

何謂 UL “MOT” 與 “LTТА” ？

簡言之，就是產品安全測試時最重要的數值！而最高操作環境溫度越高越是代表此一產品相對於產品安全與穩定性越高。

而 PCB 成品的 MOT 不得高於其基板材料的 MOT 溫度，故針對高性賴性與高品質產品，越高的材料 MOT 認證就是對於客戶最好的品質保證！

認識 LTТА

許多工程師、材料商與使用者，最常聽到也最怕聽到的就是「最高操作環境溫度 (MOT)」或者是「額定溫度 (Temperature rating, Temperature Index)」，因為這個數值幾乎可以說是決定一個材料、元件甚至是產品命運的唯一因素，如果產品在進行安全測試時所得到的操作環境溫度高於這一個數值時，幾乎就只剩下三條路：「換料」、「改設計」或是「進行 LTТА」了。「換料」或「改設計」很容易瞭解但不容易進行，因為複雜的產品通常都是牽一髮而動全身，那麼「LTТА」一下又如何呢？

什麼是「LTТА」？「LTТА」與「額定溫度」、「MOT」與「RTI」的關係是如何？

LTТА (Long Term Thermal Aging) 指的就是「長時間老化測試」，是 UL 所有測試中費時最久但卻也是最基礎的測試項目，大多是針對聚合物材料的特性而進行評估，如銅箔基板、工程塑膠。此外 LTТА 有時也會用於系統整體特性評估，如絕緣系統等等。簡而言之，「LTТА」是一種以大約 5,000 至 10,000 小時的「加速」熱老化結果，推斷待測物之指定特性半衰期在 100,000 小時之起始操作溫度的測試方法。而所謂「額定溫度」則是指「LTТА」所定出的起始操作溫度。

「RTI」則是指聚合物材料的「額定溫度」，其雖然也由「LTТА」所決定，但因為聚合物材料的用途很多，如電、熱、外力的絕緣，所以在未預設用途的前提下，聚合物材料因此而具有不同特性的「RTI」值。

「MOT」則比較偏向於在已知用途的情況下，對材料元件組合成系統所生的限制；換言之也就是針對整個系統的整體評估與限制。雖然就熱力學的觀點，在材料元件組合成系統時應該符合加成定律，但實際上因為理想系統幾乎不存在的情況下，所以 UL 仍然必須對組合後的系統進行測試實際上已經存在的限制，同時為了「安全」起見，即使組合後的系統存在正偏差或是不嚴重的負偏差，UL 均會

在每個相關標準標示出「MOT 不可高於系統內任何一個元件以及任何一個相關特性的額定溫度數值」。舉例來說，「FR-4」電路板基材在疊合厚度為 0.63 mm 時的電氣特性，其額定溫度為 130°C，而機械特性的額定溫度為 140°C，在與銅箔貼合後，雖然銅箔本身並沒有額定溫度，所以銅箔基板的「MOT」最高只能為 130°C，但是組合後之額定溫度也有可能通過以「MOT」假想溫度為 140°C 的相關測試，不過這些額定溫度會因為每間製造商的能力與材質搭配間的微妙差異，產生在測試時的部分溫度差，甚至有時候有的材料商或材料組合，在測試時連 120°C 的「MOT」都達不到呢！

為何要進行「LTTA」？

UL 所評估的是一般民生消費所使用的電器用品，在廿世紀中期的工業發展並不如今日迅速的情況下，消費者在購買時除了安全因素的考量外，最重要的是產品的耐用性，如電視、電鍋、電冰箱甚至是收錄音機等，這些產品通常在使用年限平均的設定至少為十年，也有長至三十年的，因此產品若長期在溫度、紫外線催化下，用於絕緣、包裝或是支撐的聚合物材料均會開始產生裂解現象，而這些絕緣劣化、脆化或是軟化的現象都會造成產品在使用上的危險。為避免此一情況之發生，唯有進行「LTTA」的試驗，通過上述各種情況的長時間模擬檢測，才可以決定材料在長時間使用的極限安全溫度與使用環境。

「LTTA」與一般的安全測試有何不同？

「LTTA」與一般安全性或是功能性測試的概念與方法幾乎可以說是完全不同，其特別處在於「LTTA」並不像安全性測試一樣有預設測試截止時間，也不像功能性測試有可用於比較的預設測試條件限制。LTTA 所要觀察的是三個變數「時間、溫度、特性」之間的關係，因為控制變因的設計，使得「LTTA」不太像是一種「測試」，反而比較像是「實驗」，所以「LTTA」是藉由變因的設計與觀察，而建立起變數之間的理化關係式。

什麼材料需要進行「LTTA」？

一般來說，因為單一元素材料如鐵、鋁、矽等屬於單原子分子，在高溫時會因為分子間的鍵能下降，材料特性會有改變，但在回復常溫時，除了原先成型的內應力消除所造成的影響之外，並不會有產生材質劣化的情況發生。

對於合金材料系統而言，雖然在升降溫度條件不同的情況下，所造成的熱力學效應會造成材料特性的差異，但是嚴格說來，這些特性的變化是可逆的，與操作程序密切相關，因此這些產品差異的現象不能單視為溫度的因素所引起的劣化。

再如陶瓷等其他無機低分子量材料，材料的特性大多來自於單一的分子構成，分子內的鍵結能量高，其燒結（分子重排）或是裂解溫度大多高於 1000°C，就熱力學上的反應機構而言，低於反應自由能溫度的狀態下，即使在長時間的作用下，也無法促使反應的發生，而 1000°C 的操作溫度，卻是一般民生消費產品幾乎達不到的溫度。

資料來源:清晰科技整理/ UL 台灣官方網站

<http://www.ul.com/asiaonthemark/tw-zh/2004-Issue10/page12.htm>