

熱管原理構造、性能與驗證 實務

瑞領科技有限公司

桃園縣楊梅幼獅工業區獅二路7號

TEL : 886-3-464-3221

FAX : 886-3-496-1307

Web Site : <http://www.longwin.com>

E-mail : longwin@longwin.com

2005.09.06

內容大綱

一、熱管原理構造與研究簡介

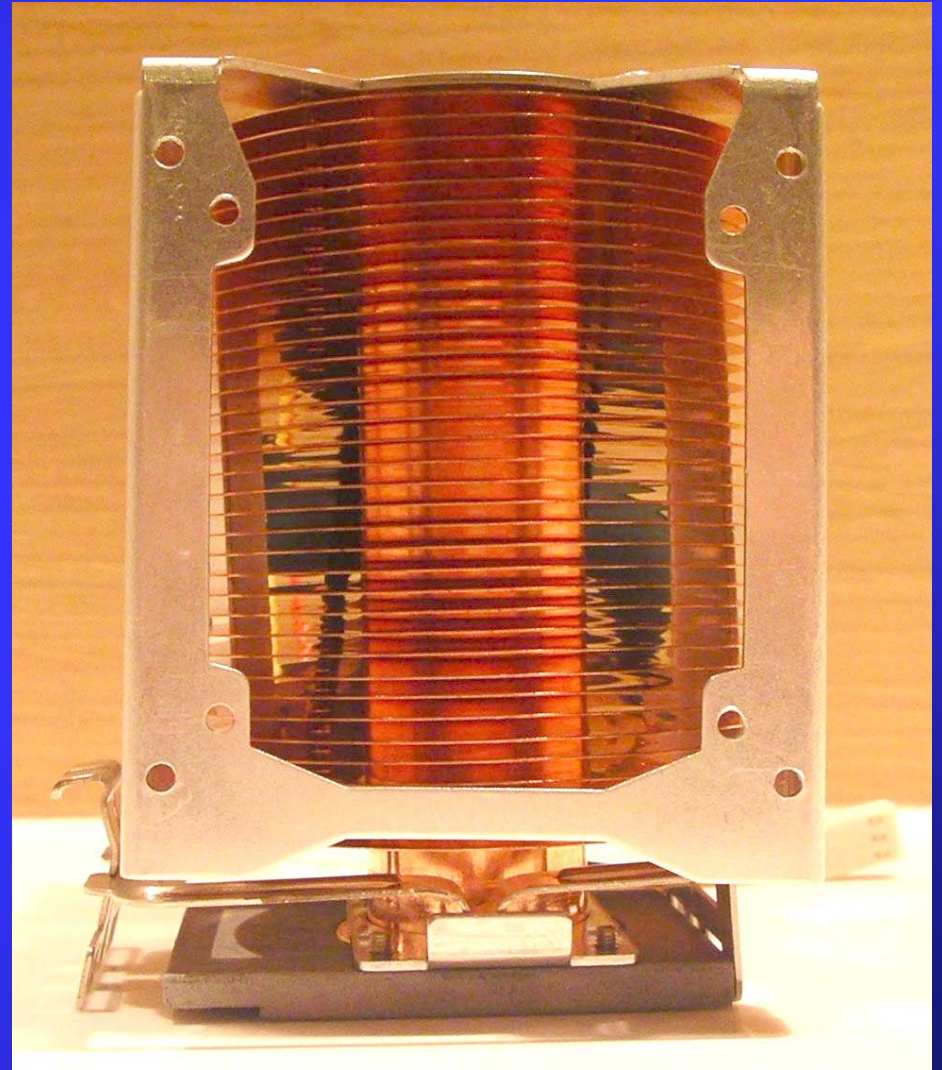
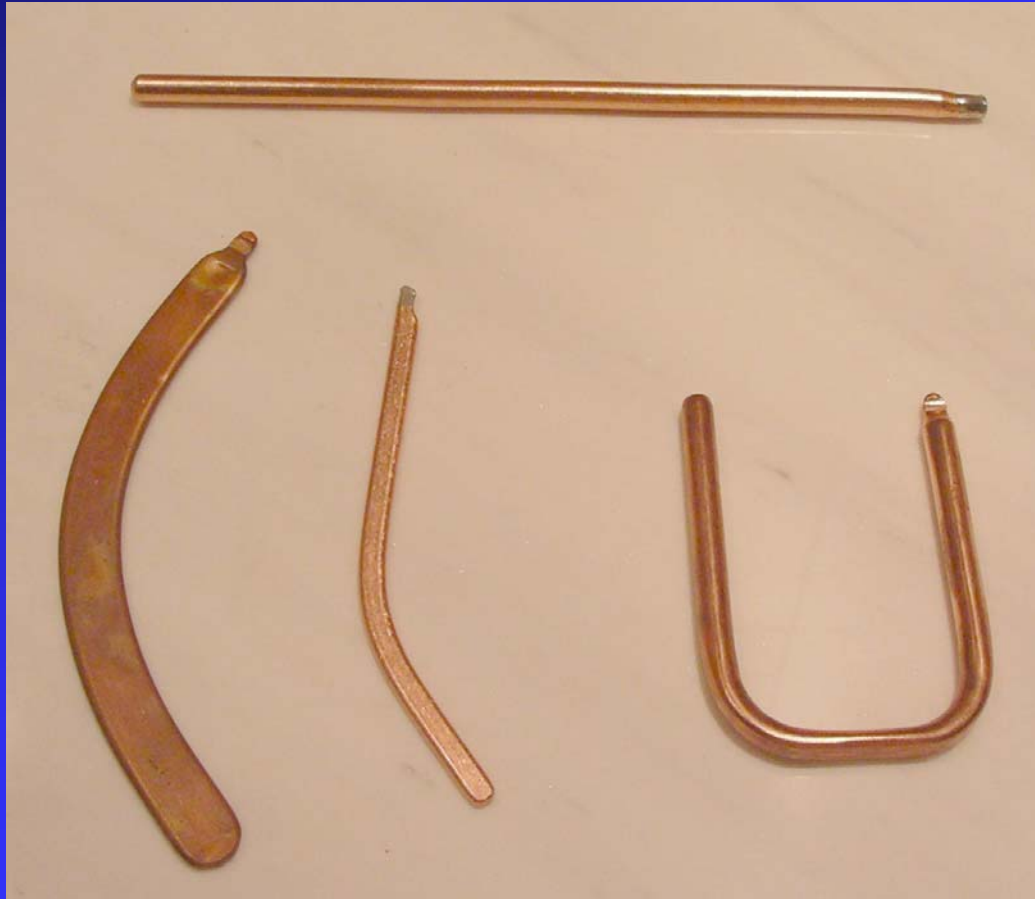
二、熱管製造

三、熱管性能測試

熱傳量、溫度差、熱反應

四、熱管信賴度測試

五、均溫板與迴路式熱管



一、熱管原理構造與研究簡介

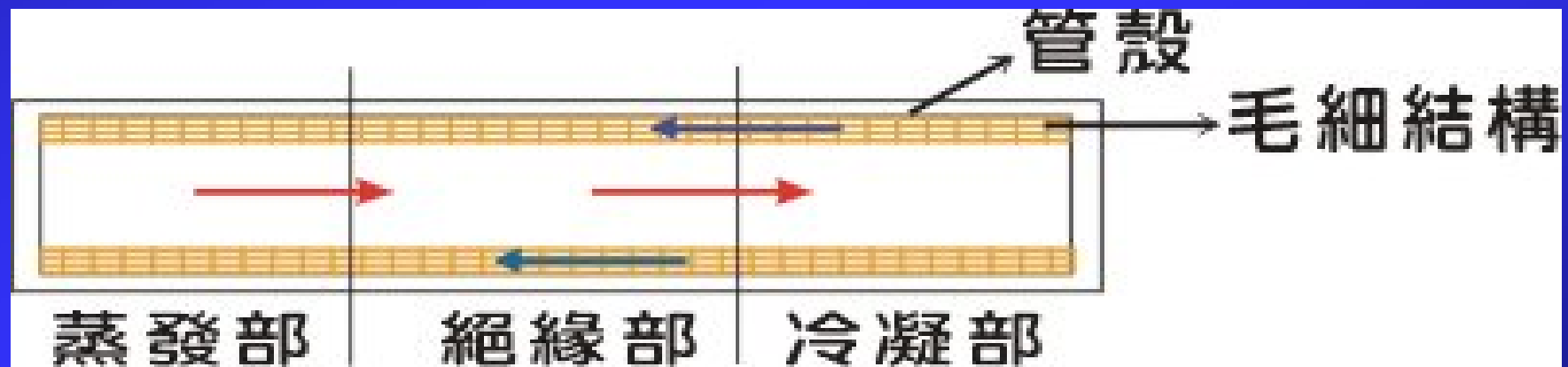
熱管在幾乎沒有傳熱損失下，
能快速將熱量由一端傳到另一端，俗稱熱超導。

此理念于1942年由 R. S. Gaugler 提出，

直到1962年 G. M. Grover 發現其特性才開始發展。

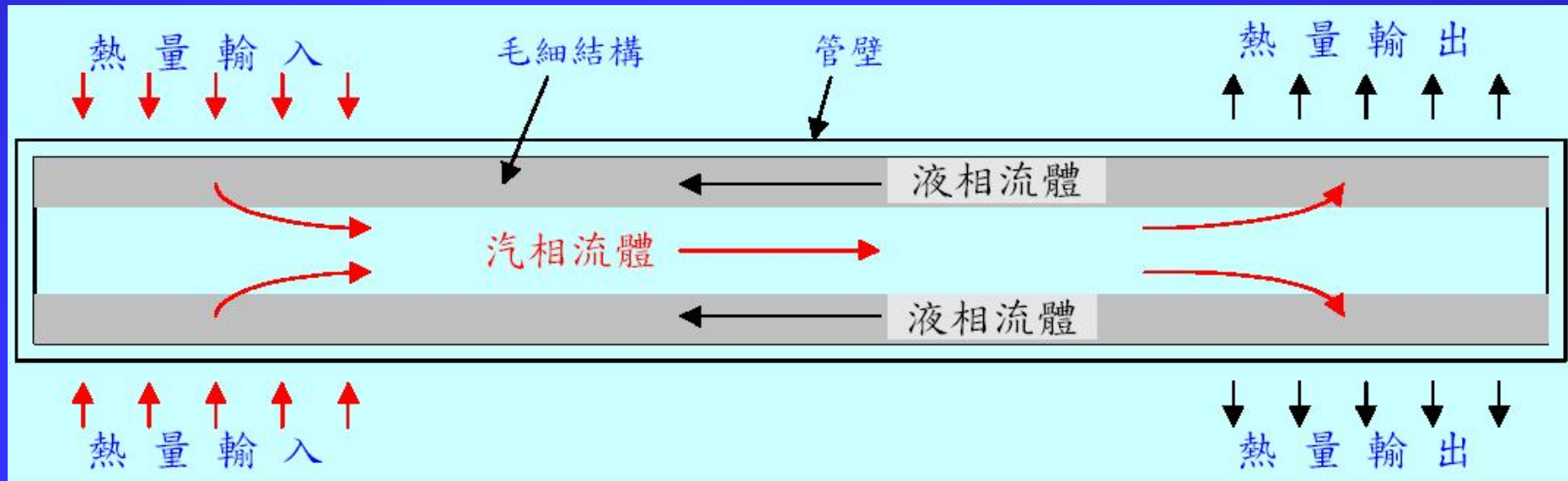
熱管三基本元件：

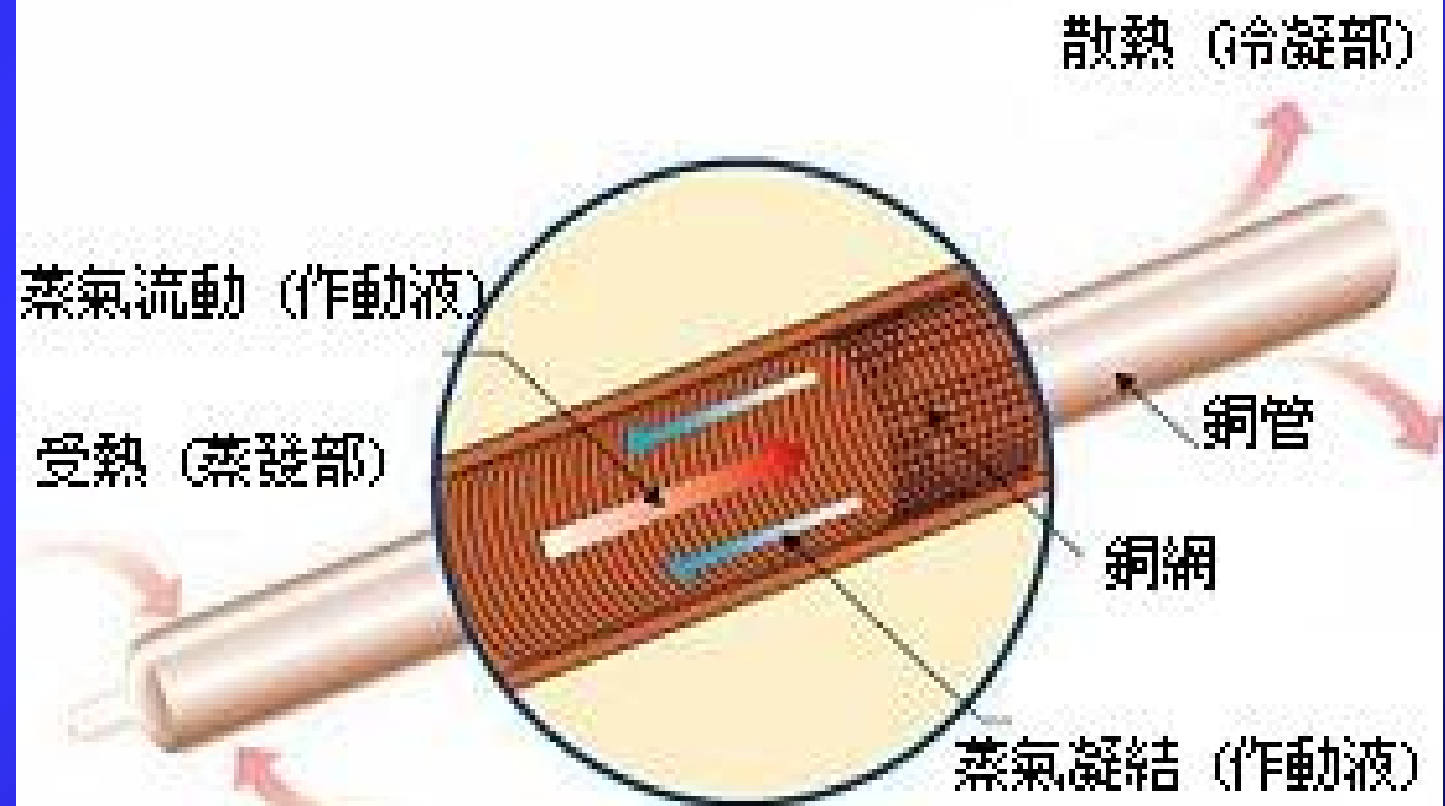
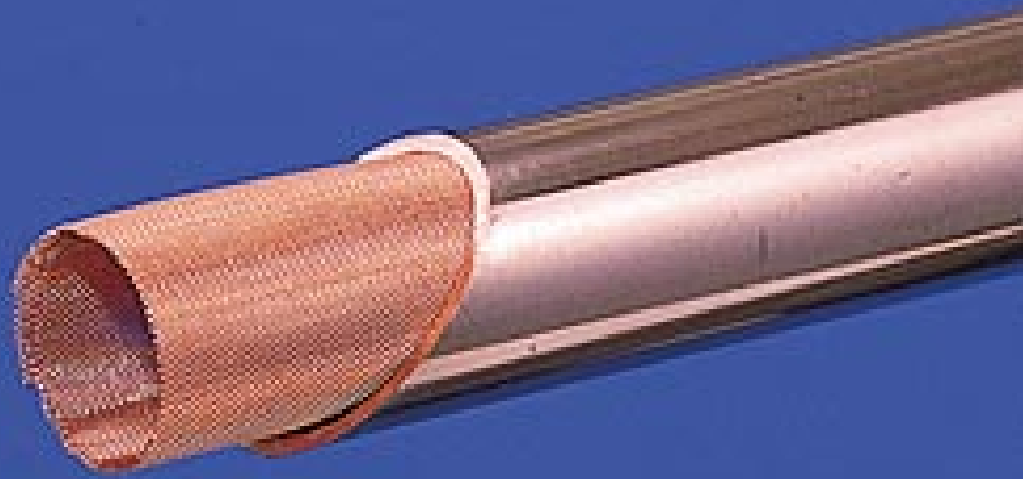
1. 容器
2. 毛細結構
3. 工作流體。



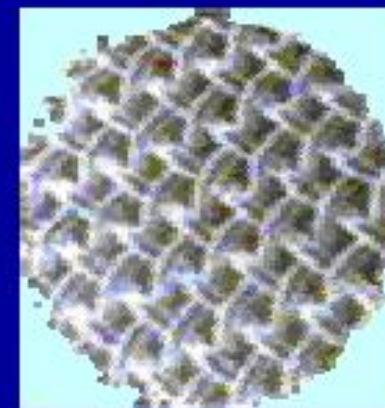
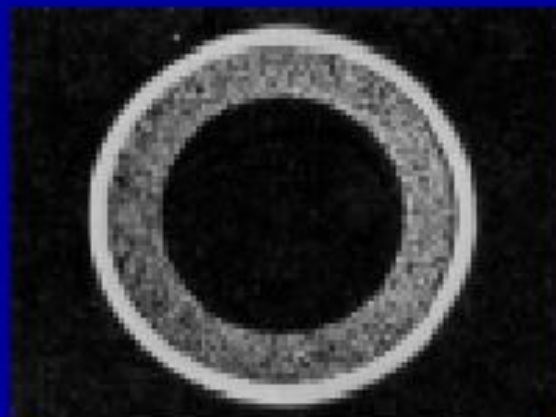
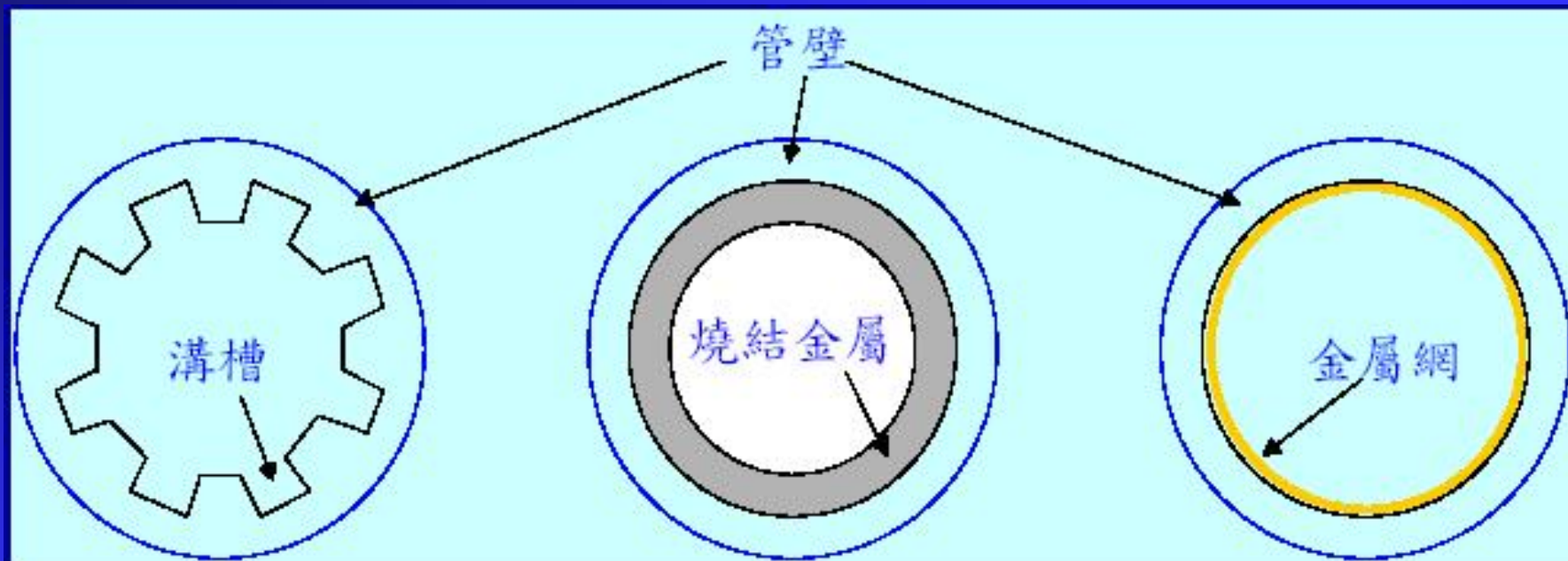
在真空的封閉容器中，

- A. 當受熱端將工作流體蒸發成汽相，
 - B. 汽相流經過中空管道到冷卻端，
 - C. 冷卻後將工作流體凝結成液相，
 - D. 冷凝後再藉由毛細結構吸回受熱端，
- 如此即完成吸-放熱循環，達到熱量傳遞功效。





各式毛細結構



容器毛細結構分析

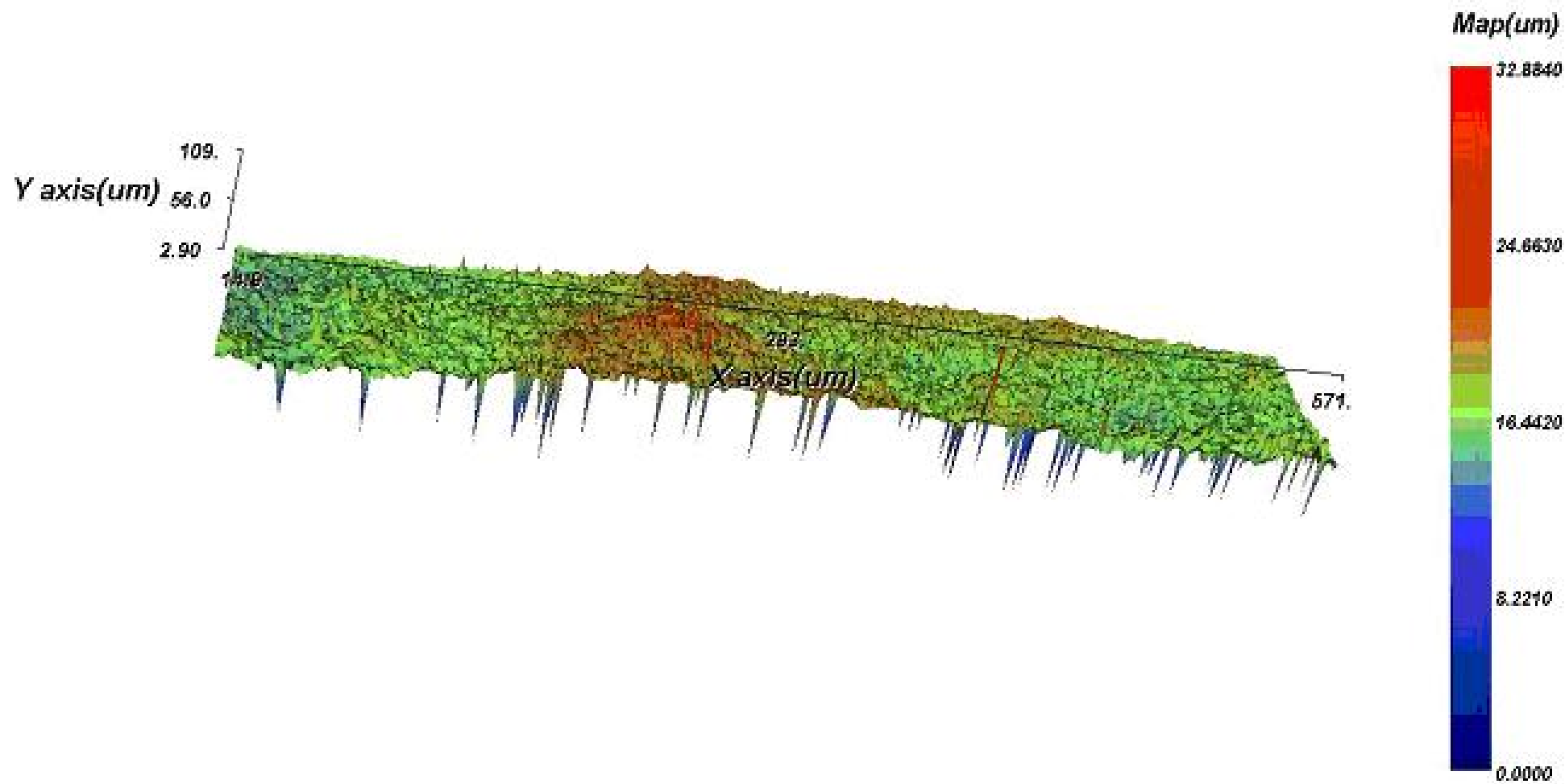
白光干涉顯微鏡(White Light Interference microscope)

共軛焦顯微鏡(Confocal Scan Microscope)

The screenshot displays the software interface for a microscope. On the left is a large grayscale image of a container's fine structure. The right side contains several control panels:

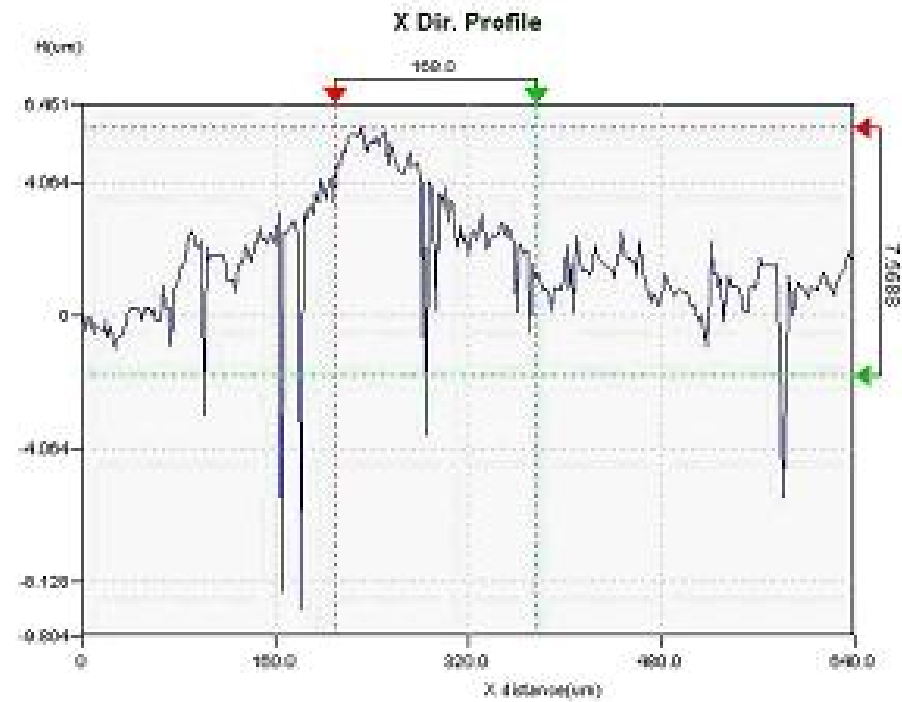
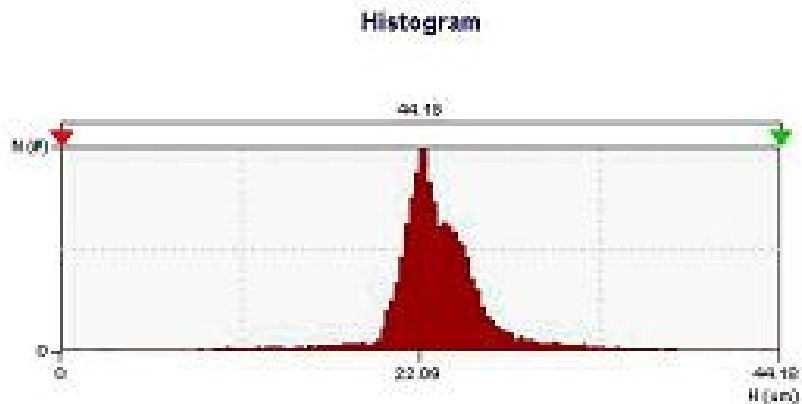
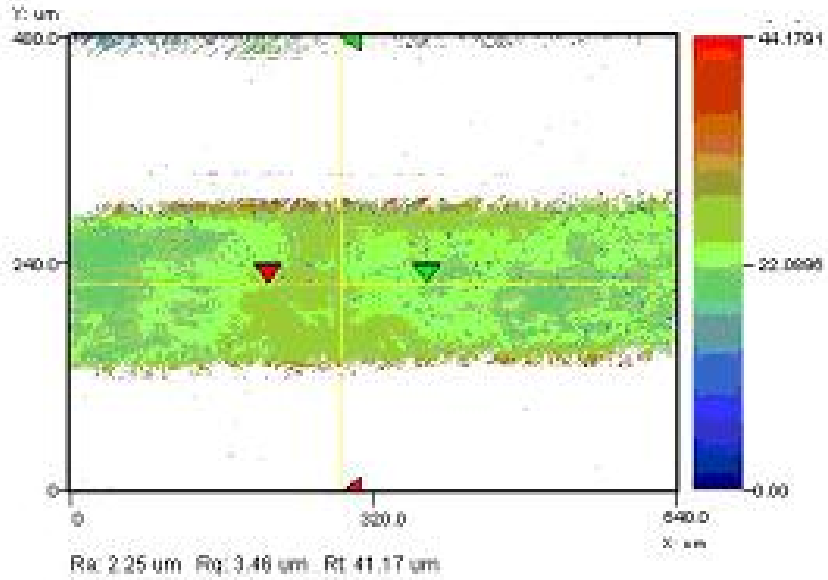
- Measure Information:** Title, Operator, Date & Time (2005-06-16 11:08:36), and Comment fields.
- Lamp Level:** A slider set to 62, ranging from 0 to 255.
- Lens Turret:** MAG dropdown set to 10x Int Obj, with radio buttons for 12.5x, 15x, 110x (selected), 120x, and 150x.
- Jog View:** Directional arrows for X, Y, and Z axes, with a FAST button.
- Coordinate:** Frame dropdown set to MCS, and coordinate values: X: 22.7375 mm, Y: -28.9538 mm, Z: 0.0000 mm, A: 0.00000 deg.
- Measuring Condition:** WSI/PSI dropdown set to WSI, WSI Mode dropdown set to Mode1, Scan Mode buttons (Mid, Up, Down), Scan. USR dropdown set to USR FULL, and Scan. DSR dropdown set to DSR FULL.
- Average Height difference:** A table with a 'Height' column.
- Geometry Measurement:** A toolbar with icons for various measurement tools and a table with columns for Tool, X, Y, Z, and Value.

3D影像分析



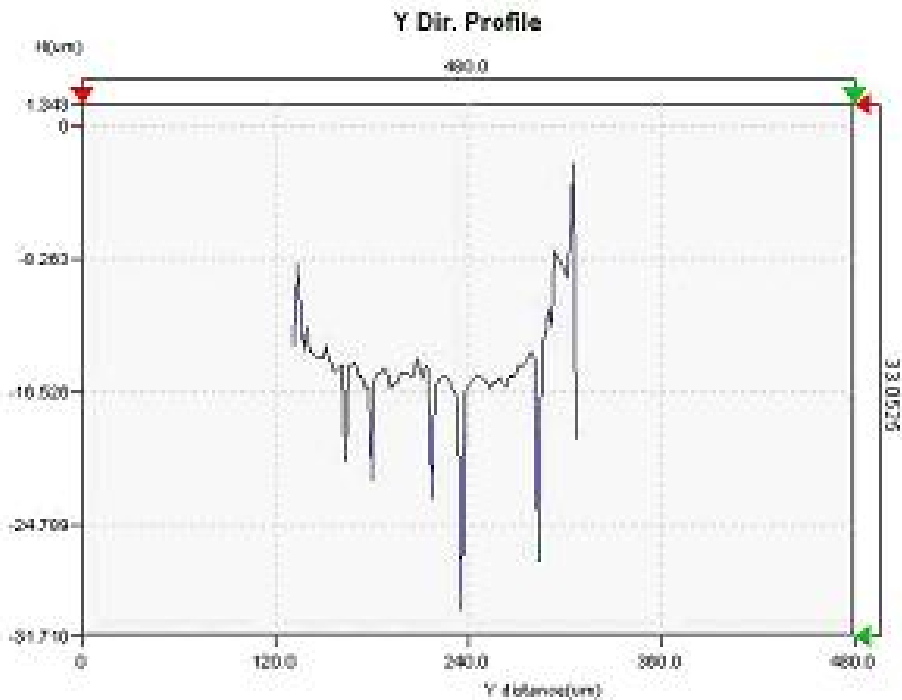
2D粗糙度分析

Title :
Name :
Date & Time : 2005-05-16 11:00:58
Obj : 10x (Int Obj)
WSI, High Accuracy Mode



Roughness
Ra : 0.60 μm
Rq : 0.90 μm
Rl : 5.50 μm
Rp : 1.14 μm
Rv : 4.44 μm

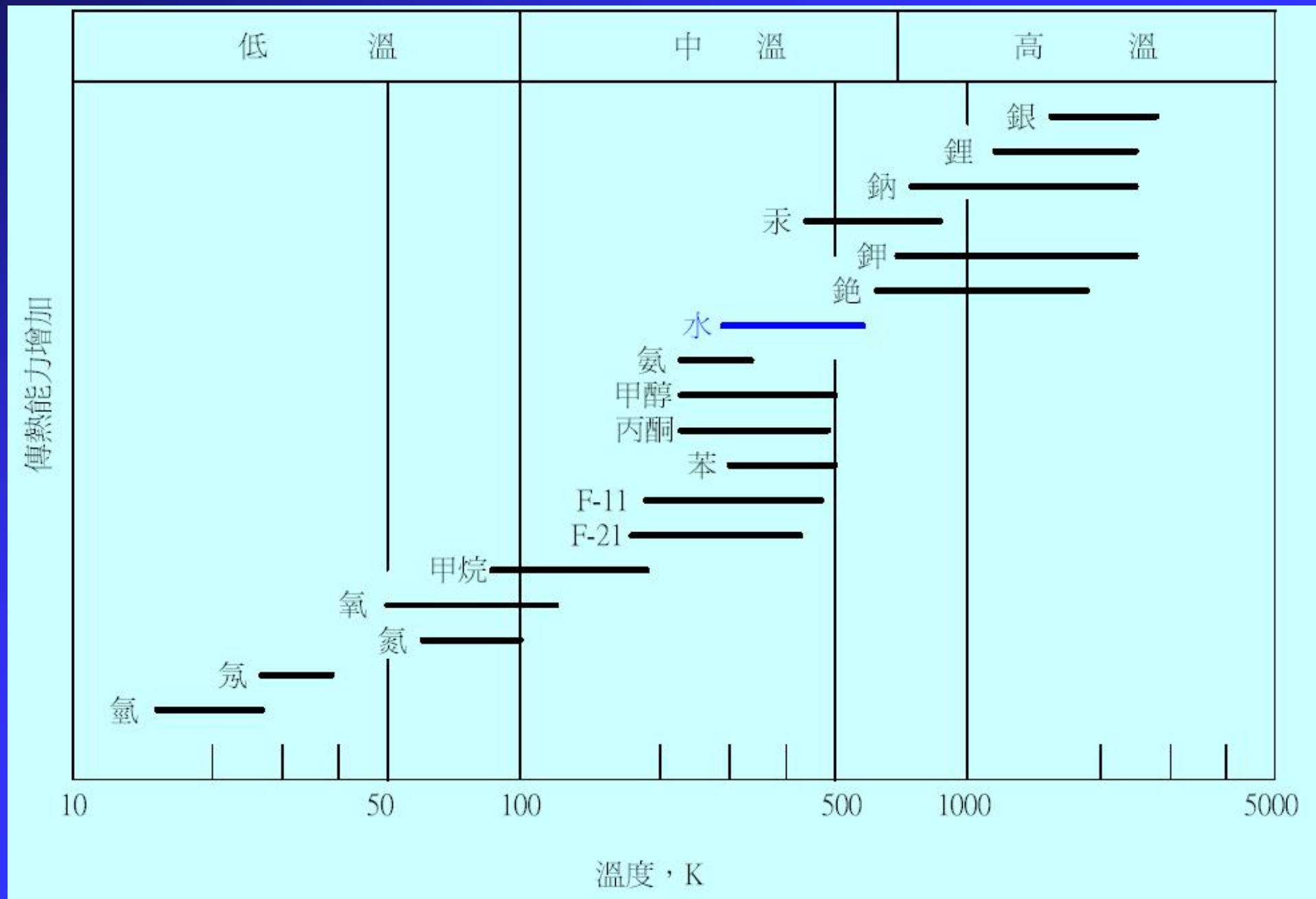
Informations
AH : 2.442 μm
AW : 94.000 nm



Roughness
Ra : 2.34 μm
Rq : 4.05 μm
Rl : 29.80 μm
Rp : 14.74 μm
Rv : 15.16 μm

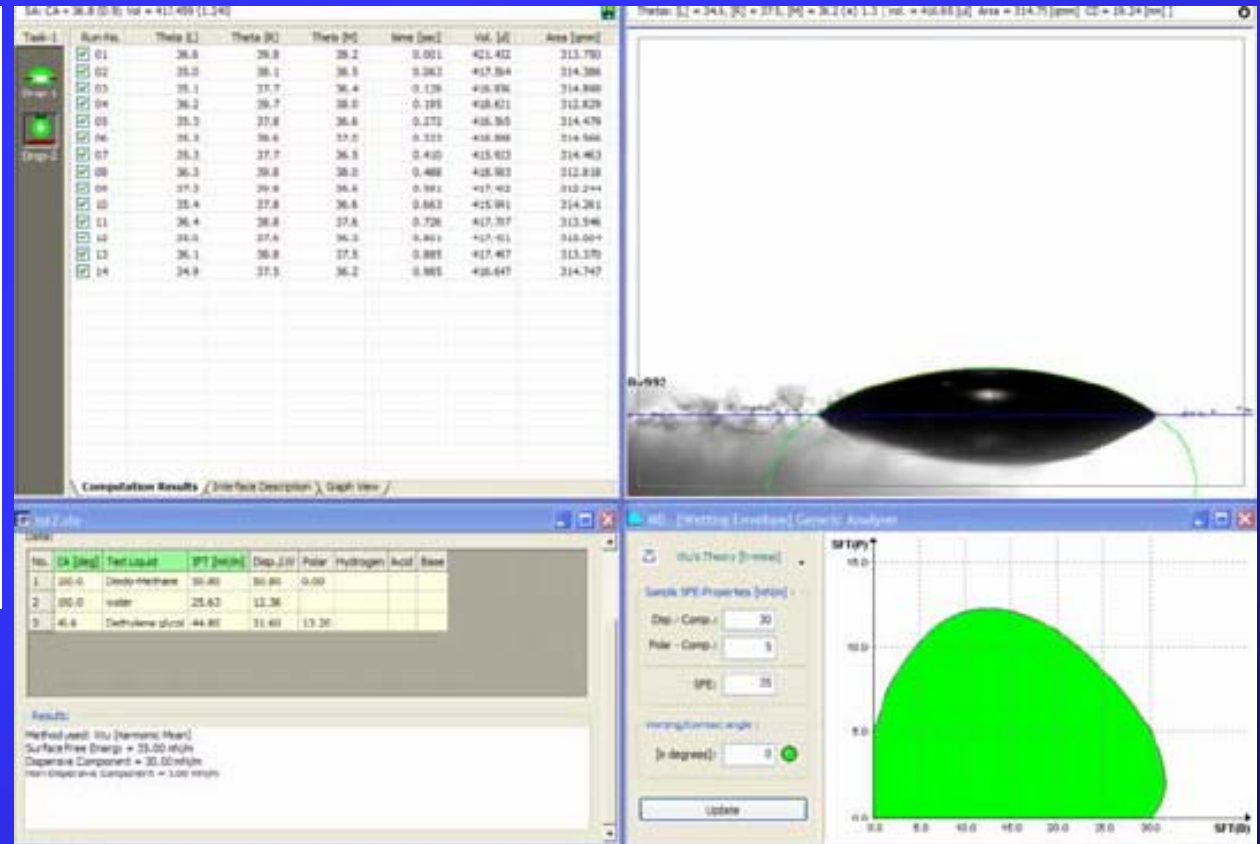
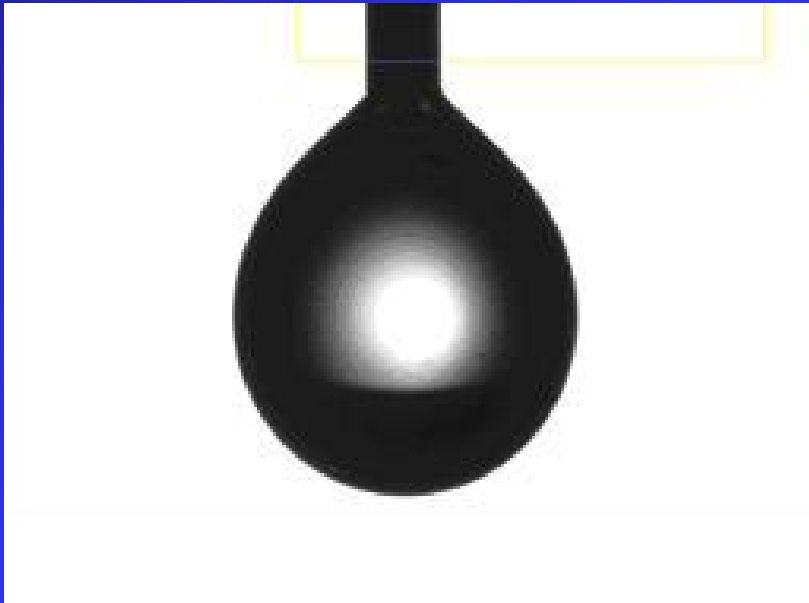
Informations
AH : 6.840 μm
AW : 340.000 nm

工作流體



工作流體分析

毛細力、潤濕性、清潔度、表面張力、
表面自由能、吸附動力學、塗佈性能等資訊。



熱管性能由毛細結構型式決定。

品質由生產製造技術決定。

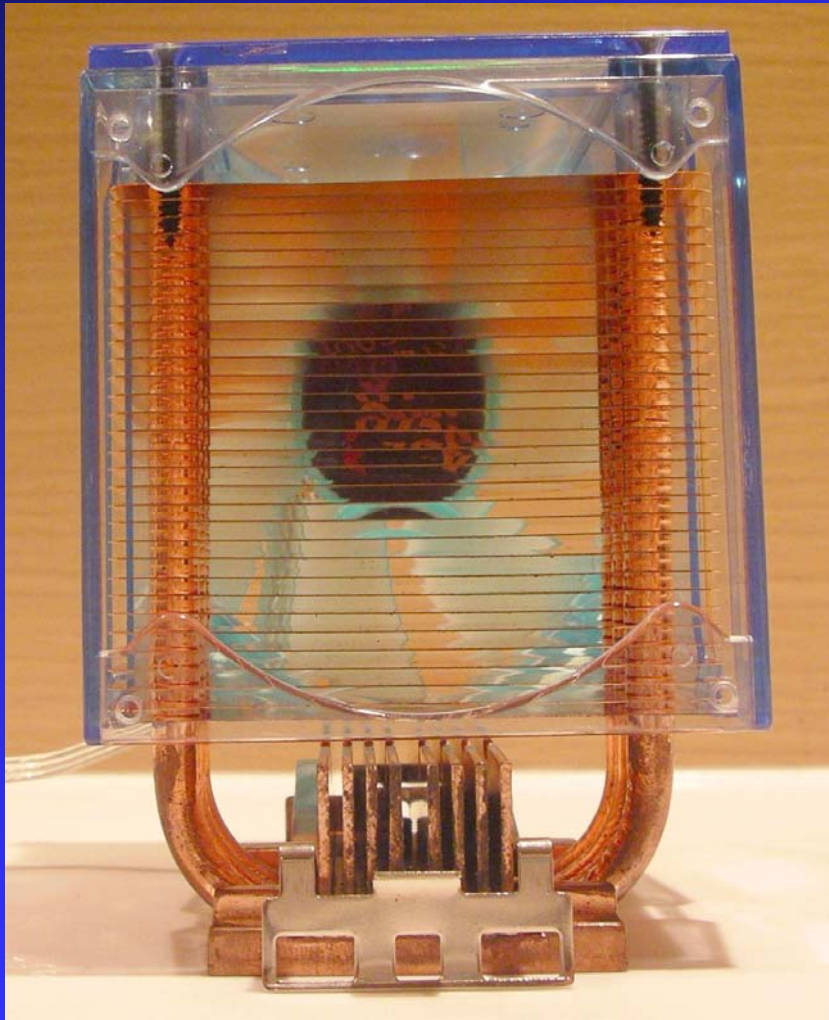
目前量產製造的熱管，
外部容器為極高純度的無氧銅管，
內附毛細結構，
其結構內部充填適量的純水當工作流體。

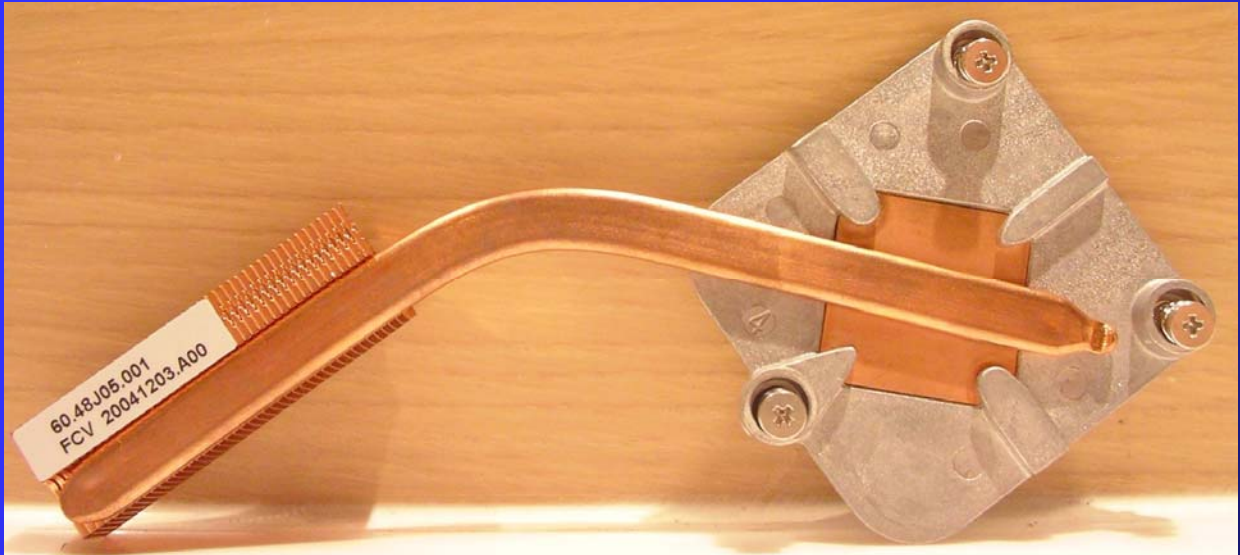
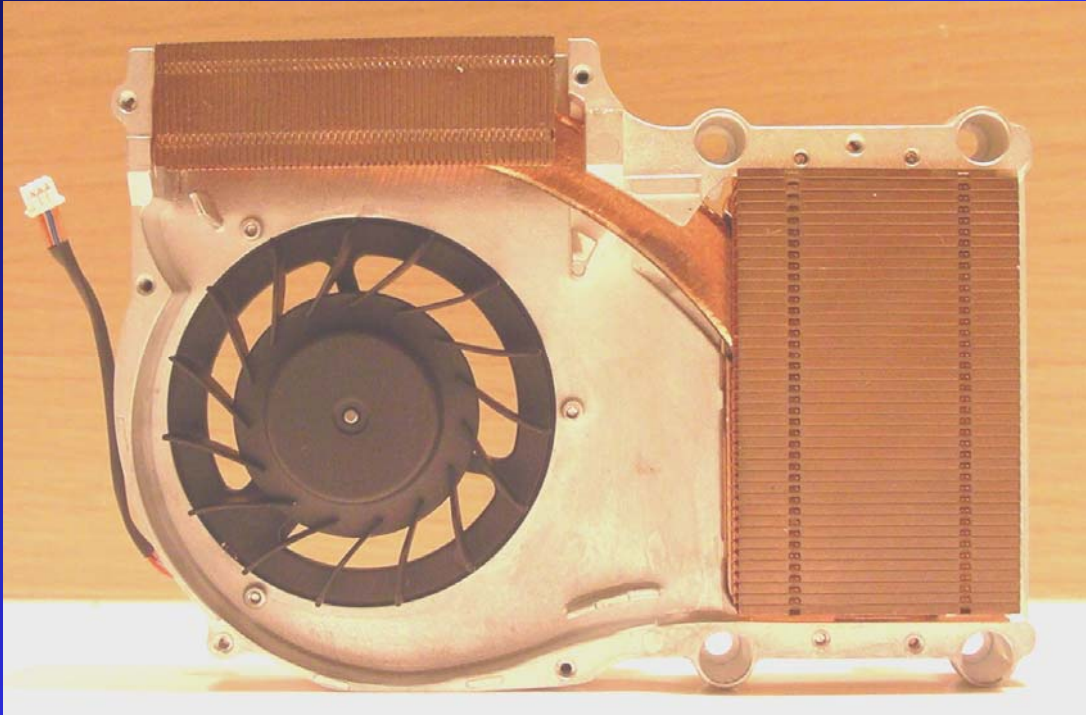
熱管優點及特性

- ☆. 溫度分佈均勻
- ☆. 熱阻小
- ☆. 熱反應快速
- ☆. 傳熱量
- ☆. 重量輕體積小
- ☆. 結構簡單
- ☆. 無磨耗壽命長
- ☆. 無需電源
- ☆. 可在無重力場下運作

熱管產品應用

微熱管產品應用 (便攜式產品, 3C)	筆記型及個人電腦(20000萬台/年) 遊戲機(4500萬台/yr) PDA(1890萬台/yr)
熱管產品應用 (產業及電力設備)	音響電晶體散熱(500萬枚/年) 視訊轉換器(25000萬台/yr) 音響功率晶體散熱(500萬枚/yr) 光學元件的溫度控制
熱管產品應用 (熱交換器應用)	密閉框體冷卻(55000組/年) 空氣加熱器 蒸氣產生器
熱管產品應用 (機械、模具之應用)	工作母機主軸之冷卻 熱封機均溫應用 模具均溫冷卻
熱管產品應用 (自然能源、民生家庭)	液晶電視、電漿電視、投影機 熱管式太陽能熱水器 調理鐵板、燒肉用串 飲料調酒溫度顯示棒、奶油刀





二、熱管製造

熱管生產之主要關鍵技術，
設計、製造及測試三大部份。

設計部份包括：

1. 熱傳設計：不同毛細規格及操作條件下
熱管之傳熱限制、傳熱能力
及熱阻計算分析。
2. 機械設計：強度、結構及外型。

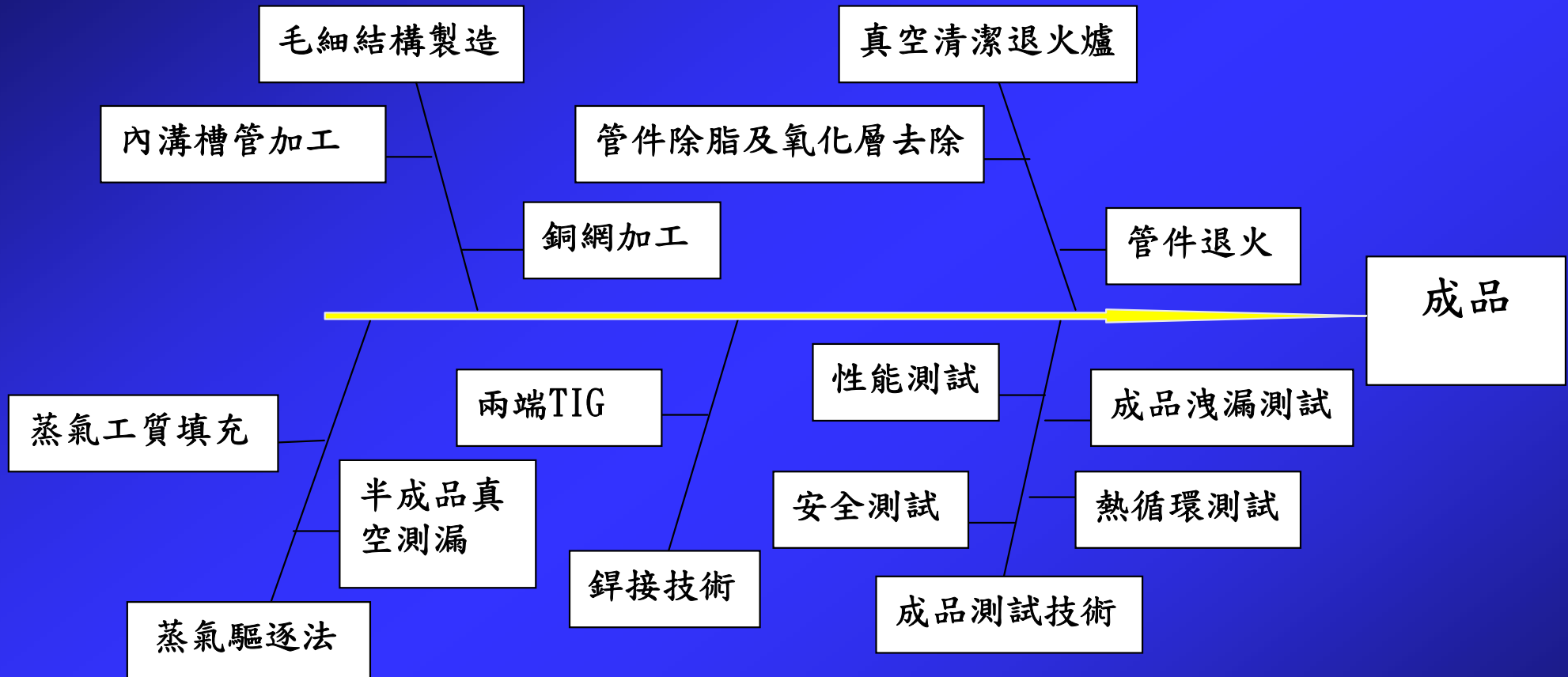
製造部份包括：

1. 毛細結構製造：燒結溝槽管製作及金屬網自動化安裝。
2. 洗淨及熱處理：去脂、鹼洗、酸洗、水洗及去氧化層等。
3. 工作流體：真空充填、蒸汽驅逐法及加熱驅除法充填技術。
4. 焊接：管端縮口及銲接（氬銲、電離子銲）。
5. 自動化：機構設計、製程控制及自動化。

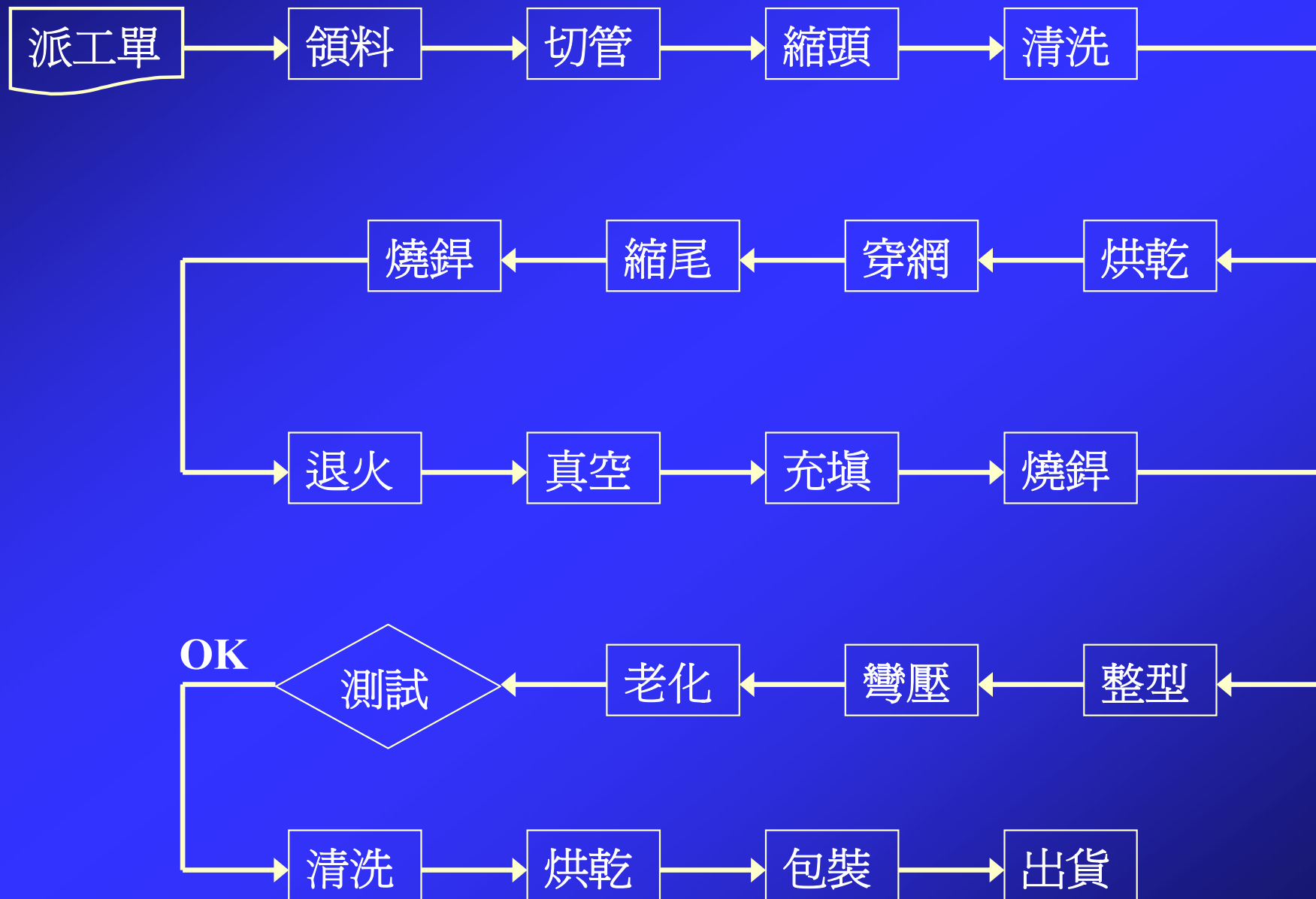
測試部份則包括

1. 成品性能測試：傳熱能力、熱阻、熱反應。
2. 成品信賴度測試：洩漏率量測、強度(爆破)測試
加速老化、
冷熱循環、冷熱衝擊。

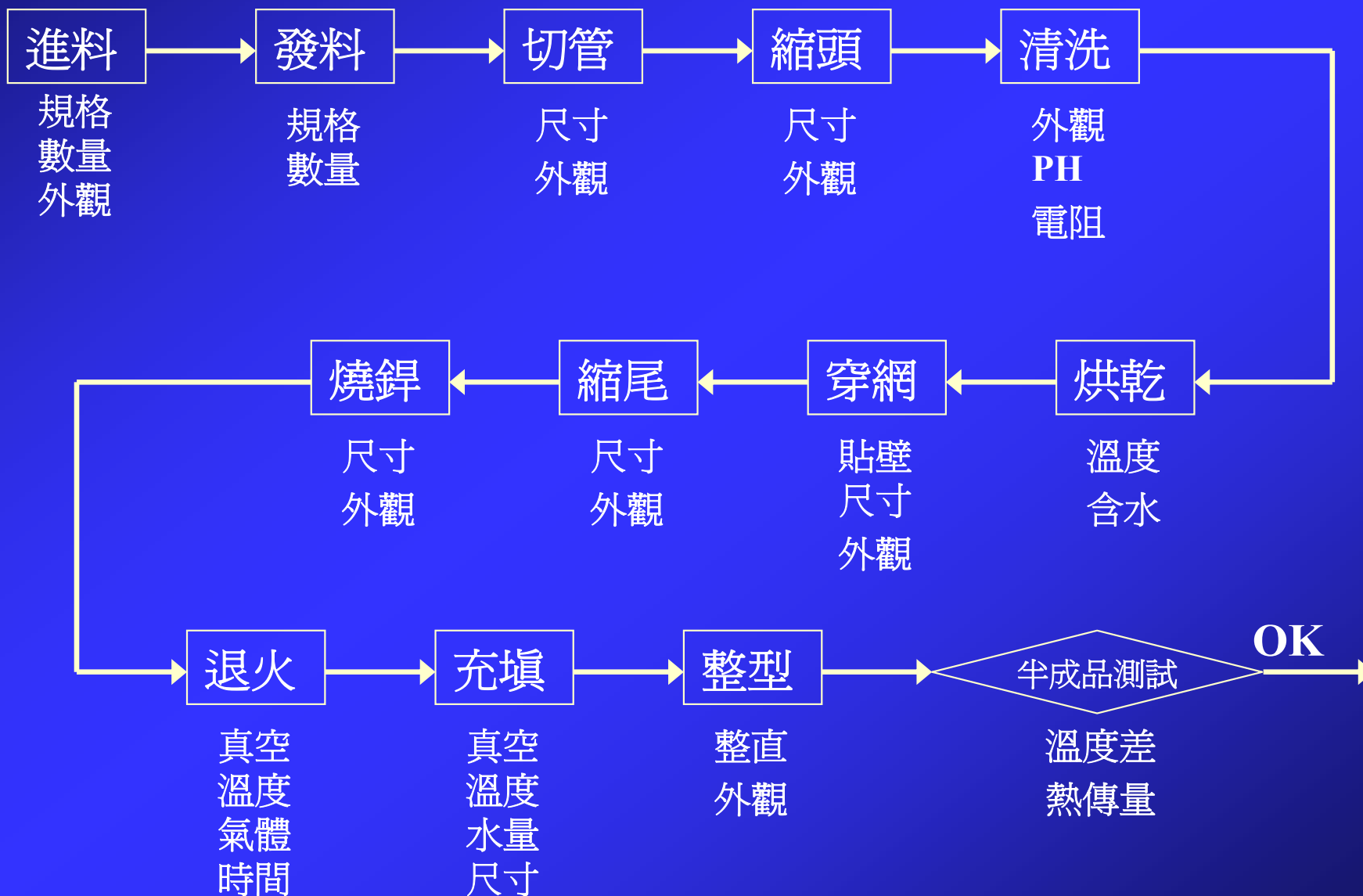
技術關連圖

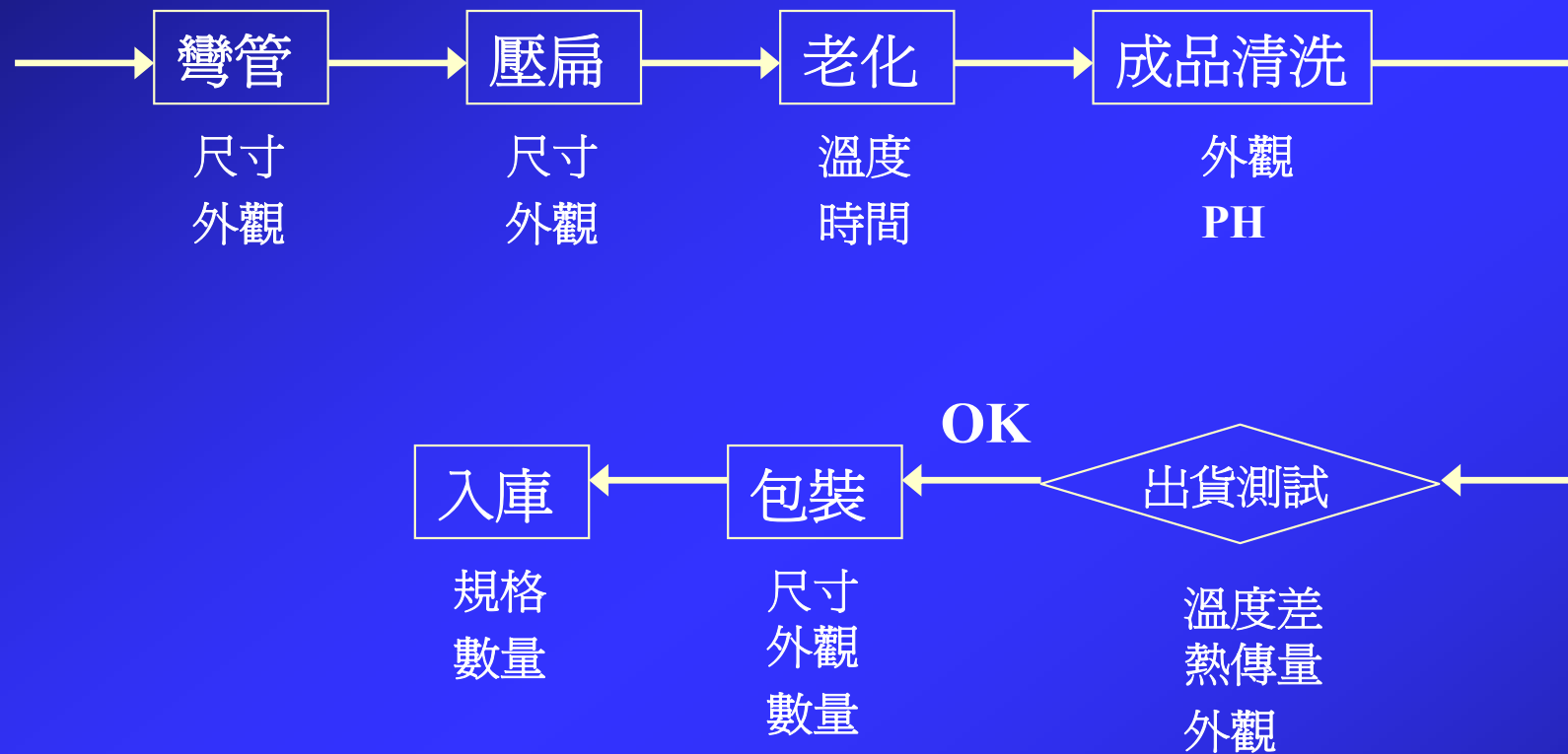


生產流程



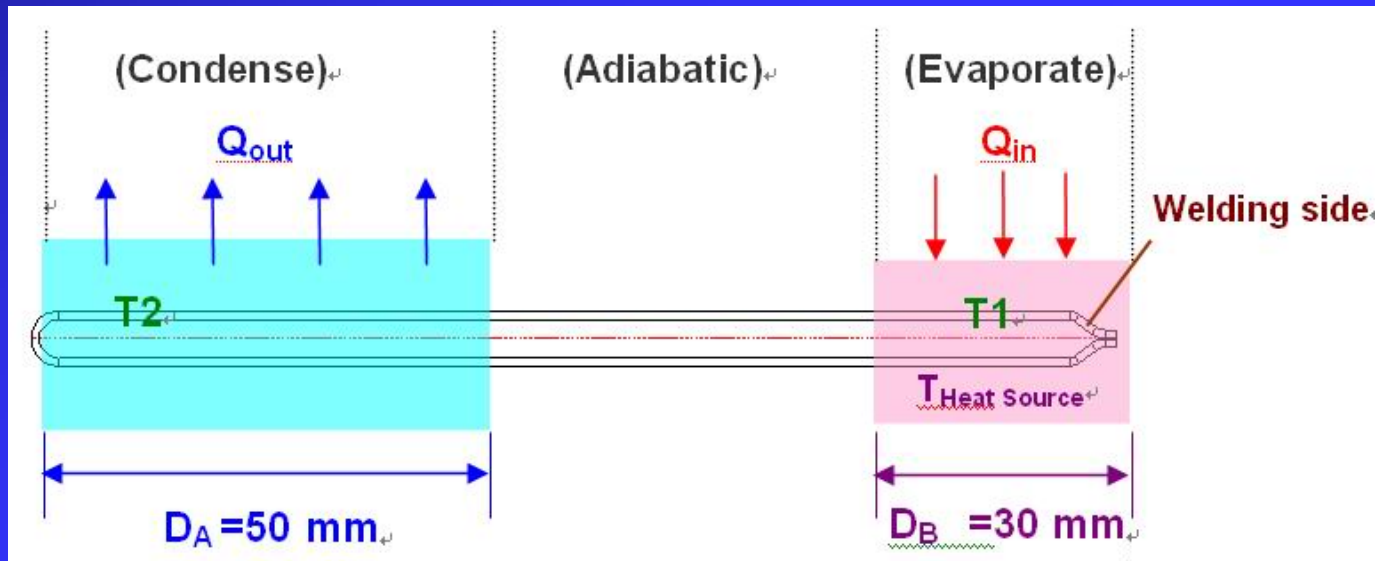
品管流程及管制重點





三、熱管性能測試

☆熱傳量、 ☆溫度差、 ☆熱反應

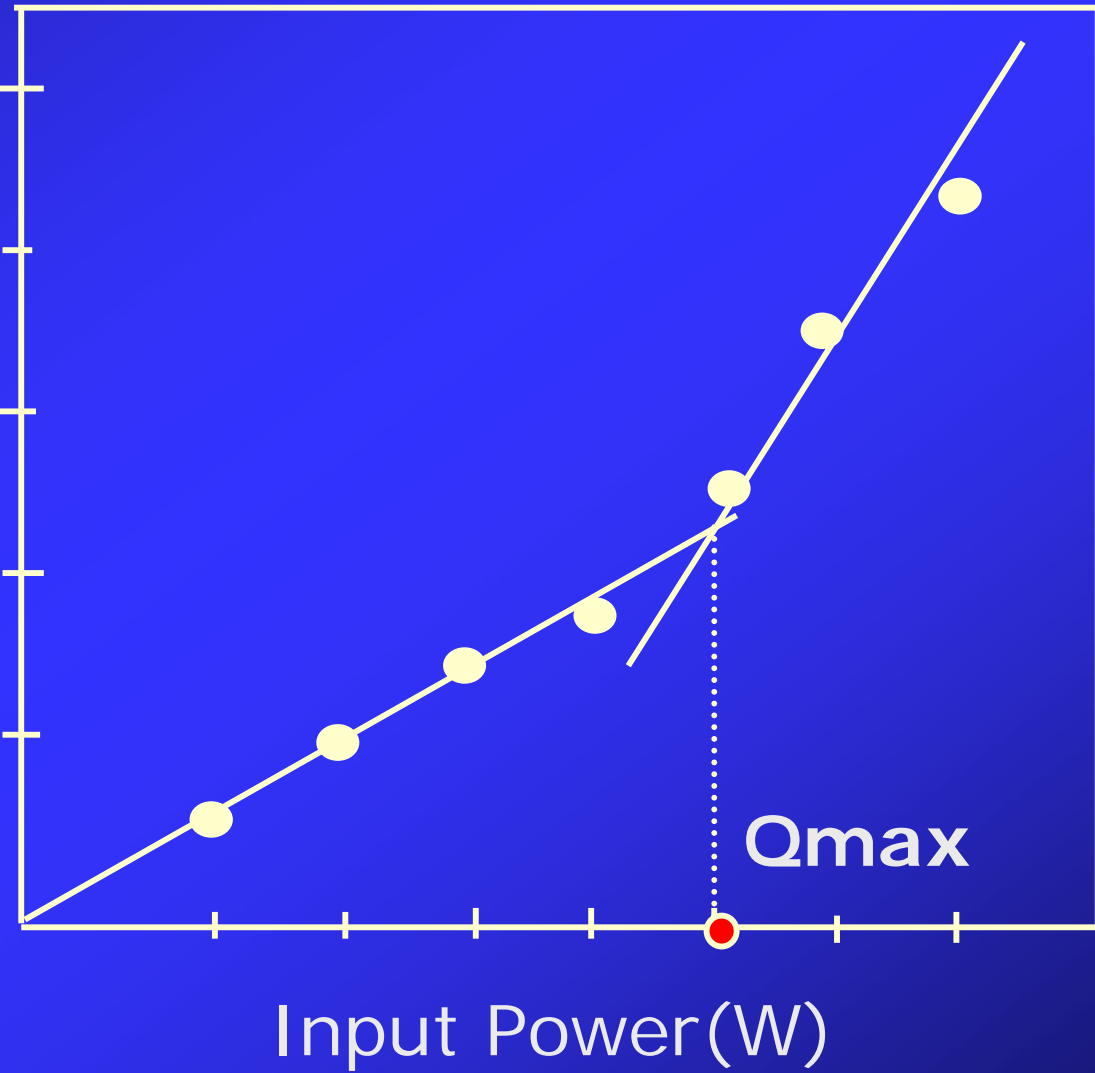


$$T_{Heat Source} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$

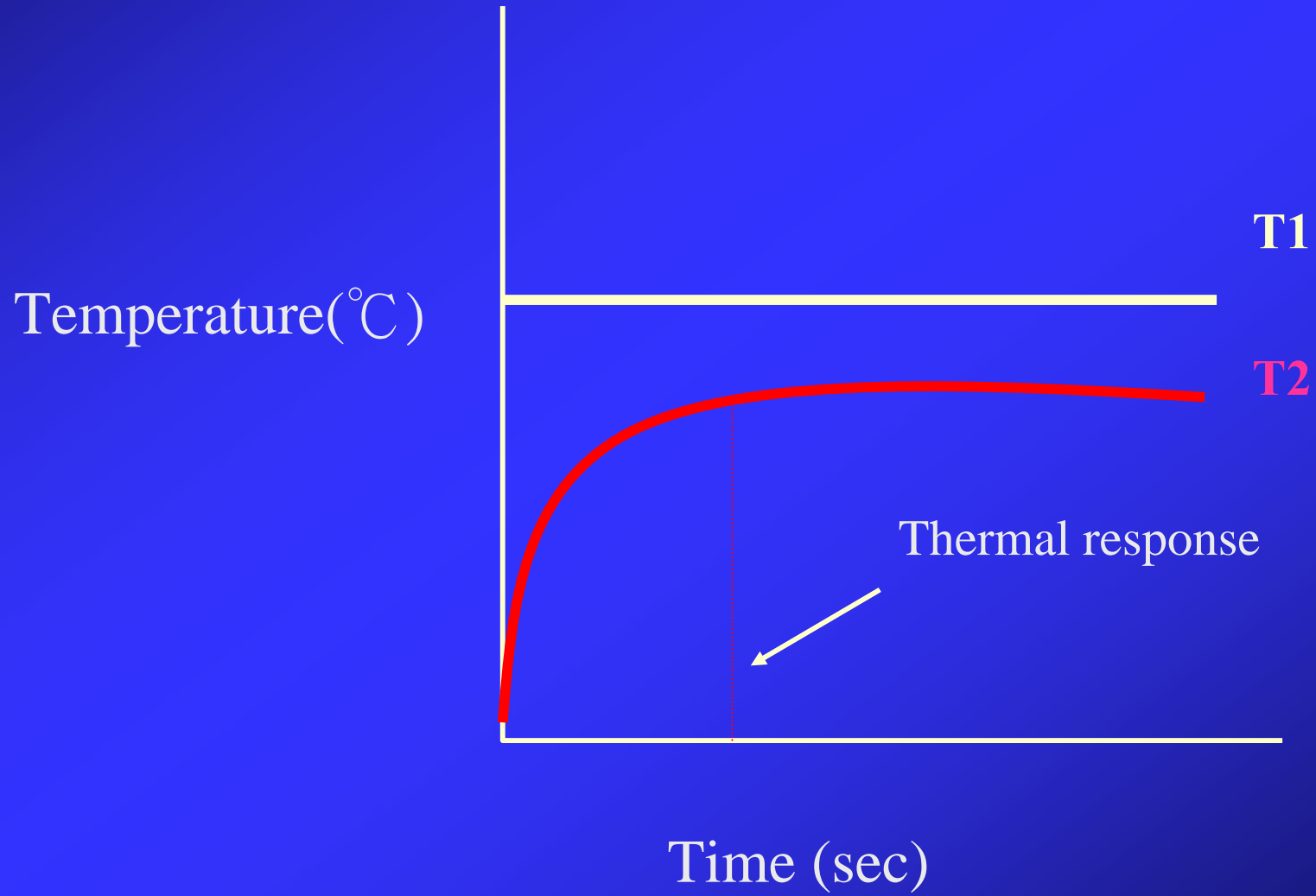
- $D_A = 50 \text{ mm}$ in contact with heat pipe
- $D_B = 30 \text{ mm}$ in contact with heat pipe
- $T_{ambient} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
- Find Q -max while $\Delta T \geq 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\Delta T = T_1 - T_2$)

☆熱傳量

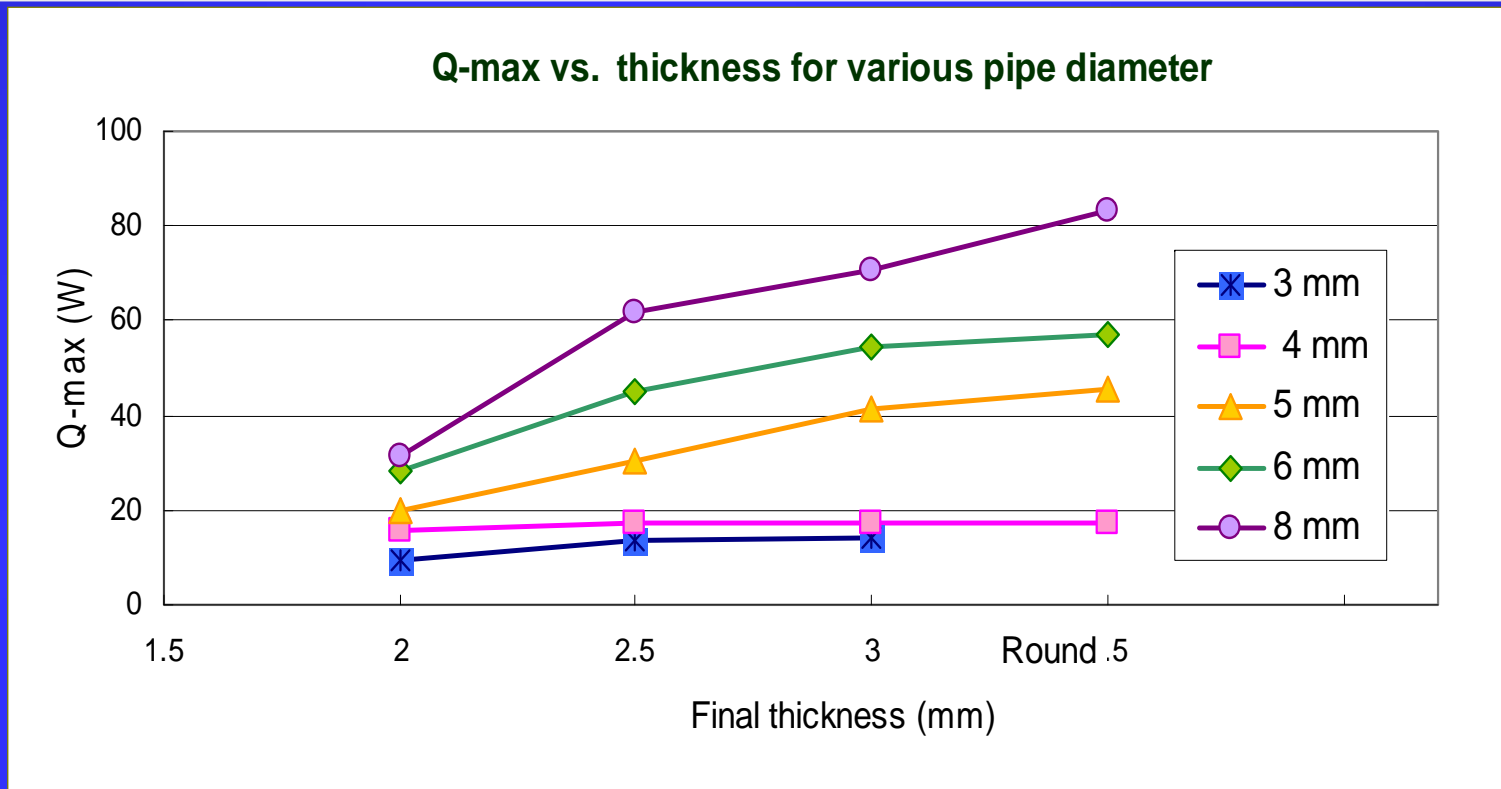
$$\Delta T = (T_1 - T_2) (\text{°C})$$

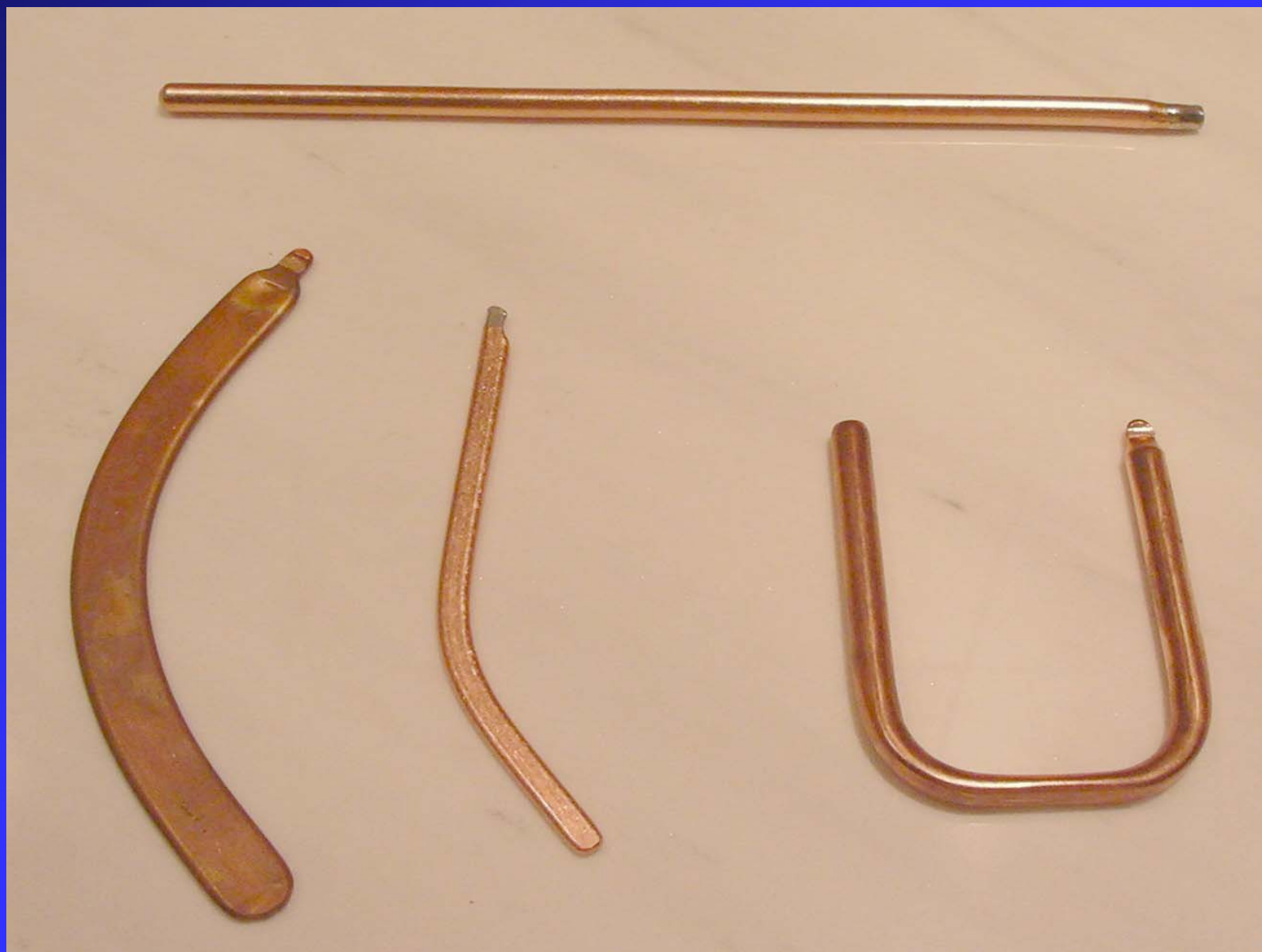


☆熱反應



Final Forming Thickness	Pipe Diameter (Q-max)				
	Length ~ 200 mm				
	ϕ 3 mm	ϕ 4 mm	ϕ 5 mm	ϕ 6 mm	ϕ 8 mm
T = 2.0mm	9 W	16 W	20 W	26 W	31 W
T = 2.5mm	13 W	17 W	31 W	45 W	62 W
T = 3.0mm	14 W	17 W	40 W	55 W	70 W
Round	14 W	17 W	43 W	57 W	82 W





熱管應用：折彎、壓扁、段差

四、熱管信賴度測試

- ☆加速老化、
- ☆冷熱循環、
- ☆冷熱衝擊、
- ☆洩漏率測試、
- ☆強度(爆破)測試、
- ☆壽命測試。

☆加速老化測試

$$\begin{aligned} & \text{Log}_2(\text{MTBF Hours of operation at } T_{\text{op}}) \\ &= \text{Log}_2(\text{Test hours at } T_{\text{c}}) + \text{Log}_2 2^x (T_{\text{c}} - T_{\text{op}}) / 10 \end{aligned}$$

T_{op} : 熱管操作溫度

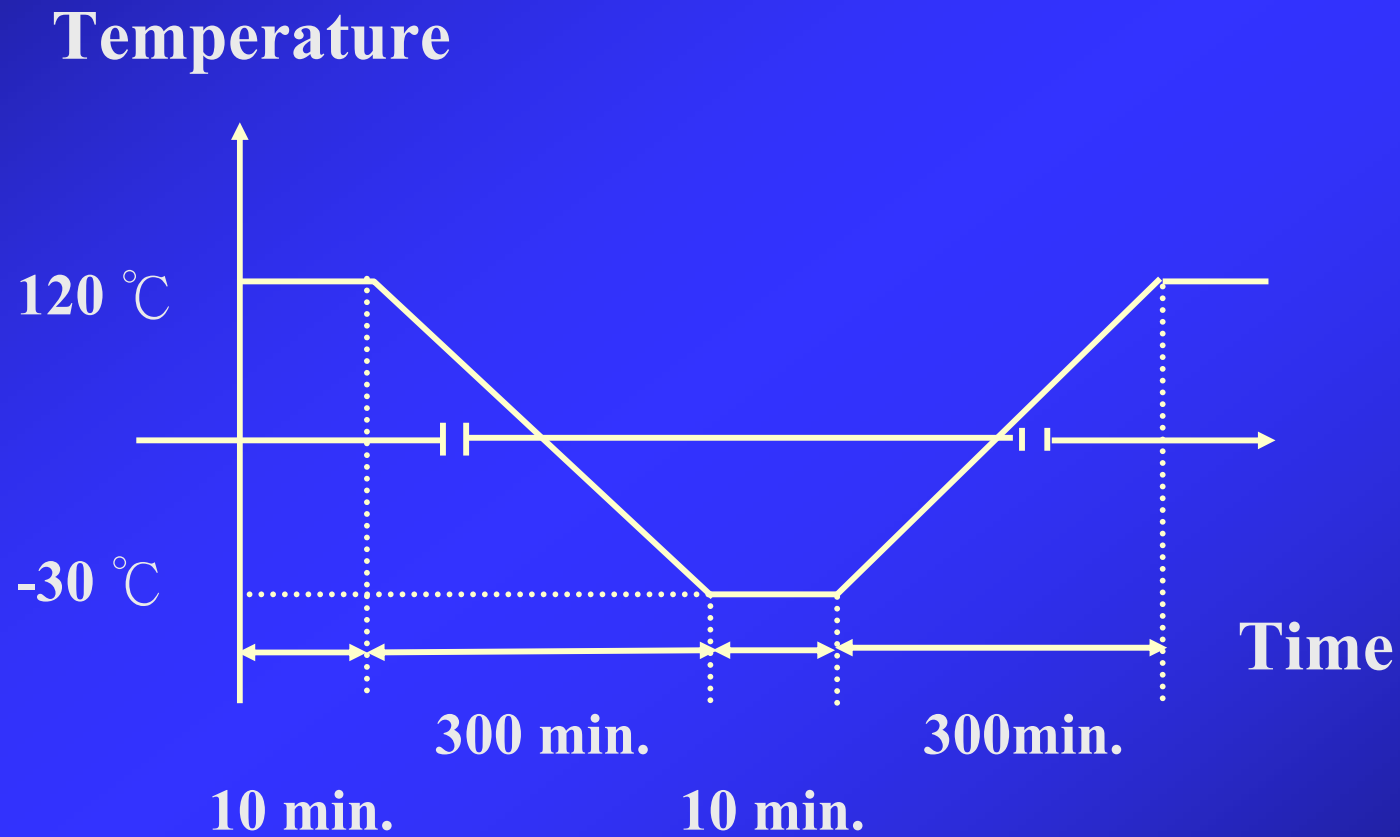
T_{c} : 測試腔室溫度

Example: T_{op} : 60 °C
 T_{c} : 180 °C
測試時間6小時

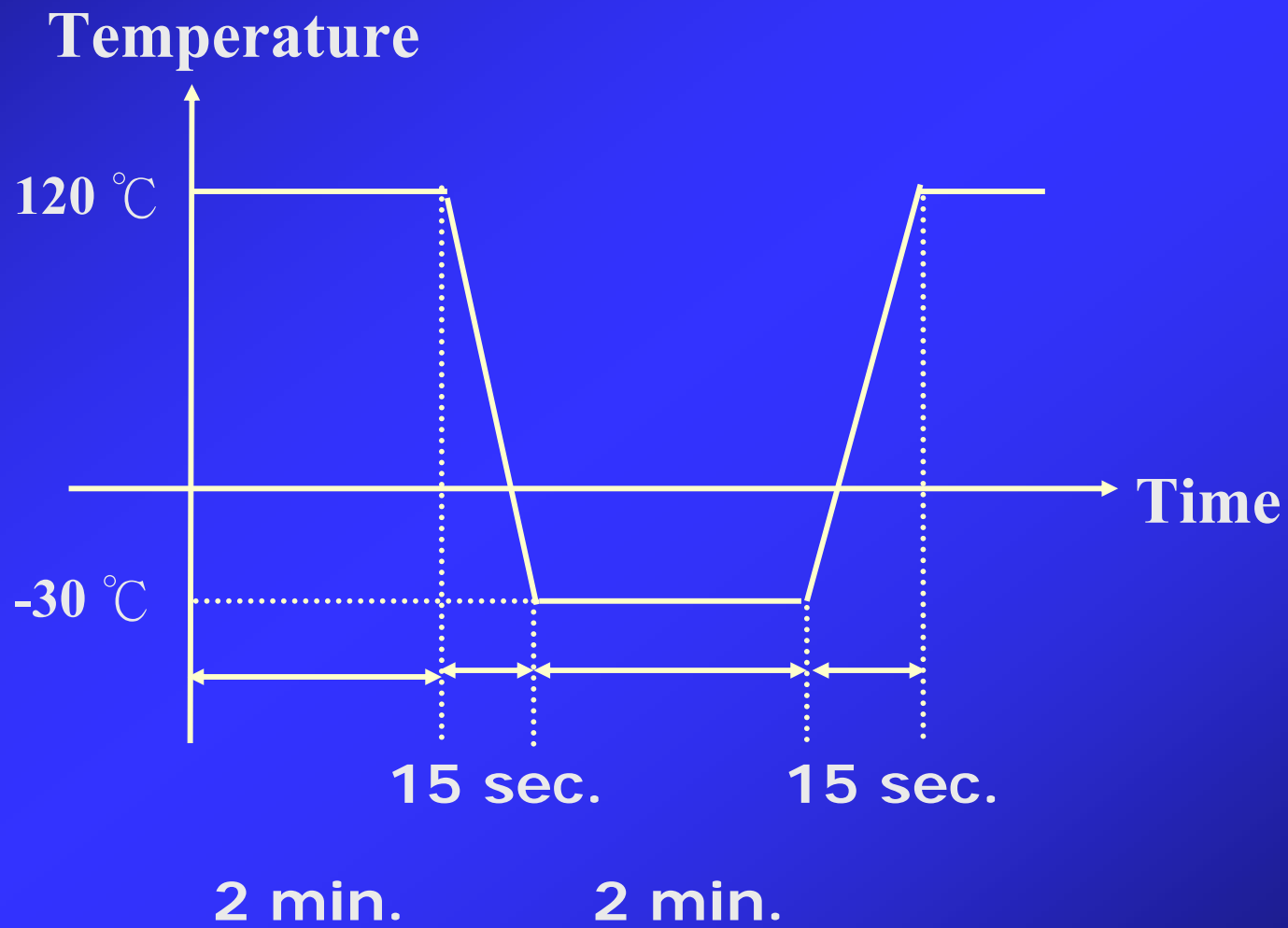
24576 hours = 2.8 years (MTBF life)

From: "Hinged Heat Pipes for Cooling Notebook PCs"
13th IEEE Semi-Therm Symposium 1997, San Jose, Calif.

☆冷熱循環試験



☆冷熱衝擊試驗

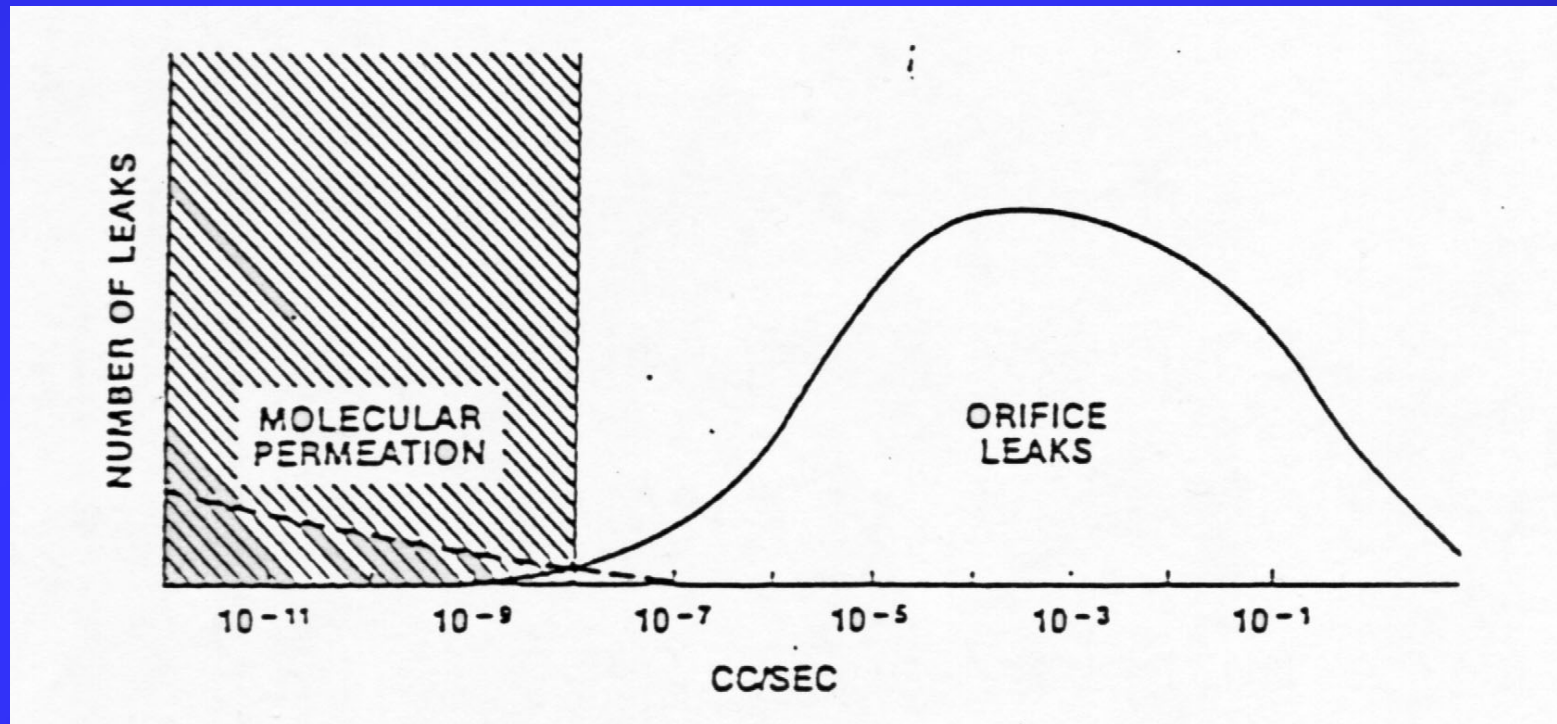


☆洩漏率測試

利用氦氣高滲透力特性，檢測熱管洩漏率。

- 1.熱管先充填氦氣，封銲之後，套住封口端抽真空，檢驗氦質譜儀讀數。
- 2.熱管製作完成後，放入密封容器，灌入氦氣，維持一段時間，然後測試熱管性能。

10^{-9} Std. cc/sec ; 0.03 CC / year



☆強度(爆破)測試

將熱管放置在220°C環境，維持15分鐘，冷卻後，檢查熱管是否爆破。
若熱管正常，烤箱溫度增加20 °C，重複上述測試，直至熱管失效、爆裂。

☆壽命測試

將熱管按照實際狀況運作，每間格一段時間紀錄熱管性能狀況，直至熱管超出定義之規格性能。

五、均溫板與迴路式熱管

生產均溫板(Vapor Chamber)之設備

均溫板關鍵技術

迴路式熱管(Loop Heat Pipe)關鍵技術

生產均溫板之設備

- ☆. 工件成型模具及設備
- ☆. 潔淨清洗設備
- ☆. 真空燒結爐設備
- ☆. 真空焊接爐設備
- ☆. 測漏儀器
- ☆. 注料設備
- ☆. 除氣、封焊設備
- ☆. 拋光研磨設備

均溫板關鍵技術

- ☆. 毛細結構, 精確控制孔隙率及滲水率。
- ☆. 增加加熱點毛細結構內可產生液體薄膜之面積。
- ☆. 液體蒸發過程中氣泡通路暢通。
- ☆. 液體蒸發和蒸氣凝結為液體回流之平衡。
- ☆. 工件封焊後測漏檢查。
- ☆. 工件封焊過程避免內部污染。

迴路式熱管關鍵技術

均溫板關鍵技術，再加上

- ☆. 精確控制蒸汽與液體回流方向性。
- ☆. 冷凝端管路與散熱鰭片銲接技術。