에 의해서 ADI 법이 고안되었다. ADI 법은 1/2 시간 간격으로 R-Z 방향을 반복으로 하는 두개의 미분식을 가우스 소거법에 의한 전진 대입법으로 해석하면 비선형적인 문제를 해결할 수 있고, 특히 해석과정 중 안정성은 Neumann Method⁹⁾에 따라 배율계수 $\xi \ll 1$ 이면 안정성이므로 해석의 반복조건과 적정좌표 변환은 매우 넓은 범위의 안정성이 존재하므로 히이트파이프의 과도열전달 해석에는 더욱 유용하다. ADI 법은 Douglas 와 Gunn¹⁰⁾에 의해서 열전도문제를 수치해석한 것 외의 많은 사람들이 연구하였다.¹¹⁻¹³⁾

본연구에서는 작동유체를 증류수로 사용하고 스크린 금망을 씌운 나선형그루우브 환상워킹의 전열특성을 고찰하였다. 나선형그루우브에 금망을 1-4 겹까지 순차적으로 부가하여 삽입하였을때, 입력의 변화에 따라 과도적인 현상을 ADI 법으로 해석하여 실험값과 비교하였다. 또한 해석적 방법에 의해서 워킹의 겹 및 겹수에 대한 영향, 냉각수에 대한 영향, 열저항에 따른 열회수 응답성을 고찰하여 나선형그루우브를 갖는 히이트파이프의 전열특성을 고찰하였다.

2. 이론해석

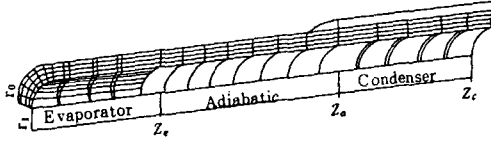


Fig. 1 Analysis model

Fig. 1 은 콘테이너 내벽과 환상형의 갭, 금 망사이의 갭을 포함한 해석모델로서 전영역이 대칭이므로 R-Z 방향만 고려하여 다음과 같은 가정하에 단순화하였다.

- 1) 증기영역에 접한 요소의 경계에서 열저항은 무시하고 요소는 연속되어 있다.
- 2) 환상형은 균일하고 포화된 유체로 채워져 있으며 파이프의 벽을 통해 워내부로 흐르는 열유동은 유효 열전도만 고려한다.
- 3) 갭은 포화된 유체로 채워져있고 유체는 정지하고 있다.
- 4) 증기의 영역해석에서 동적유동은 무시하고 열저항만 고려한다.

2-1 지배방정식

히이트파이프의 해석모델은 Fig. 2 와 같이 미소길이 $\Delta Z \cdot \Delta r$ 로서 요소 C에 대한 에너지식은 다음과 같다.

$$\rho CV \frac{\partial T}{\partial t} = Q_N + Q_S + Q_W + Q_E \dots (1)$$

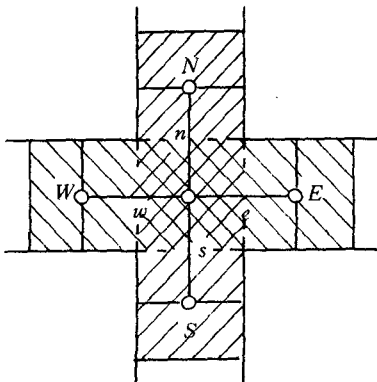


Fig. 2 Divisions of nodes

Fig. 2 에서 C의 인접요소를 N.S.E.W로 놓고 요소 C와 N이 이루는 경계면을 n, 각각 다른 경계에서 s.e.w라 하면 C와 N과의 열전도율은 $K_n(t)$ 로 표시된다.

$$K_i = 0.5 (K_I + K_C) \dots (2)$$

$$I = N.S.E.W, \quad i = n.s.e.w$$

C와 접하고 있는 요소 N과의 Q는

$$Q_i = \frac{1}{R_i} (T_I - T_C) \dots (3)$$

여기서 R_i 는 인접요소와 중심요소의 평균 열저항으로 나타나고, 각 요소마다의 열저항은 다음식으로 표시된다.

$$R_i = \frac{\Delta L}{A_i K_i} \dots (4)$$

따라서 식(1)은 다음식으로 표시된다.

$$\frac{1}{R_n} (T_N - T_C) + \frac{1}{R_s} (T_s - T_C) +$$

$$\frac{1}{R_w} (T_w - T_C) + \frac{1}{R_e} (T_E - T_C) =$$

$$\rho CV \frac{\Delta T}{\Delta t} \dots (5)$$

식(5)에서 두개의 선형미분식을 연속적으로 1/2 시간 간격으로 풀 수 있다. 처음 t/2 에

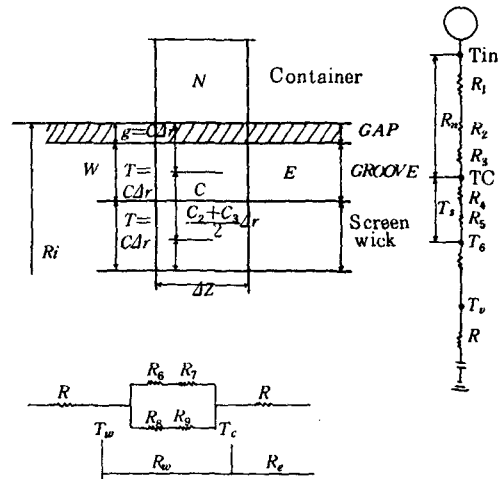


Fig. 3 Thermal resistance model of wick of part

서는 R방향으로 Implicit method로 해석하고, Z 방향에서는 R 방향에서 구한 각 온도를 다음항에 대입하여 해를 구한다. 처음 1/2 시간 간격으로 N-S 방향으로 식(5)를 나타내면

$$\frac{\rho CV}{\Delta t/2}(T_C^{\frac{1}{2}N} - T_C^0) = \frac{1}{R_n} [T_N^{\frac{1}{2}N} - T_C^{\frac{1}{2}N}] + \frac{1}{R_s} [T_S^{\frac{1}{2}N} - T_C^{\frac{1}{2}N}] + \frac{1}{R_w} [T_W^0 - T_C^0] + \frac{1}{R_e} [T_E^0 - T_C^0] \dots\dots\dots (6)$$

식(6)과 같이 나타나고 이 식을 정리하면 다음과 같다.

$$-[C]_{N-1} T_N^{\frac{1}{2}N} + [B]_N T_C^{\frac{1}{2}N} - [C]_N T_S^{\frac{1}{2}N} = [D] \dots\dots\dots (7)$$

여기서

$$[C] = \frac{1}{R_s}$$

$$[B] = \frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_s} + \frac{2\rho CV}{\Delta t}$$

$$[D] = \frac{1}{R_w} T_W^0 + (-\frac{1}{R_w} - \frac{1}{R_e} + 2\rho C \frac{V}{\Delta t}) T_C^0 + \frac{1}{R_e} T_E^0$$

한편 W-E 방향에서는 식(8)로 표시된다.

$$-[\dot{C}]_{N-1} T_W^N + [\dot{B}]_N T_P^N - [\dot{C}]_N T_E^N = [\dot{D}]_N \dots\dots\dots (8)$$

여기서

$$[\dot{C}] = \frac{1}{R_e}$$

$$[\dot{B}] = \frac{1}{R_w} + \frac{1}{R_e} + \frac{2\rho CV}{\Delta t}$$

$$[\dot{D}] = \frac{1}{R_n} T_N^{\frac{1}{2}N} + (2\rho CV/\Delta t - \frac{1}{R_s} - \frac{1}{R_n}) T_C^{\frac{1}{2}N} + \frac{1}{R_s} T_S^{\frac{1}{2}N}$$

각 요소에 대해서 위식을 사용하면 모든 식은 3개의 미지수를 갖는 선형연립식이 되며, 이 연립식은 가우스 소거법에 의해서 풀 수 있다.

$$\begin{bmatrix} B_1 & C_1 \\ C_1 & B_2 & C_2 \\ & C_2 & B_3 & C_3 \\ & & \vdots & \vdots & \vdots \\ & & & C_{N-1} & B_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ \vdots \\ T_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ \vdots \\ D_N \end{bmatrix} \dots\dots\dots (9)$$

증기영역의 온도는 증기가 접하고 있는 요소에서 N-S 방향만 고려하면 다음식으로 나타난다.

$$(mc)_{eff} \frac{dT_v}{dt} = A K_w \frac{\partial T}{\partial r} \dots\dots\dots (10)$$

$$T_V^N = \frac{\Delta t}{(mc)_{eff} \Delta r} A K_w (T_N^0 - T_W^0) + T_V^0 \dots\dots\dots (11)$$

여기서

$$A = 2\pi r_w \Delta Z$$

$$(mc)_{eff} = (mc)_v + (mc)_t + (mc)_s$$

냉각수의 출구온도로 에너지평형식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_\infty^N = \frac{\Delta t}{(mc)} [A \cdot h (T_S^0 - T_\infty^0) - \rho_e V C_e (T_\infty^0 - T_{in}^0)] + T_\infty^0 \dots\dots\dots (12)$$

여기서

$$A = 2\pi r_o \Delta Z$$

2-2 경계조건

환상형위를 포함한 콘테이너 주변의 경계와 접하고 있는 요소는 식(5)를 경계영역의 식으로 수정하여 선형연립식으로 변경할 수 있다.

(1) $r = r_o \quad 0 < Z < Z_e$

$$\frac{1}{R_n} (T_N - T_S) = Q_{in} \dots\dots\dots (13)$$

(2) $r = r_o \quad Z_e < Z < Z_a$

$$\frac{1}{R_n} (T_N - T_S) = 0 \dots\dots\dots (14)$$

(3) $Z = 0 \quad Z = Z_c$

$$\frac{1}{R_w}(T_w - T_c) = 0, \quad \frac{1}{R_e}(T_e - T_c) = 0$$

.....(15)

(4) $r = r_0 \quad Z_a < Z < Z_c$

$$\frac{1}{R_{SUR}}(T_s - T_c) = Q_N \quad \text{..... (16)}$$

T_s 는 응축부의 표면온도로서 에너지평형식으로 쓰면 다음식과 같다.

$$\frac{1}{R_{SUR}}(T_c - T_s) = \frac{1}{R_e}(T_s - T_\infty) \quad \text{..... (17)}$$

$$T_s = \frac{T_\infty + \left(\frac{R_{SUR}}{R_e}\right) T_d}{1 + \left(\frac{R_{SUR}}{R_e}\right)} \quad \text{..... (18)}$$

여기서 $R_e = \frac{1}{h \cdot A}$, $R_{SUR} = \frac{\Delta r / 2}{K_i A}$

2-3 환상벽에서의 열전달

컨테이너 내벽에 접하고 있는 워는 포화된 액체로서 채워져 있고 겹수의 증가는 워의 두께 증가로서 고려할 수 있으므로 환상벽의 열저항식은 Fig. 3에 나타난 바와같이 열저항의 향으로 표시된다. ADI 법에 의하여 해석방향을 R-Z로 반복하면 콘테이너, 워, 겹은 직렬과 병렬로 나타낼 수 있다. 먼저 R방향을 고려하면 요소 N과 C의 경계에서

$$R_n = R_1 + R_2 + R_3 \quad \text{..... (19)}$$

요소 C와 S의 경계에서

$$R_s = R_4 + R_5 \quad \text{..... (20)}$$

다음 방향을 고려하면

$$R_w = \frac{1}{\frac{1}{R_6 + R_7} + \frac{1}{R_8 + R_9}} = R_e \quad \text{..... (21)}$$

여기서

$$R_1 = \frac{\Delta r}{4\pi K_1 (R_i + 0.5 \Delta r) \Delta Z}$$

$$R_2 = \frac{C \cdot \Delta r}{4\pi K_2 (R_i - 0.5 C_1 \Delta r) \Delta Z}$$

$$R_3 = \frac{(C_1 + C_2) \Delta r}{4\pi K_3 (R_i - 1/4(C_1 + C_2) \Delta r) \Delta Z}$$

$$R_4 = \frac{(C_1 + C_2) \Delta r}{4\pi K_4 (R_i - 3/4(C_1 + C_2) \Delta r) \Delta Z}$$

$$R_5 = \frac{(C_2 + C_3) \Delta r}{4\pi K_5 (R_i - (C_1 + C_2 + C_{3/2}) \Delta r) \Delta Z}$$

$$R_6 = \frac{\Delta Z}{4\pi K_6 (R_i - 1/2 C_1 \Delta r) \Delta C \cdot \Delta r} = R_7$$

$$R_8 = \frac{\Delta Z}{4\pi K_8 (R_i - 1/2(S_1 + S) \Delta r) \Delta C_2 \Delta r} = R_9$$

$$C_1 = GAP / \Delta r$$

$$C_2 = TH1 / \Delta r$$

$$C_3 = TH2 / \Delta r$$

式(9)를 式(19), (20)으로 변환시켜 계산함으로써 워영역에서의 열전달해석을 할 수 있다.

2-4 수치해석

Fig. 4는 1개의 주프로그램과 5개의 부프로그램 및 2개의 함수프로그램으로 구성되어 있으며 주프로그램은 필요로 하는 값들을 시간마다 출력되도록 되어있고, 부프로그램에서는 온도에 따른 물성 및 열전도 저항을 계산하는 R 및 Z 방향의 계수를 1/2시간마다 구한다. 경계조건을 포함하는 모든 영역에서 式(7)의 계수를 구한후 각시간마다의 온도를 계산한다. 증기의 온도는 r방향만 고려하여 계산한후 다음 시간 증가분의 1/2시간 단위로 정상조건이 될때까지 반복수행된다. 함수프로그램을 이용하여 작동유체와 워과의 유효열전도율을 구하였다. 시간의 증분량은 5초로 하였고 20초까지는 안정적인 값을 구할수 있었다. 또한 열전달을 h는 온도에 따라 변화하도록 구하였다.

3. 실험장치 및 방법

3-1 히이트파이프 제작

본연구에 사용된 히이트파이프의 재원은 Table 1과 같다.

컨테이너 내면의 응축부와 증발부에 나선을

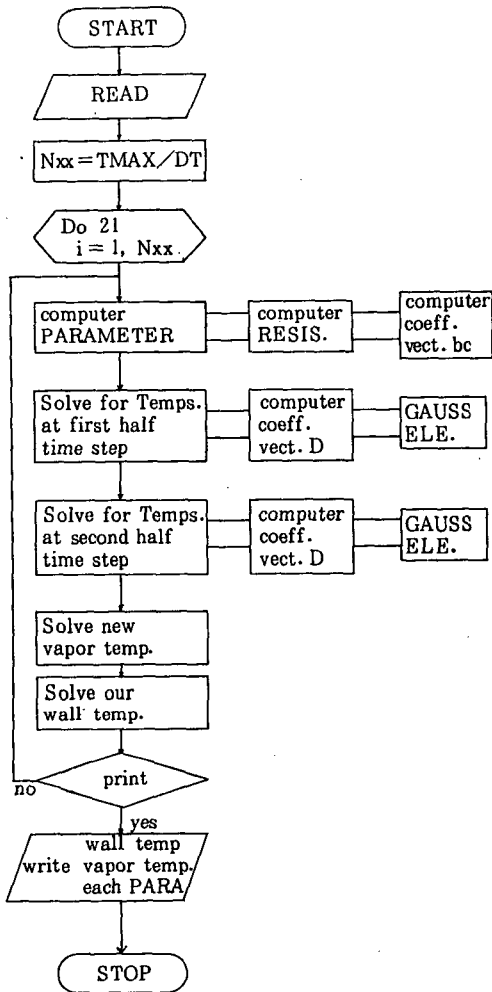


Fig. 4 Flow chart

Table 1 Dimension and materials of heat pipe

Total length	800 mm
Length of evaporator	120 mm
Length of condenser	170 mm
Outside diameter of pipe	25.4 mm
Inside diameter of pipe	21.4 mm
Wall thickness	2 mm
Working fluid	distilled water
Material of pipe and capillary	stainless steel 304
Slab	4 layers 120 mesh around 5 layers 80 mesh screen
Circumferential wick	screen-screwed groove

내기 위하여 고속도강(530 mm × 10 mm × 10 mm)을 가공하여 절삭공구로 하여, 피치 1.2 mm, 깊이 0.5 mm가 되게 가공하였다. 콘테이너 양면에는 캡을 금망의 호환성을 고려하여 나선형식으로 가공하여 잠그는방법을 택했다. 히이트파이프의 작동유체로 증류수를 사용했으며, 진공펌프를 작동하여 70 mmHg일때 약 3시간동안 마노메터 눈금의 변화가 없다고 생각될때 45 cc의 작동유체를 주입후 진공밸브를 닫았다. 응축기는 내경 30 cm, 두께 2 mm인 SUS 304 콘테이너 외벽에 칼리로 고정후 사용하였고 콘테이너 외벽 및 응축기 내부에 열전대를 부착하였다.

3-2 실험방법

제작된 히이트파이프를 증발부에 니크롬선(0.5 mm × 2 m)을 감고 전압의 변화는 전압조절기로 하였다. 냉각수는 내경 30 mm, 길이 170 mm의 냉각기를 만들어 일정높이 수두를 갖는 수조로 부터 유량을 흐르게 하였다. 유량은 500 cc의 눈금실린더로서 측정 한 결과 200cc/min로 유지할 수 있었다.

히이트파이프 각부분의 온도는 c-c 열전대를 사용하였으며 디지털측정기(UCAM-5A 10 Channel)로 측정하였다. 히이트파이프의 단열은 퍼라이트(SiO₂ 75%, AL₂O₃ 13%, K=0.0025-0.045 Kcal/mhc)를 사용하였으

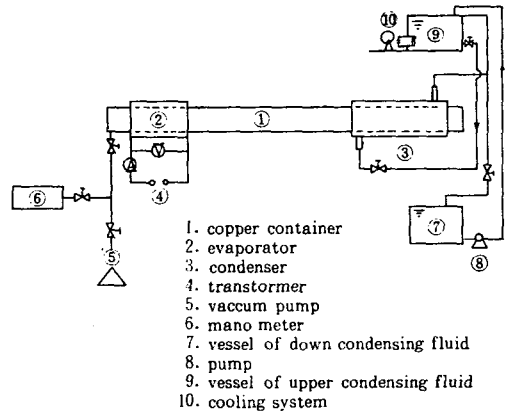


Fig. 5 Schematic of the experimental setting up

며 가열부는 약 1cm 두께로 압면을 싸고 그위에 피라이트 단열재로 덮었다. 입력의 변화는 52 W-200 W까지 반복하였고, 금망익은 한 과정이 끝날때마다 재삽입하였다. Fig. 5는 실험 장치의 개략도이다.

4. 결과 및 고찰

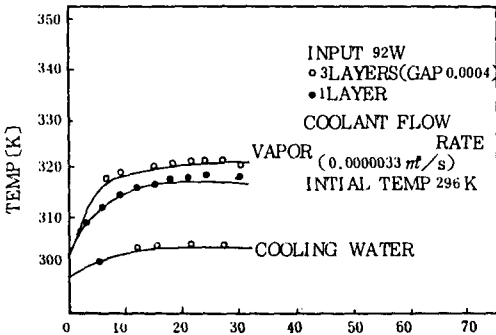


Fig. 6 Comparison of theoretical and experimental results

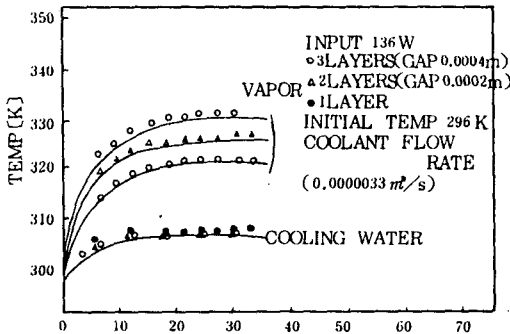


Fig. 7 Comparison of theoretical and experimental results

Fig. 6, 7은 해석해와 측정값을 비교하기 위해서 입력 92, 136 W에서 환상형익을 1~3 겹까지 변화시켰을때 증기와 냉각수 온도의 변화를 나타낸 것이다. 증기온도는 측정치가 해석해보다 3겹인 경우 약 2°C 높았고, 냉각수 온도는 겹수에 무관하게 일정하게 나타났고 해석해와 측정치는 0.6°C로 매우 만족한 값을 얻었다. 또한 히이트파이프 작동은 20분이내 4의가 정상점에 도달하였으나 정상점 이후 증

가하는 온도변화는 1°C이내 이었다. 그러나 냉각수온도는 거의가 일정한 값으로 나타나 겹수 및 갭에 따른 변화를 나타낼 수 없었다.

Fig. 8은 갭의 크기를 고려한 증발부의 온도, 응축부의 표면온도 및 냉각수온도를 비교한 것이다. 증기온도는 갭이 클수록 높았고, 응축부 표면의 측정온도는 이론치보다 3~4°C의 온도차가 나타났으나 냉각수온도는 갭의 크기에 관계없이 일정하게 나타났다. 특히 증기온도는 3겹인 경우 갭이 0.0004m가 실험과 상당히 접근함을 알 수 있었다.

Fig. 9는 입력에 따른 가열부, 증기, 냉각수의 온도변화를 해석해의 결과로서 나타냈다. 온도변화는 선형적으로 나타났으며 입력에 따른 가열부의 변화는 냉각수보다 컸으나 응축부 표면을 포함한 입력에 따른 영향은 서로 관례를 이루면서 변화하였다. Fig. 6, 7, 8, 9

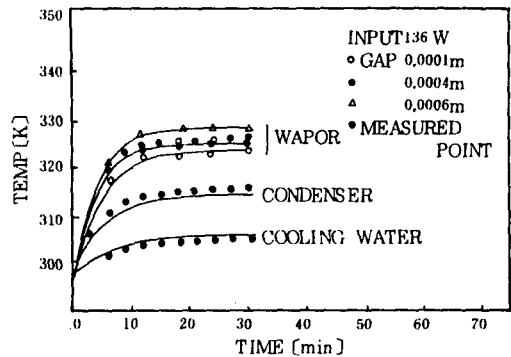


Fig. 8 Comparison of theoretical and experimental results

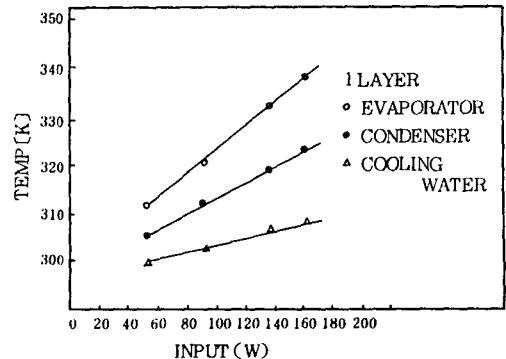


Fig. 9 Comparison of Changing input

에서 알 수 있는 바와같이 응축부의 냉각수와 접하고 있는 요소에서 컨테이너 표면의 대류 영향을 갖는 과도열전달 문제는 $\frac{R_{SVR}}{R_e}$ 가 중요한 인자로서 $\frac{R_{SVR}}{R_e} \ll 1$ 인 경우는 시간 간격 과정에서 매우 불안정하여 계산에 수렴될 수 없었다. 본 연구에서는 SUS 304 ($K \approx 12$), 냉각수($h \approx 780$)로서 K 및 h 가 온도 함수처럼 변화할때 $\frac{R_{SVR}}{R_e} \approx 0.003$ 에서 시간간격 5~20 초에서 매우 안정한 값으로 과도열전도 해석을 할 수 있었고, 응축부의 회수열량을 예측하는데 유용하였다.

Fig. 11, 12는 겹수 및 겹에 따른 응축부의 열회수 효과를 나타낸 것이다.

Fig. 10은 그루브위에 금망을 1~4겹 씌웠을때 냉각수의 열회수효과를 나타냈다. 회수율이 1겹인 경우가 3겹보다 6분에서 1W 증가하였고, 10겹인 경우 매우 큰 지연을 나타냈다. 또한 입력에 대한 회수율은 입력이 클수록 큰 구배로서의 변화가 정상점에 도달하였다.

Fig. 11은 입력별로 겹이 열회수 효과에 미치는 영향으로서 겹이 크면 클수록 열회수 효과는 지연되었다.

열회수는 작동액의 잠열이 응축부의 벽면을 통해서 회수되므로 응축부의 포화된 액체와 위,

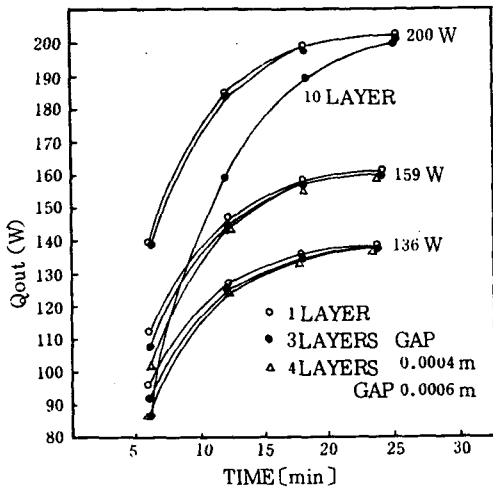


Fig.10 Comparison of changing wick layers

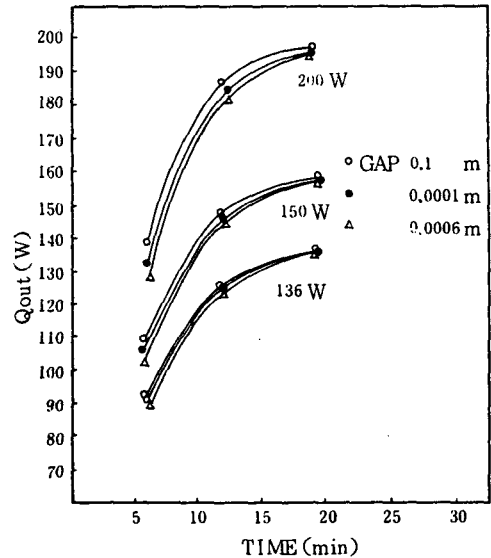


Fig.11 Comparison of changing fluid cap

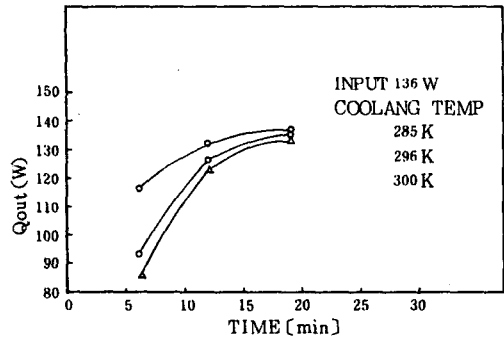


Fig.12 Comparison of changing coolant temperature

겹이 직열배열의 열저항을 갖는다. 겹을 포함한 위의 유효열전도율은 $K_e = K_f K_w / (K_w K_f (1 - \epsilon))$ 의 식으로 열저항에 매우 큰 영향을 주게된다. 겹 0.0002 m인 경우 응축부를 통한 열저항은 겹이 없는 경우에 비해서 6분후에 2.4 W 증가를 보였다. 따라서 열회수를 증가시키기 위해서는 겹을 작게하는 반면 위의 증발부, 응축부에서 환류를 증가시키는 목적으로 그루브위의 겹수를 감소시키는 것이 바람직하다고 사료된다.

Fig. 12는 입력 92 W일때 냉각수 온도를 변화시키면서 열회수 효과에 대해서 비교하였다.

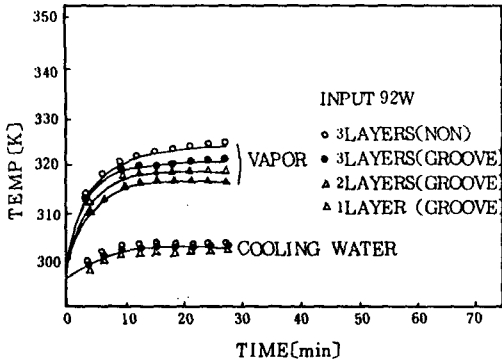


Fig.13 Comparison of screened groove and non grooved wick

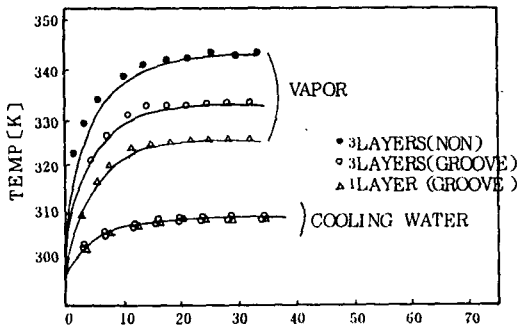


Fig.14 Comparison of screened groove and non grooved wick

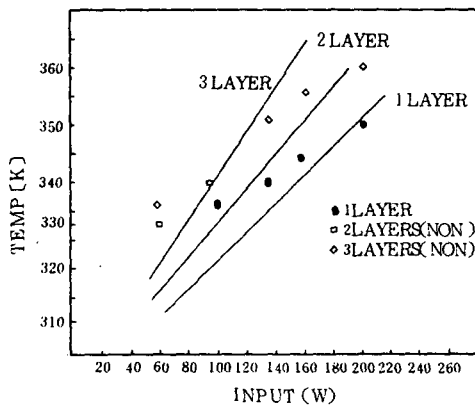


Fig.15 Variation of temperature based on input

각수의 온도가 낮을수록 열회수 효과가 향상됨을 알 수 있었다.

Fig. 13, 14는 나선형 그루브릭 경우와 금

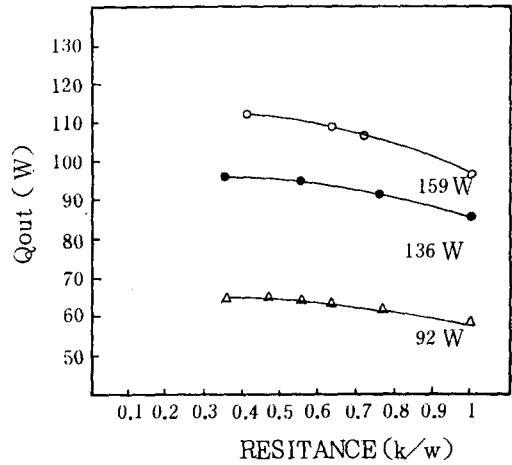


Fig.16 Relation between thermal resistance and Qout (W)

망만한 경우를 비교한 것이다. Fig. 13은 입력이 92 W일때 나선형그루브에 금망 1겹을 한 금망은 3겹보다 증기온도가 3°C 낮게 나타났다. Fig. 14는 입력 159 W에서 해석해와 측정값을 비교한 것으로 1겹그루브 환상형릭의 열저항이 매우 적음을 알았다.

Fig. 15는 가열부의 입력에 따르는 온도변화를 나타내었다. 입력이 증가할수록 가열부 온도는 증가하고, 겹수가 많을수록 온도구배가 컸으며 1겹과 3겹사이에서 근사적으로 이등분을 이루는 2겹은 직선으로 나타났다. 또한 1겹 경우는 고부하에서도 과열되지 않았으며 안정된 값을 얻을 수 있었다. Fig. 16은 입력에 대한 열회수 효과의 관계를 나타낸 것으로 열저항이 클수록 열회수 효과는 적음을 알 수 있었다.

5. 결 론

나선형그루브에 금망을 씌운 환상형 복합릭을 갖는 히트파이프의 열회수 효과를 검토하고, 과도현상을 해석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 해석해는 측정치와 잘 일치하였으며 열회수 효과를 예측하는데 매우 유용하였다.

2. 환상형의 겹수는 증가할수록 응답이 늦었고 나선형 그루우브에 1 겹의 금망위를 씌운 경우는 빠른 열회수 효과를 보였다. 또한 겹수가 1 겹일 경우 고부하에서도 과열되지 않았으며 안정된 값을 얻을 수 있었다.
3. 금망의 겹수와 겹은 열저항과 상호관계를 갖고 열회수 효과는 열저항에만 의존하였다.

참 고 문 헌

- (1) 後藤巖, 青本恭彦, “低溫時 ヒートパイプの傳熱特性 及び傾斜角 加熱 冷却條件の影響,” 土木學會年次學術講演會 第2部 38th, pp. 493-494, 1983.
- (2) 井村英昭, “金綱ウイツケヒートパイプの傳熱特性,” 日本傳熱シンポジウム 講演論文集, 21st, pp. 505-507, 1984.
- (3) 三田井裕二, 吉岡啓介, “複合ウイツケをもフ ヒートパイプにおける 傳熱性能に關する 實驗的 研究,” 日本傳熱シンポジウム 講演論文集, 19th, pp. 244-246, 1982.
- (4) 野田英彦, 吉岡啓介, “円周金綱型 ヒートパイプにおける 蒸發部 液膜舉動,” 大分大學工學部 研究報告, Vol. 10 pp. 7-14, 1983.
- (5) 吉岡啓介, 濱式俊朗, “複合ウイツケをもフ ヒートパイプの 傳熱特性に關する 實驗的 研究,” 大分大學 工學部 研究 報告, Vol. 9 pp. 19-24, 1982.
- (6) 野田英彦, 吉岡啓介, “均質綱目ウイツケをもフ ヒートパイプの 傳熱能に關する 實驗的 研究,” 大分大學 研究 報告, Vol. 9 pp. 25-31, 1982.
- (7) G.T. Colwell, W.S. Chang, “Measurements of the Transient Behavior of a Capillary Structure Under Heavy Thermal Loading,” Int. J. Heat Mass Transfer, Vol. 27, pp. 541-551, 1984.
- (8) D.W. Peaceman, “FORTRAN によふ 數値計算 ハンドブツウ”, pp. 276-277, オーム社
- (9) B. Carnahan, Analysis of Heat and Mass Transfer, McGraw-Hill, New York, 1972.
- (10) J. Douglas and J.E. Gunn, “A General Formulation of Alternating Direction Methods, Part I, Parabolic and Hyperbolic Problems,” Numerische Mathematic, Vol. 6, pp. 428-453, 1964.
- (11) L. Lapidus, Digital Computation for Chemical Engineers, McGraw-Hill, New York, 1962.
- (12) R.L. Daniel and O.D. Kevin, “Continuously Deforming F.E. for the Solution of Parabolic Problems with and without Phase Change”, Int. J. Numerical Method in Engineering, Vol. 17, pp. 81-96, 1981.
- (13) J.W. Kevin, “Two-Dimensional Numerical Simulation of Casing Solidification with Heat Pipe Controlled Boundary Condition,” Thesis. G.I.T. 1982.
- (14) Rayleigh, “Thermal Conductivity of Heterogeneous Materials is a useful concept,” Chemical Eng. Prog., Vol. 57, 1980.
- (15) I.P. Frankand D.P. David, Fundamentals of Heat Transfer John Wiley & Sons, New York, 1981.