

## 熱退火對真空玻璃製程影響之研究

劉旻忠、江昌霖、郭國巍、王博弘

Ming-Chung Liu, Chang-Lin Chiang, Guo-Wei Guo and Po-Hung Wang

工業技術研究院 綠能與環境研究所

E-mail: LiuMC@itri.org.tw

### 摘要

真空玻璃具有比中空玻璃更好的隔熱、保溫性能，此外，因為真空玻璃結露溫度更低，故不易出現一般中空玻璃會內側凝結水氣的現象；真空玻璃亦可以減緩聲音傳遞，具有良好的隔音效果。綜合上述優點，真空玻璃是非常重要的節能建材之一，目前世界各先進國家皆有相關技術的發展。真空玻璃品質優劣與製程條件與處理方有很密切的關係，本研究以熱退火的方式，對未抽真空之真空玻璃離形作後處理，改變不同退火時間，探討對真空玻璃特性之影響，以期提高真空玻璃的使用壽命與效益。  
**關鍵字詞：**真空玻璃、熱退火、退火時間

### Abstract

Vacuum glass has better properties for heat insulation and thermal conservation than composite glass does. Beside that, due to lower dew point, it is impossible for vacuum glasses to condense dew in inner of glasses like composite glass does. It is not easy for sound to transmit in vacuum space of vacuum glasses, so vacuum glass can also have very good property for sound proof. With such advantages listed above, vacuum glass can be an important material for construction. Currently, developed countries have their own technologies development related to vacuum glasses. Quality for vacuum glasses depends on manufacturing conditions and treatments very much. In this research, we focused on heat treatments with different annealing time. We also surveyed efficient impacts on vacuum glass in order to improve vacuum pressure and to increase benefit of vacuum glass.

**Keywords:** Vacuum glass, heat treatments, annealing time.

### 1. 前言

真空玻璃具有比中空玻璃更好的隔熱、保溫性能，亦即不傳熱、不傳冷，即夏天室內不熱，冬天室內不冷的效果，是非常有效的節能建材，因為結露溫度更低，故不易出現一般中空玻璃會內側凝結水氣的現象；真空玻璃也可減緩聲音傳遞，具有良好的隔音效果。此外，真空玻璃對於抗風壓性能很傑出，具有持久、穩定和可靠的特性，在外在壓力下，變形小，強度高，可直接安裝在門窗或圍幕牆上，最適合裝設在高樓外窗或圍幕牆，在全球溫室效應與節能減碳的強烈需求下，未來的建築已開始朝向 ZEH (zero energy home) 作為發展目標，其中建築玻璃的隔熱與保溫需求是重要課題，真空玻璃的高隔熱特性是未來綠建築達成零耗能、甚至負耗能的必要技術。

美國環保署和能源部結合美國住宅與發展

部已開始實施住宅節能，預計每年要節省住商建築物能源開支 200 億美元，其中真空隔熱玻璃因可大量阻斷熱傳導同時隔音，因此受到市場青睞。而中國的高緯度地區則是在冬季需要使用龐大的暖氣燃油費用，因此經分析後發現若有效阻斷經由窗戶所傳遞之熱傳量，則長江以北區域至少每年可節省 30% 冬季空調燃料費。依照中國目前有近 500 億平方米的高能耗既有建築，且新建之建築須在 2020 前達到 65% 節能目標，則未來每年新增的節能玻璃面積約 1.3 億  $m^2$  (建築面積約 8 億  $m^2$ )，則中國市場的年產值可達到約 100 ~ 460 億美元。因此真空玻璃未來的發展趨勢和投資前景十分具有潛力<sup>1-4</sup>。

要製造出品質優異的真空玻璃，在製程條件與處理是非常重要的；玻璃的清潔不僅會對其真空度有非常直接的影響，亦會直接影響到玻璃膠合時黏著的密封性與耐久性，玻璃膠的製程亦是

真空玻璃成敗重要的一環，玻璃膠的多寡、種類製程條件，都會影響到真空玻璃的密合度與潔淨度，而真空玻璃的後處理對於真空玻璃的品質與使用壽命是非常直接的關係，因此本研究以熱退火的方式，對未抽真空之真空玻璃雛形作後處理，改變不同退火時間，探討對真空玻璃特性之影響，以期提高真空玻璃的使用壽命與效益。

## 2. 研究方法

真空玻璃製作使用 3 mm 的玻璃基板製作真空玻璃，由於在夾合高溫烘烤時易發生潛變導致玻璃下沉，因此以玻璃膠為間隔物作支撐，在製作真空玻璃時需要在兩玻璃板間鑽孔，再放入玻璃管，作為抽真空的管路，由於每次鑽孔的孔洞大小都必須大於玻璃管，容易造成抽真空時鑽孔處易漏氣，因此我們在鑽孔處塗上一層玻璃膠，利用夾合烘烤將孔洞密合。綜合以上的方法，即可以完成真空玻璃雛形的製作，圖 1 為實驗真空玻璃雛形品夾合方式實際照片。

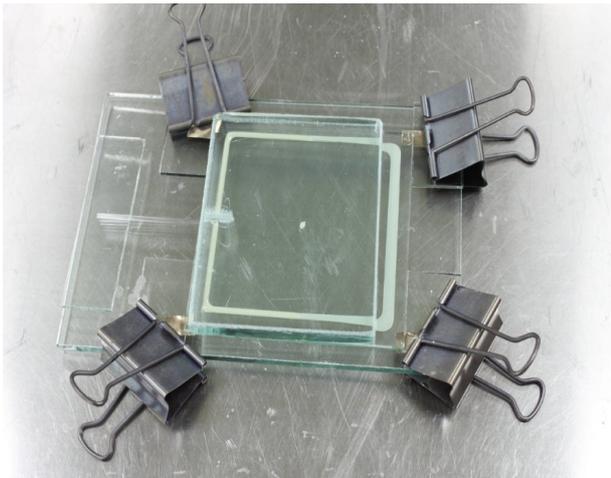


圖 1. 真空玻璃夾合方式

圖 2 為封裝機實體照片，封裝機由加熱器及真空系統兩部分所組成，而真空系統由擴散幫浦(diffusion-pump)及機械幫浦(mechanical pump)所組成的真空系統(vacuum system)。將製作完成的元件接上熱處理封裝機，藉由機械幫浦作粗抽，使元件內部的壓力達  $10^{-2}$  torr 以下後，再將擴散幫浦開啟並且加上熱源，使元件內部壓力在  $10^{-6}$  torr 開始清潔元件內部的水氣及有機的殘留物。



圖 2. 熱處理封裝機實體照片

熱退火後處理的方式於封裝機上進行，採邊加熱邊抽真空的方式實驗，首先由機械幫浦抽真空，使元件內部的壓力達  $10^{-2}$  torr 以下後，再將擴散幫浦開啟並加上熱源開始加熱，主要藉由熱清潔元件內部的水氣及有機殘留物。

## 3. 結果與討論

圖 3 為熱處理之升溫曲線，由於玻璃膠的熱轉化點(Tg)為 315 ，因此本實驗使用 280 作為熱處理之溫度。真空玻璃雛形元件未經熱處理實驗前，在常溫 25 時先進行氣壓回升率的量測，然後加熱至 280 持溫一段時間，每隔 1 小時量測氣壓回升率，量測至氣壓的回升有明顯減緩趨勢即停止熱處理實驗。

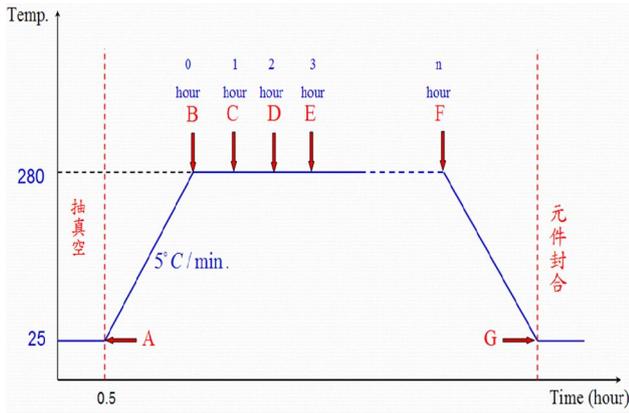


圖 3. 熱處理實驗之升溫曲線

圖 4 為熱處理實驗之氣壓回升曲線結果可以發現，真空玻璃雛形元件在 280°C 持溫 1 小時氣壓回升相較於常溫 25 高，接著 280 持溫 2 小時其氣壓回升已較常溫 25 低，然而隨著 280 熱處理時間的增加，元件隨著時間的增加而氣壓回升有明顯的下降，最後將熱處理完之真空玻璃雛形元件降回常溫 25，由結果可發現相較於熱處理前其氣壓回升有顯著的下降。

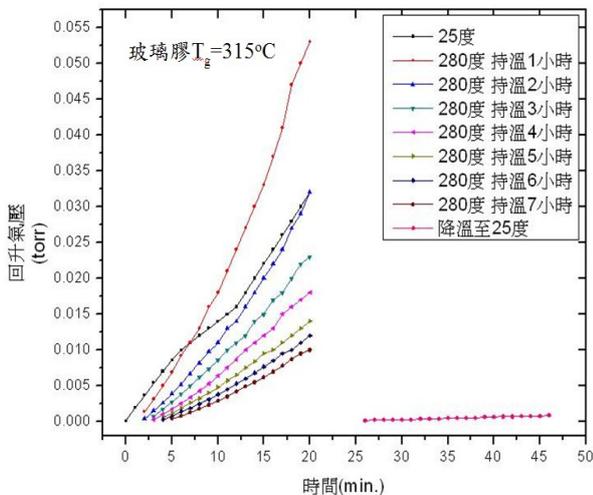


圖 4. 熱處理實驗之氣壓回升曲線

由圖 5 結果可發現，其 A 柱狀圖為真空玻璃雛形元件未經熱處理前的氣壓回升率，當開始加熱處理時(B 柱狀圖)，由於元件內部因熱而逸氣現象較為明顯，因此元件有較大的氣壓回升率；隨著熱處理時間的增加(由 C 柱狀圖至 I 柱狀圖)，真空玻璃雛形元件內部的氣壓回升率逐漸的減緩；當元件經過 5 小時熱處理之後，其氣壓回升率開始小於 1.00 mtorr / min.，當持續加溫至 7

小時後，氣壓回升率降至 0.64 mtorr / min.，然後降回常溫 25，其氣壓回升率由原本未經熱處理 1.58 mtorr / min.降至 0.0195 mtorr / min.。由於真空玻璃雛形元件之玻璃管與真空系統是以 O-ring 作連接與阻隔漏氣，所以無法達到完全不漏氣的狀況，不過由實驗結果可以得知，真空玻璃雛形經過熱處理之後有效降低元件內部的逸氣現象，進而提升元件內部的潔淨度。

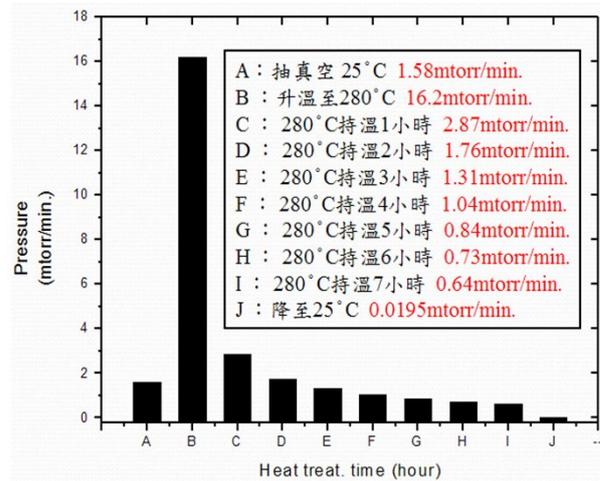


圖 5. 熱處理實驗之氣壓回升柱狀圖與速率

### 3. 結論

真空玻璃品質的優異，與其製程條件及後處理有非常直接的關係，熱退火之後處理方式，可有效地降低氣體回升率，當持續加溫至 7 小時後，氣壓回升率降至 0.64 mtorr / min.，然後降回常溫 25，其氣壓回升率由原本未經熱處理 1.58 mtorr / min.降至 0.0195 mtorr / min.，真空玻璃雛形元件內部逸氣現象有非常明顯的改善。

### 5. 誌謝

本研究感謝經濟部能源局的支持，使得本研究得以順利進行

### 6. 參考文獻

- 唐健正, 玻璃, 2008, 35 卷, 8 期, 北京新立基真空玻璃技術有限公司, 北京市.
- T. Dylla, F. Finger and E. A. Schiff, Applied Physics Letters 87, 032103 (2005).
- John F. Wanger, Science, v.300 (2003).
- E. Elangovan, K. Ramamurthi, J. Optoelect. Adv. Mater., 5, 45 (2003).