

## 沸騰熱 傳達에서의

## 表面 粗度の 影響

仁荷工大 徐 正 閔

### 1. 概 要

核沸騰熱傳達는 熱의 移動에 따라 相變化 및 化學變化를 同伴하지 않는 一般熱傳達에 比하여 熱傳達率과 熱負荷가 높으므로 Steam Plant, 原子力産業에 이르기 까지 實用上 널리 應用되고 있다. 그러나 이와같은 熱傳達는 一般的으로 그 가 複雜하며 影響을 주는 因子가 많으므로 그 機構解折에 難點을 안고 있으나 특히 原子爐와 Rocket의 冷却을 위한 熱除去에는 沸騰熱이 가장 有效한 手段으로 注目을 받게되면서 부터 最近의 傳熱關係研究는 主로 沸騰熱傳達分野에서 活發하게 繼續되게 되었다. 單相熱傳達는 流體의 粘性, 密度, 熱傳, 達率, 比熱등으로 規定되지만은 沸騰熱傳達에서는 이밖에 表面張力, 蒸發熱 飽和溫度등을考慮해야 할 必要가 있을 뿐만아니라 傳熱面의 特性이 重要한 因子가 된다. 특히 傳熱面의 表面狀態 즉 表面粗度나 異物質의 附着 或은 吸着Gas는 先天의 因子로서 氣泡發生에 影響을 주며 이 氣泡發生에 關한 複雜性이 沸騰現象의 基本性格이 되며 現象의 非百現性을 일으키게하는 根本原因이 된다, 따라서 沸騰現象의 解明에는 氣泡의 形成에 關한 考察이 必要하다.

核沸騰의 顯著한 特徵은 固體面에 一定한 核發生位置가 存在하며 氣泡는 이 位置에서만 形成된다는 事實이다. 氣泡의 形成에는 液體를 蒸

氣로 轉換시키며 또 氣液界面을 形成하기 위한 Energy가 必要하다. 이 Energy는 液體가 過熱되면 周圍의 液體로 부터 供給된다. 氣泡를 發生시키는데 必要한 過熱度( $\Delta T$ )는 表面張力에 의해서 制御된다. 沸騰이 일어나기 위해서는 微少하지만은 有限한 半徑(臨界半徑)의 核이 必要하다. 이와같은 核은 固體表面上에 微少한 Cavity로 되어 있다고 생각된다. 普通 固體表面에는 無數한 Cavity가 있지만은 이 모두가 氣泡發生點이 되는 것은 아니다. 그러나 熱負荷( $Q/A$ )가 增加하면 傳熱面近傍의 過熱層의 溫度가 上昇하여 非活性 Cavity도 核으로서 作用하게 된다. 여기서 固體面(傳熱面)의 表面條件에 의한 起泡性은 沸騰熱傳達에서 傳熱面 近傍의 局地的인 現象을 支配하게 되어 따라서 이것을 다침하는 決定的인 要因인 傳熱面의 表面粗度は 核沸騰熱傳達의 組織的이고 強한 影響을 주게 된다.

核沸騰時의 熱傳達는 傳熱面上的 氣泡發生點數, 各氣泡發生點에서 부터의 氣泡發生率 및 各氣泡의 成長率에 의해서 規定된다. 여기서 氣泡發生點數는 核沸騰熱傳達를 支配하는 決定的 因子임을 確定한 바있다. 核의 크기는 沸騰開始溫度를 決定해 주며 이 溫度는 또 初期氣泡成長間에는 相互關係가 있다. 즉 작은 核일 수록 초기의 成長率은 크다.

核沸騰이 始作되면 熱傳達係數가 急激히 增加하는 것은 加熱面近傍의 境界層의 氣泡에 의한 覺亂效果로 說明 될 수 있다. 여기서 提案된 核

沸騰傳熱에서의 傳熱機構를 보면 最近 Forster-Greif는 蒸氣와 液體와의 交換作用을 中心으로 한 傳熱機構를 提議하고 있다. 즉 熱傳面に 氣泡가 發生하면 그 體積에 相當하는 液體를 周圍로 밀어내고 다음에 氣泡가 傳熱面을 離脫할 때는 周圍의 冷한 液體에 의해서 氣泡가 차지하고 있던 體積이 置換되며 結局 熱面에 附着하고 있는 氣泡의 最大體積에 相當하는 部分만이 蒸氣와 液體가 交換되는 作用이 繼續적으로 이루어져서 究을 傳達한다는 것이다. 다음은 沸騰熱 傳達全域에 미치는 各種因子中 傳熱面粗度가 주는 影響에 대해서 살펴보기로 한다.

## 2. 傳熱面粗度の 影響에 관한 代表的인 例

Fig. 1에는 Corty & Foust가 얻은 Nickel-Ether의 Pool 核沸騰曲線에 對한 表面粗度の 影響을 表示한 것이다. 그림에서 表面이 거칠 수록 沸騰開始點도 沸騰曲線 自體도  $\Delta T_{sat}$ 가 작은 쪽으로 移動한다. 이것은 粒面이 거칠 수록 氣泡가 發生하기 쉽게 됨으로 同一한 溫度差 ( $\Delta T$ )로 多量의 熱을 處理할 수 있음을 表示하고 있다. 또 沸騰曲線 全域에 대한 表面粗度の 影響을 表示한 一例로서 Berenson에 의한 Copper-Pentane의 沸騰實驗值를 Fig. 2에 表示한다. 이 그림에서도 傳熱面이 커질수록 核沸騰部分은 左側으로 移動된 位置에 있다.

## 3. 粗粒構造 表面으로할때의 影響

다음은 氣泡發生核의 生成을 促進시키며 氣泡發生密度를 增加시켜서 起泡性을 주도록 傳熱面 表面條件을 마련하기 위하여 粒徑  $D_p$ 인 球形粒子(靑銅)로 된 金屬粉粒燒結多孔質面을 傳熱面으로하여 實驗한 結果 다음 沸騰曲線을 얻었다. Fig. 3에는 Emery紙 4/0로 연마된 靑銅平滑面에 對한 沸騰曲線을 表示하며 Fig. 4는 粒徑이 다른 8種의 燒結金屬面을 傳熱面으로 할때의 沸騰曲線들이다. Fig. 4에서 大體的인 傾向을 보면

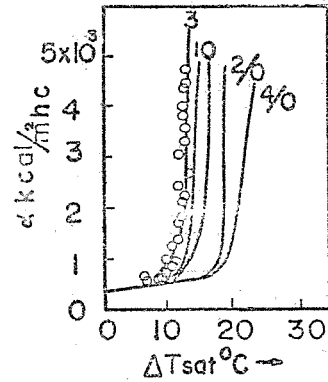


Fig. 1 Nickel-Ether test results effect of roughness

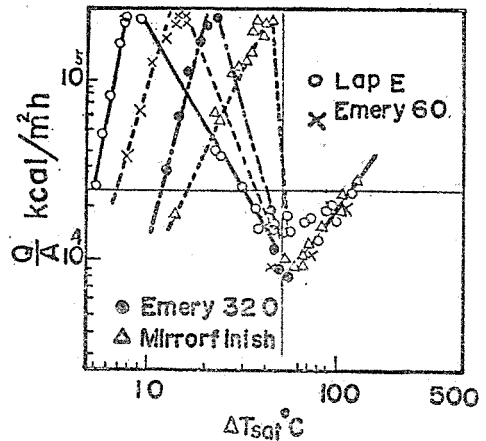


Fig. 2 Copper-Pentane test results : affect of roughness

粒徑이 增加함에 따라 熱負荷의 溫度差에 대한 變化率은 적으며 Fig. 3의 平滑面의 實驗結果와 比較해 보면 熱負荷의 增加率은 적으며 沸騰初期에서의 熱負荷는 平滑面에 비하여 크다.

Fig. 5는 溫度差 11°C에서 粒徑의 크기에 따라 변화하는 熱傳達率을 表示한 것이다. 實驗에 의하면 溫度差 11°C일때의 平滑面의 熱傳達率은  $5 \times 10^3$  kcal/m²h°C 였으며 傳熱面表面을 多孔質粗粒構造로 만들음으로서 平滑面에 경우에 比하여 熱傳達率이 얼마나 向上되었는가를 알 수

있다. 즉 平滑面에 對한 그것과 比較하면 粗度에 따라 最少 1.7倍에서 最大 7.6倍로 增加하고

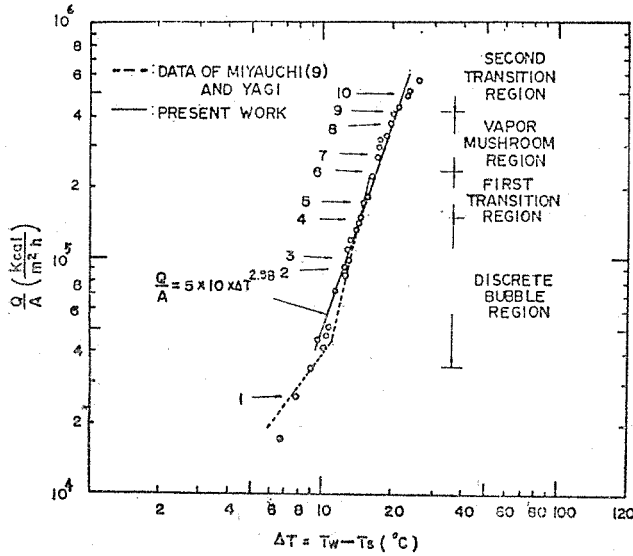


Fig. 4

있으며 이와같은 增加率은 勿論 溫度差에 따라 다르다 동시에 熱傳達率을 最大로하는 最適의 粗粒構造가 存在함을 알 수 있다. 즉 粒徑이 256 $\mu$  일때 熱傳達率은 最大置 3.8 $\times 10^4$  (kcal/m<sup>2</sup>h $^\circ$ C)가 된다. 또 粗粒構造層의 두께다. 變하면 熱傳達率을 最大로하는 粒徑도 變하리라는 것은 氣泡가 傳熱面부터 離脫하며, 粗粒構造內에서 對流를 일으켜서 粗粒構造 밖으로 나가는데 段當한 Cavity dia와 關係되는 點에서 豫想된다.

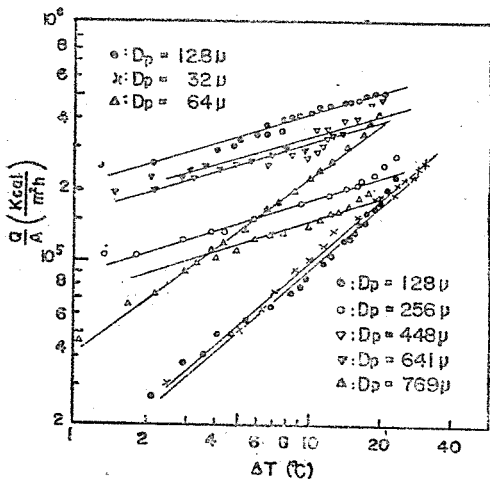


Fig. 5

#### 4. 其他沸騰曲線의 比較

Fig. 6은 本實驗結果와 其他實驗結果에 의한 沸騰曲線들을 比較表示한 것이다. 그림에 의하면 粗粒構造로 된 傳熱面에 對한 曲線은 다른 曲線과 比較하면 溫度差가 낮은 初期에서 熱負荷가 크다. 熱傳達率을 最大로 하는 結適粒徑을 갖는 傳熱面(本實驗에서는 粒徑256 $\mu$ 이다.)은 낮은 溫度差 일수록 從來의 모든 沸騰曲線에 比하여 熱負를 增加시키는데 가장 有效한 傳熱面이 된다.

#### 5. 結論

核沸騰領域에서 氣泡의 發生核의 生成을 促進시키고 表面에서 부터 氣泡로 移動하는 傳熱量을 크게하여 氣泡의 生成과 離脫이 빨리되도록 하며 氣泡의 離脫과 더불어 생기는 熱流를 增加시키도록하여 沸騰熱傳達率의 向上을 圖謀하는데는 熱傳達率을 最大로하는 最適粗粒構造面을 採用할 때 傳熱效果는 增進시킬 수 있으며 낮은 溫度差範圍에서 其他傳熱面에 比하여 큰 熱豫荷를 얻을수있을 뿐만 아니라 溫度差가 떨어져도 熱傳達率이 低下하지 않는 性質등은 實用的인 面에서 有效한바 冷凍機의 Condenser 나 evaporator用 傳熱管의 性能을 向上시키는데 크게 공헌 할 것이다. 아울러 最適粗粒構造는 粗粒構造層의 두께 및 液體의 種類에 따라 變化한다는 點을 考慮해 두어야 한다.

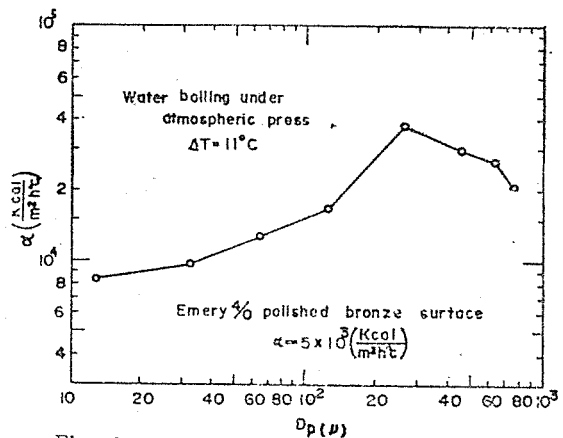


Fig. 6