

一、前言

殘留應力，廣為業內所知，為一種對材料不穩定的因子。一般認為，當材料受到塑性變形時，即會產生一應力（內部產生抵抗之內力）。而當此應力超過一定數值時，則有可能在將來的使用上，帶來不穩定的因素（例如應力腐蝕破裂...）。有鑑於此，客戶端對於部分之產品，常會提出應力消除之需求。然而，應力消除（回火），應該達到怎麼要目標才是我們允收之標準呢？

一般所知，應力消除之回火（碳鋼），溫度需坐落在AC1以下，並根據工件之厚薄度，進行不同時間的持溫。然而，在實務上，熱處理廠為了追求效率與速度，通常性的，會依併爐的方式來進行熱處理作業。特別是對於需進行應力消除的工件，在於持溫溫度、時間會有一模糊空間（一般可能在500°C~650°C之間，做不同時間的持溫）。

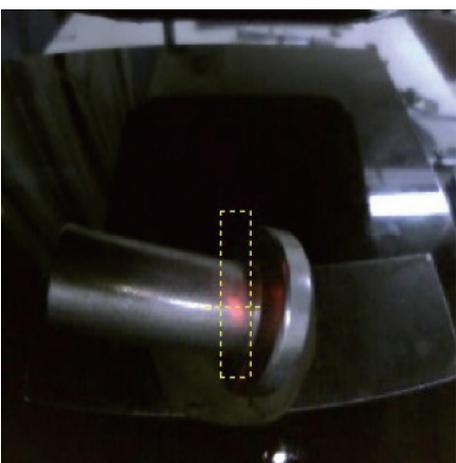
因此，本文藉由業界通用的AISI 1010之冷鍛件進行不同溫度之持溫（520°C持溫90分、600°C持溫90分），進行殘留應力、顯微組織、硬度（HV0.5）之調查，做一簡單討論，供業內做為參考。

殘留應力的量測與影響

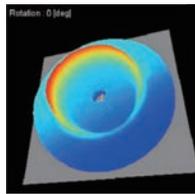
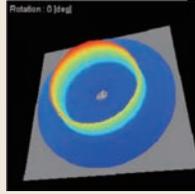
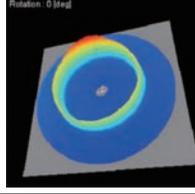
文 / 孫宏誠

二、殘留應力之量測

殘留應力，在業內長久以來，被當作為一種概念，來做為討論，並未受到足夠的數字量測，來供參考。因此，本文利用 μ -X360設備，對於冷鍛件之R角（受力最重，最具風險之部位），進行直接式之量測，如圖一所示。並取得相對之杜拜環（Debye ring）與殘留應力之數據，如表一所示。冷鍛鍛打後，於目標位置，R角處產生390 MPA之壓應力，反之，冷鍛回火後，則是均在R角處量測到低於100 MPA之拉應力（回火後之冷卻速率亦會影響殘留應力，由於本文之熱處理為委外處理，屬不可控因素，因此針對此點，本文在此先不多做討論）。



圖一：殘留應力之量測位置

	杜拜環（Debye ring）	殘留應力值
冷鍛件		-390 MPA (Std.Dev. 13MPA)
520°C 持溫90分		98 MPA (Std.Dev. 8MPA)
600°C 持溫90分		35 MPA (Std.Dev. 6MPA)

表一：殘留應力之量測



三、顯微組織之觀察

由圖二之冷鍛件組織可見，其晶粒受鍛造擠壓之影響，呈現扭曲特徵，以及有明顯的金屬流動方向。而經過520度回火90分鐘後，如圖三顯示，其鍛件R角處，有部分的新肥粒鐵生成，顯示材料已進入到了再結晶之階段（殘留應力也藉此得到部分的釋放）。最後，經過600度回火90分鐘後的組織（圖四），明顯可見，其冷鍛後之晶粒扭曲的特徵，已全然消失，取而代之的是圓潤的肥粒鐵晶粒（波來鐵受冷鍛擠壓產生的方向性並不會受到影響），顯示材料已完成了再結晶之階段，甚至進入了晶粒成長之階段，進一步的釋放殘留應力。



圖二：冷鍛件之R角處



圖三：冷鍛後進行520°C持溫90分之R角處



圖四：冷鍛後進行600°C持溫90分之R角處

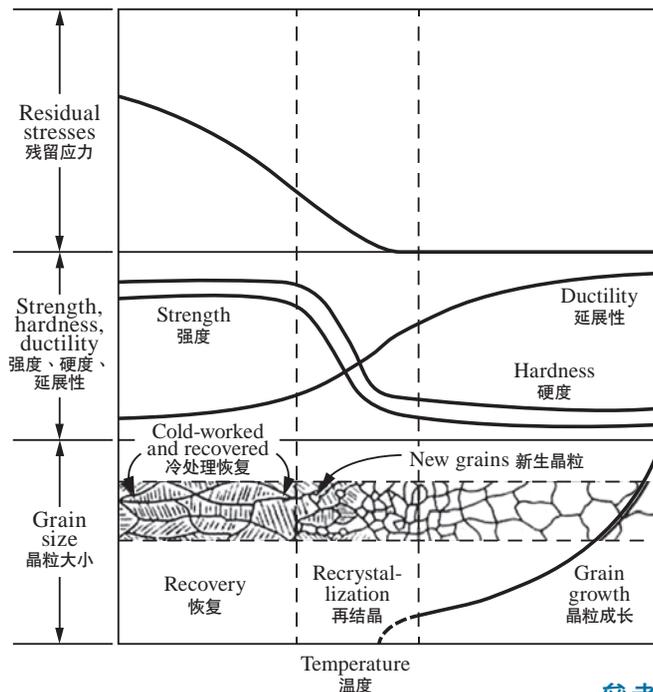
四、硬度之量測

由表二，硬度的量測 (HV0.5) 結果顯示，其硬度隨著回火溫度的提升而降低。同時，藉由文獻圖五^[1]，可對照硬度、顯微組織、殘留應力之間的關係，藉此可知，於再結晶的過程中，硬度產生較劇烈的落差，其與本文所得之現象雷同。

	測試點1	測試點1	測試點1	平均硬度
冷鍛後	HV 230	HV 227	HV 222	HV 226
520°C持溫90分	HV 172	HV 176	HV 177	HV 175
600°C持溫90分	HV 98	HV 105	HV 95	HV 99

表二：鍛件之R角處硬度 (HV0.5)

圖五：回復與再結晶對晶粒結構的影響^[1]



五、結論

應力消除後的殘留應力應被數值化。以本文為例，本文之樣品為一種壓鉚於鐵板上，進行鎖固之螺帽。如為了消除殘留應力而進行較高溫的回火方式處理，儘管穩定了此鍛件，卻也使得機械性質（硬度）嚴重的下滑，以至於有可能在壓鉚的過程中，產生失效。然而，如果如又未能減緩殘留應力至安全值，則又有不穩定之風險，因此在於一些案例中，吾人應進行殘留應力的量測，將其數值化做為參考依據，才得以進一步做出較正確之判斷。依本文案例，較佳的參數，應該是在不劇烈影響機械性質為前題下，盡可能地消除殘留應力，於此，較佳的溫度區間與持溫時間應落在520度持溫90分鐘左右。當然，對於不同的使用目的，殘留應力都應該獲得不同的處理方式，於此，當客戶端提出，消除殘留應力之要求時，又或者因為製程問題，需要補救時，最好向客戶端詢問產品之使用情況、性質要求，避免產出大量的不良品。

參考文獻：

[1] Daniel H. Herring, Stress Belief, 螺絲世界中國國際版CFW38