

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

工業用縫紉車針的超高頻感應硬化研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2622-E-002-016-CC3

執行期間：92 年 06 月 01 日至 93 年 05 月 31 日

執行單位：國立臺灣大學機械工程學系暨研究所

計畫主持人：陳永傳

計畫參與人員：張浩庭、鄭佳祥、江國安

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫為提升產業技術及人才培育研究計畫，不提供公開查詢

中 華 民 國 93 年 7 月 30 日

國科會補助提升產業技術及人才培育研究計畫成果精簡報告

學門領域：金屬及陶瓷材料工程

計畫名稱：工業用縫紉車針之超高頻感應硬化研究

計畫編號：NSC 92-2622-E-002-016-CC3

執行期間：92 年 6 月 1 日~93 年 5 月 31 日

執行單位：國立台灣大學機械工程學研究所

主 持 人：陳永傳

參與學生：

姓 名	年 級 (大學部、碩士班、博士班)	已發表論文或已申請之專利 (含大學部專題研究論文、碩博士論文)	工作內容
江國安	博士班	模具鋼 SKD61 之原有組織對其雷射相變硬化效果的影響	資料收集及實驗數據分析
鄭佳祥	碩士班	超高頻感應加熱於工件局部熱處理上的應用	組織觀察、成分分析及研究結果之整理等
張浩庭	碩士班	以高週波感應加熱實施鋼料快速滲碳的可行性研究	高週波熱處理及硬度測試

合作企業簡介

合作企業名稱：德富製針工業股份有限公司

計畫聯絡人：劉政宏

資本額：1500 萬元

產品簡介：

德富製針工業股份有限公司成立於 1988 年，與德國 Lammertz 製針公司技術合作，專門生產各類工業用縫紉車針，舉凡製衣、製鞋、電繡等所用的車針皆為其生產的範疇。該公司是台灣目前唯一的車針製造廠，主要競爭對手為德國 Schmetz、Groz-Beckert 以及日本 Organ，這些廠家的歷史都超過 100 年，技術皆具深厚的基礎，品質獲市場一致的認同。德富公司目前產品的品質雖能為市場所接受，但在硬度及韌性方面尚有些許不及德國及日本，以致於產品一直無法很具競爭性。

網址：

電話：(02) 22775877

研究摘要(500 字以內)：

碳工具鋼在工業上的應用相當廣泛，以碳工具鋼為材料製造出來的手工具或零件，一般都會經過淬火回火處理，而淬火一回火處理對機械性質的改善有一定的限制，通常為了追求韌性的增加，硬度會隨著快速下降。以機械零件來說，除了基本的要求硬度高，韌性也是重要的考量因素，如果一味的追求高硬度，則此零件在作業流程中，很容易因為韌性不足而發生斷裂或破壞。

利用高週波感應加熱能夠局部加熱的特點，在本實驗中我們用來處理 SK4 碳工具鋼縫紉針，目標是希望能夠得到兼具針尖局部高硬度與針身韌性足夠的縫紉針。縫紉針，一般以高碳工具鋼製作，希望在針尖的部分要硬，才能耐磨，以增長使用壽命；而針身要具有適度的韌性，在使用時才不會容易折斷。就一般淬火回火處理而言，想要同時達到針身強韌而針尖硬，是有互相抵觸的地方，通常含碳量較高，淬火回火後硬度較高，而韌性則較差，難以兩全其美。

於是利用高週波能夠局部感應加熱的特點，先行加熱縫紉針的針尖部位，使其固溶一部分的碳化物 (Fe_3C) 後，施以淬火，接著再做整支針的淬火回火處理。高碳工具鋼縫紉針的原有組織內，含有許多球狀的 Fe_3C ，利用高週波感應加熱，使針尖部分先做了一次淬火，以幫助針尖部分的基體固溶多一點碳，亦即針尖固溶的碳量會比針身部分固溶的碳量多，而在進行後續的回火處理時，較不易軟化，而可達到針尖硬、針身韌的目標。

人才培育成果說明：

對於參與該計畫的研究生已學到高週波感應加熱的原理及高週波加熱機的操作技巧，並瞭解淬火和回火的原理和實驗方法。而且對於後續分析如金相試片之製作、顯微組織的觀察、微硬度之測試等亦有進一步的認識與瞭解。

技術研發成果說明：

實驗成果分別以經高週波先行處理之針與未經高週波處理之針做淬火和回火處理，比較其硬度差異。理論上，針尖部分有先經過高週波淬火，針尖部分組織內的 Fe_3C 固溶入基體的量會比針身來的多，而經過後續的淬火回火處理後，由於針尖部分固溶的碳較多，淬火後的硬度會較高，且含碳量高可抑制回火軟化的現象，而從實驗的結果發現，針尖部分經過高週波先處理後，其基體比針身固溶更多的碳，在淬火回火後，確實有達到針尖局部硬化的效果。

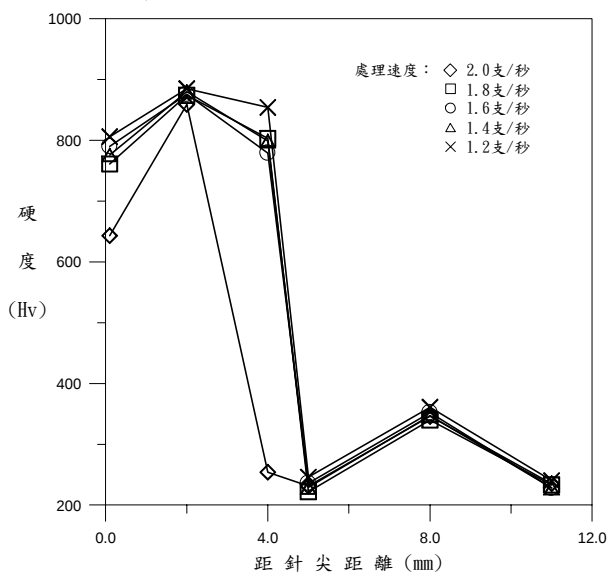


圖 1. 縫紉針之針尖經高週波局部熱處理後的硬度分布

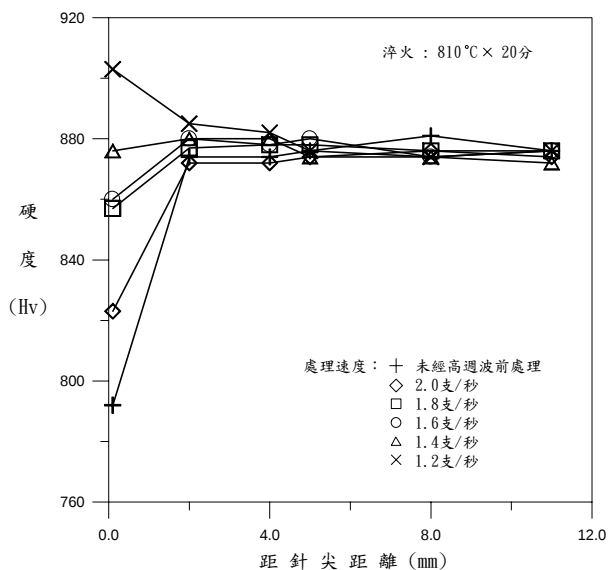


圖 2. 針尖先經不同條件的高週波熱處理之縫紉針，再施以一般淬火後的硬度分布

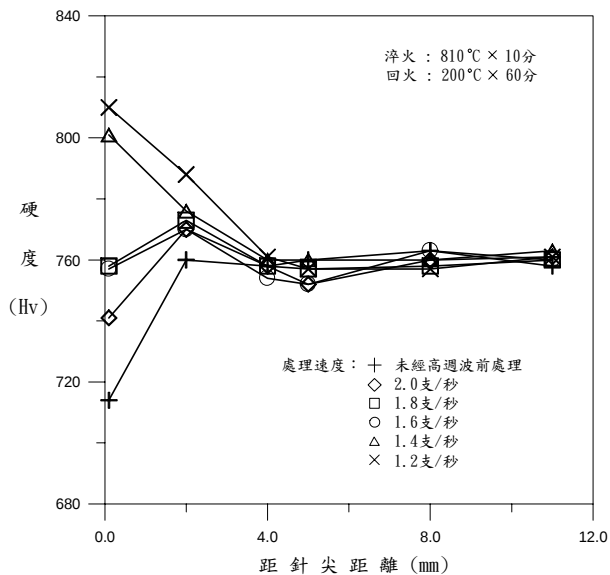
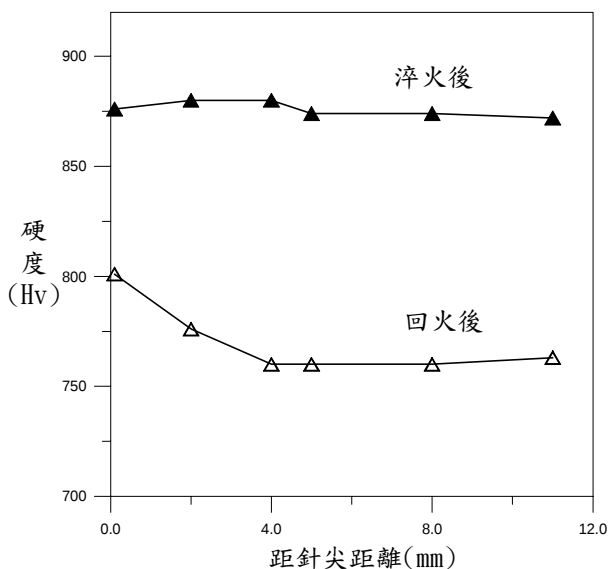


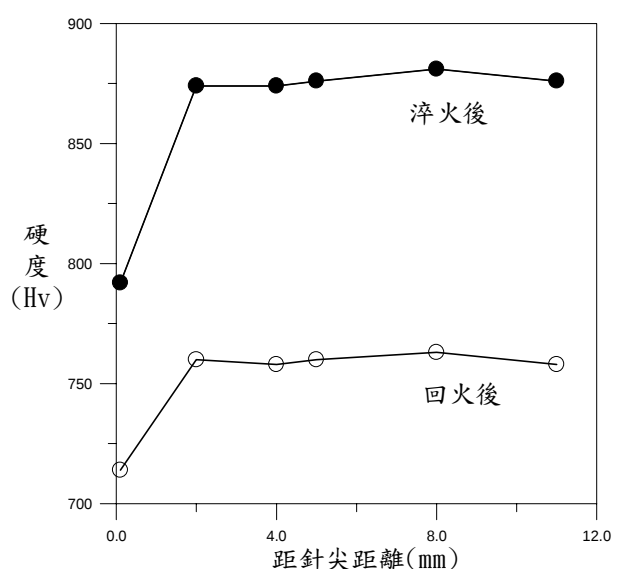
圖 3.針尖先經不同條件的高週波熱處理之縫紉針，再施以一般淬火回火後的硬度分布

圖 1 是高週波針尖局部淬火對縫紉針之硬度分佈的影響，由圖 1 的結果發現，以高週波感應加熱，處理速度越慢者，即感應加熱的時間越久，淬火後其針尖硬度值越高，且硬化區域愈長，在距針尖 2mm 處，硬度達到最高，約達 Hv870。而距針尖 0.1mm 處硬度偏軟的原因，可能因為極靠近針尖部分的區域很小，在量測硬度時，鑽石壓痕器打入工件，工件材料本身的流動較明顯，所以壓痕略為變大，硬度量測起來略低。而在 5mm 處原本有加工硬化的現象，硬度約 Hv340，而針尖進入感應加熱線圈的長度在 4.5mm 左右（針孔的位置），所以 5mm 處並沒有受到高週波感應，但是有熱量傳遞過來，在溫度無法提升到沃斯田鐵化溫度的情況下，造成了退火的效果，所以硬度降為 Hv250。

圖 2 是針尖有先經高週波加熱處理的針與未處理的針，在淬火後的硬度分佈情形，由圖 2 可以很明顯的看出，有先經過高週波處理的針，淬火後，針尖部分硬度明顯較原針直接淬火者高。一般來說碳的固容量較高者，淬火後的硬度較高，因此可以推斷，高週波局部加熱的確是有助於更多的碳固溶入基地中。圖 3 是回火後的硬度分佈情形，由圖中可以看出，隨著高週波處理時間的增長（即處理速度慢者），經淬火回火處理後，針尖硬度呈現增加的趨勢，經過比較可以發現，針尖有先經過高週波處理者，其在淬火回火後，針尖的硬度遠優於未經高週波處理而只經淬火回火處理的針。有經高週波處理者，最高的硬度可達 Hv810 左右，相較於原針直接淬火回火的硬度 Hv714，提升很多。而且針尖部分的硬度是整支針中硬度最高的，尤其以處理速度為 1.2 支/秒、1.4 支/秒，最為明顯。



(a) 先經高週波處理 1.4 支/秒



(b) 未經高週波處理

圖 4. 有經過高週波處理的針與未處理者，分別在淬火後與回火後的硬度分佈情形

圖 4 (a) (b) 分別為經高週波處理（處理速度 1.4 支/秒）與未經高週波處理的針，在淬火後與回火後的硬度分佈情形，經過比較可以發現，回火後，有先經過高週波處理的針，在針尖部分硬度降低的程度較針身部分降低的程度來得少，而且針尖的硬度是最高的，

通常在做回火處理時，含碳量高可以抑制回火軟化的現象，所以針尖部分經過高週波先處理後，其基地比針身固溶更多的碳，在淬火回火後，確實有達到針尖局部硬化的效果。

實驗結果歸納：

1. 碳工具鋼工件先以高週波實施局部硬化處理，再施以二次淬火處理，可固溶更多量的 Fe_3C 於基地內，這些固溶入基地的 Fe_3C ，能使淬火後的麻田散鐵硬度提高；且在回火時，因含碳量的提高，可抑制回火軟化的現象。
2. 對於 SK4 碳工具鋼縫紉針，利用高週波能局部感應加熱的特性，先對針尖施以高週波淬火處理後，再施以一般的淬火回火，相較於只做一次淬火回火的針，能有效提高其針尖的硬度，並同時保有針身適當的韌性。

技術特點說明：

本計畫的主要目的是以高週波感應加熱先行淬火針尖部分，對以 SK4 碳工具鋼為材料的縫紉針進行針尖局部硬化處理，為了使縫紉針能兼具韌性和針尖局部高硬度的要求，嘗試以兩次淬火（針尖局部淬火→淬火→回火）來改良其機械性質。高週波淬火是屬於熱製程的表面層變成法，其原理是利用感應加熱的方式，使工件需要硬化的部位加熱到沃斯田鐵化溫度，然後淬火急速冷卻，而生成堅硬的麻田散鐵組織，達到硬化的目的。高週波感應加熱的特點為可局部加熱，且加熱速率快，處理時間短，工件的氧化、脫碳可以忽略，且工件的加熱溫度可高至其熔點附近，而不影響設備的使用壽命。

高週波感應加熱有 3 種特徵：

1. 在很短的時間內，可以讓工件表面的溫度升到很高，工件表面加熱時，因為集膚效應，使得渦電流主要集中在工件的外層，工件和感應線圈並沒有接觸，熱量的產生是由電阻熱和磁滯損失而來。
2. 加熱的時間極短，且可進行局部加熱，可以讓表面脫碳和氧化的現象大幅減小，扭曲變形的程度亦不嚴重。
3. 工件的外形會受到一定程度的限制，必須設計適當的線圈來使用。

可利用之產業及可開發之產品：

可利用之產業	可開發之產品	推廣及運用的價值
製針業	縫紉車針	提高針尖硬度，保持針身韌性，增加產品的競爭力
自行車業	鍊條、鍊銷等	提高局部硬度，延長零件使用壽命