

机械工人活叶学习材料 203

回 火 处 理

吳鍾琰編著



机 械 工 业 出 版 社

— 必須克服忽視回火 4160327809

鋼料經過淬火之後，它的組織是不穩定的，它處在一種應力的狀態下，而且脆性很大。爲了減低脆性，減少因淬火而產生的應力，並得到所要求的機械性能，鋼件淬火之後必須經過回火。

回火的目的是增高鋼的機械性能，在保持足夠的韌性下，提高鋼的強度並延長它的使用壽命。

雖然回火是熱處理工作過程的一個主要工序，可是有不少廠子（特別是中小型的廠子），往往還忽視這個工作，因而造成很多損失。

一副衝模，一般可以用來落料 5000~10000 片。可是有這樣的事情，即衝模試衝是合格的，但剛投入生產，模子就衝裂了，衝頭也崩缺了，生產也就停頓下來。爲什麼衝模會崩裂呢？是設計錯了嗎？是材料不對嗎？是使用得不正確嗎？研究的結果這些都沒有問題。原來衝模衝裂的原因，是沒有很好地進行回火。

這副衝模不但在淬火後進行了退火，而且採用鹽浴淬火進行了硬化。雖然淬火後也進行了回火，回火後的硬度是洛氏 (R_c) 50~54，但是回火沒有按照規定在 280~300°C 的硝鹽溶液中進行，只是淬火後放進反射爐中烤了一刻鐘，而爐內的溫度不到 300°C。由於溫度過低，同時時間不夠，工件表面的硬度雖然降低了一些，但是回火處理不徹底，沒有起到回火的作用，因此造成嚴重的損失。

其實這種不重視回火的工作，普遍在一些工廠裏存在着。有些人在討論熱處理操作過程的時候只提出燒多少溫度，用什麼爐子加熱，用哪種冷却劑淬硬和一些淬火加熱的方法及淬入冷却劑

的方向等，即使碰到材料不同或產品質量要求較高，也只研究怎樣用分段淬火或等溫淬火等方法而已，對於回火的操作方法却沒有詳細的規定。因此現場工作人員就很容易疏忽過去，即使進行回火也不過是草草地做到形式上的回火罷了。這種單純地只注意淬火的操作方法，縱然是細緻認真地工作，得到了理想的結構和硬度，也不能算是完善地進行了熱處理工作，因為這種忽略回火的操作，不但沒有全面地掌握熱處理工作，並且對產品來說，却是一種危險的措施，是對生產不夠負責的表現。

不僅在熱處理車間裏要重視回火工作，同熱處理工作有關的其他的單位，也要同樣地重視回火工作。這樣才能從基本上把熱處理產品的質量提高。

事實上回火工作沒有做好，除了熱處理工作者忽視這種工作以外，還有不少外在的原因。比如在施工以前安排生產進度計劃的時候，沒有適當地留出進行回火工序的時間，工藝過程卡片中對回火操作規程訂得不够具體（溫度範圍太大，或者沒有回火的時間）等等。

機器加工車間急用的臨時工具，常常要交給熱處理車間進行熱處理。而做熱處理工作的同志接到這樣的小批急件，因為是生產計劃以外的工作，為了免得耽誤計劃內的生產任務，只淬硬了不回火就交差。這種現象在中小型的工廠裏經常發現。等到出了事故不但機器加工車間的生產任務沒有按時完成，還要等候更長的時間來重做新的工具，而且由於減省了回火工作，竟把一副完好的工具斷送，使工具的材料和工時全部浪費。因此不論是否計劃以外的生產任務，熱處理工作者都應當按規定的熱處理工序逐步加以處理，不能存有計劃外的工作可以馬虎些的思想，為了偷工一小時而造成幾十小時的浪費還白賠了材料；即使委託的同志等得急，建議不

回火可以用，也應當說服他不要性急，並要說明回火的好處。另一方面，委託淬火的同志也不應當主觀的替熱處理工作者改變和減少回火的工序，雖然這工件是急用的；否則就會使工具的壽命縮短甚至報廢。

熱處理車間的設備配合得不好，也是回火不好的原因。應當有必要的回火爐子和回火工具；不應當在別種爐子裏附帶的進行回火。應當在 $320\sim 350^{\circ}\text{C}$ 中溫回火的產品，由於沒有設備而用熱油煮一煮就完事，或者應當在 $200\sim 250^{\circ}\text{C}$ 低溫回火的產品，爲了沒有低溫回火的設備，就在火焰爐上^①烤一烤以代替低溫回火，這些都是不可靠的辦法。應當在規定的溫度和保溫的時間內進行回火處理。目前國內多數的機器工廠裏都感到熱處理的設備不夠，所以不容易把熱處理產品的質量提高。這主要的原因是現場中存在有一種不願採用固體燃料爐的傾向。蘇聯專家捷克洽廖夫指出：「人們喜歡用電熱設備的裝置。但應當估計到電力方面現實的條件如何。在機械工業發展的情況下，在條件許可時可以裝置電熱設備，在不具備這種條件的地方，熱處理的加熱最好是利用固體燃料或發生爐煤氣（最適當的燃料）。這在中國的條件下是最合適的。」^②我們應當重視蘇聯專家的建議，不要認爲非要電熱設備不能做好熱處理工作，不要等待進口的爐子到來再克服現場中返工報廢的現象。應當發動老年工人和技術人員結合起來建造適合自己產品的爐子，即使質量可能差些或者數量少些，總比乾等着沒有爐子生產好得多。況且自己建造爐子設備費用低，而爲了降低成本也是以固體燃料最好。

① 指打鐵爐或反射爐。

② 見《機械工業》雜誌1954年第10期第20頁。

二 回火的重要性和作用

在上節上談到了現場中忽視回火的現象，並指出這是不應該的，那末回火的重要性在那裏呢？它的作用又在那裏呢？下面就這個問題來談一談。

回火是熱處理最後一個工序，應當接在淬火以後進行。回火的重要性在於產品熱處理後的質量大部分要依靠正確的回火工作來掌握。除了上節所舉的一些例子以外，工具和大批產品必須很好的經過回火處理的原因，主要是要得到耐久的性能。要得到耐久的性能，必須改變鋼料的組織結構，而回火處理的作用，正是使淬火後的鋼料從比較不穩定組織轉變到更穩定組織的處理。鋼在淬火後是處於應力狀態下的，有較高的硬度，但脆性很大，這也需要用回火來改善。組織不穩定、有應力、硬度高、脆性大等等性質究竟是怎樣在鋼料中產生的呢？這是經過一個複雜的變化過程的，需要提出來說明。

下面以高碳鋼做例子，簡單談談鋼在淬硬過程中怎麼會形成不穩定狀態：

高碳鋼在淬火的時候，因為冷卻速度很大（用水或鹽水作冷卻劑），碳來不及從 γ 鐵固溶體^①中析出，於是奧氏體要轉變成珠光體——純鐵體—滲碳體混合物——的分解作用，就不能發生，而 γ 鐵又轉變成了 α 鐵^②。鋼料因此就形成了馬丁體結構。不過這時會有一部分奧氏體沒能轉變而保留在鋼中^③。馬丁體的轉變只是 γ 鐵

① 鐵元素當加熱到 $910\sim 1400^{\circ}\text{C}$ 的時候，結晶格子是面心立方體，沒有磁性，叫做 γ 鐵。一種元素在固體狀態下溶解了另外一種元素，就叫做固溶體。 γ 鐵能溶解一部分碳，組成 γ 鐵固溶體，即奧氏體。

② 鐵元素在 768°C 之下的時候，結晶格子是體心立方體，有磁性，叫做 α 鐵，它幾乎不能溶解碳。

③ 這種保留在鋼中的奧氏體叫做殘留奧氏體或剩餘奧氏體。

向 α 鐵的轉變，不是擴散過程，碳在固溶體中的濃度不變。所以在淬火後鋼的組織是馬丁體（正方結晶格子）和殘餘奧氏體的混合物。這種混合物是不穩定的組織，而奧氏體變成馬丁體的轉變是在低溫中形成的，在這個溫度中（約 200°C 以下），擴散作用的進行已受到阻礙，所以甚至在室溫以下很低的溫度中（零度以下 80°C ）奧氏體還能轉變成馬丁體，不過在室溫中的轉變要延長很久的時期。回火處理就能縮短這個轉變的時間。回火所以能使鋼料的性質發生很大的改變，是由於鋼料本身組織發生了改變；這種性質的改變是決定在馬丁體與奧氏體的轉變。由於馬丁體是含碳過飽和的 α 鐵固溶體，隨時都有改變成托氏體、索氏體甚至珠光體的趨向，因此淬火後鋼料的組織是處在不穩定的狀態下的。必須經過回火處理，使馬丁體能很容易而較快的分解，變成爲穩定的結構組織，所以回火的主要任務是穩定產品的組織。

當加熱溫度在 300°C 以內的時候，馬丁體發生分解，溶解在馬丁體內的碳成了不定成分的碳化物 (Fe_xC) 從馬丁體中析出來，結果形成了回火馬丁體。這種回火馬丁體還溶解一部分碳，所以仍舊是碳在 α 鐵中的過飽和固溶體。

提高回火溫度到 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ ，馬丁體中析出不定成分的碳化物 (Fe_xC) 就轉變成滲碳體 (Fe_3C)。由於這種轉變，鋼料的組織成爲馬丁體和托氏體的混合組織。

當回火溫度升高到 400°C 的時候，碳從馬丁體中全部析出，結果形成了回火托氏體。

溫度升高到 $450\sim 500^{\circ}\text{C}$ ，由於聚集的結果，滲碳體晶粒呈圓球狀，這將回火托氏體漸漸轉變成回火索氏體。

當溫度升高接近 700°C 的時候，索氏體開始轉變成球狀珠光體。

下面再來談談鋼料應力的產生原因和它的消除。

鋼料在淬火後是處於應力狀態的。這種應力由於冷卻而發生：急冷淬火後的鋼料應力大，緩冷的應力比較小（即使是在空氣中冷卻也會有應力存在）。因為鋼料在冷卻的時候，表面會引起壓縮應力，而中心部分會引起同樣數值的拉伸應力，並且淬火後的馬丁體是過飽和含碳的 α 鐵固溶體，結晶格子歪曲內力很大，所以鋼料淬火冷卻後有應力存在。應力集中的地方容易有微細的裂痕，雖然肉眼不能分辨出來，但在高倍的顯微鏡下可以查出。應力集中如果不消除，很容易引起意外的裂碎，造成不可補救的損失。所以鋼料淬火後必須要經過回火處理，把應力減少。如果要完全消除鋼的應力，需要升溫在 600°C 附近進行回火處理。不過這種高溫度回火，會使大多數鋼料的硬度降低很多，不能適合實際上需要。為了保留較高的硬度，必須降低溫度，而回火溫度過低減少應力的作用就不大，所以在回火處理中常用比較長的時間，來補救回火溫度過低，以求消除大部分的內應力，而同時又得到較高的硬度，以配合實際上的使用。

圖1表示消除應力的時候，回火溫度的高低和保溫時間長短對應力的影響。從圖中可以看出，回火的時間最好保持到2小時。低溫回火對應力消除的作用較小。要求大量的消除應力必須在 550°C 附近回火。

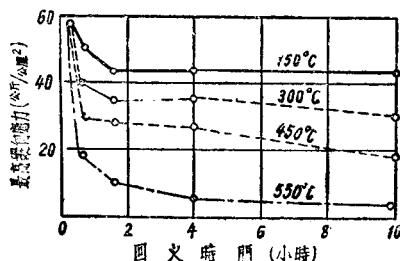


圖1 回火的溫度和時間對消除應力的影響。

回火的作用可以總結如下：

一、回火對馬丁體穩定的影響——鋼料淬火後的組織是由正

方馬丁體和殘留奧氏體所構成的。馬丁體的體積最大，而奧氏體的體積最小。用回火處理來穩定馬丁體，在轉變過程中同時會有體積的改變。馬丁體轉變有收縮的現象，而奧氏體轉變時體積膨脹。收縮和膨脹隨着鋼的含碳量的不同而不一樣。例如 0.58% 的中碳鋼，淬火的時候體積增加 0.46%，而 0.83% 的共析鋼體積增加是 0.99%。當加熱到低溫的時候，鋼（淬火後）的體積變化就已經開始；加熱到 80~90°C，經過幾小時後，已經能顯示出體積的變化。溫度升高，停留的時間可以減少。溫度降低，需要停留的時間就要拖延得很長。所以淬火後的鋼料即使在室溫下停留，體積的變化還是會逐漸的進行，只是要拖延更長久罷了。要穩定這種體積轉變，首先是正方馬丁體的轉變，隨後是殘留奧氏體的轉變，應當使它轉變成比較穩定的托氏體、索氏體等組織。

使馬丁體（碳鋼）發生轉變的處理可以分以下幾個溫度區域來說明：

1) 80~170°C：這個溫度範圍內，馬丁體正方性減小，長度縮短，同時有微細的碳化物從 α 鐵固溶體內分解出來。馬丁體的正方性是因為碳發生分解而造成的，因此正方性的降低就是碳已經從固溶體中析出。所以這一區域的轉變是正方馬丁體轉變為立方馬丁體的轉變。

2) 170~270°C：在這個溫度範圍內，由於殘留奧氏體轉變成由過飽和的 α 鐵固溶體和碳化物 Fe_3C 組成的混合體，也就是殘餘奧氏體轉變成回火馬丁體，在體積上有膨脹的現象。

3) 270~400°C^②：在這個溫度範圍內，固溶體已經完成它的分解作用，碳已經從固溶體內全部析出，因此馬丁體轉變成托氏體，而一般得到的是馬丁體和托氏體的混合組織。當溫度升到 400°C

② 具有回火脆性的鋼料不應當在這一段溫度範圍內回火。

的時候，能得到全部托氏體，鋼料具有較高的韌性和強度，適合於一般機件和工具的需要。

4) 400~650°C: 高溫回火後的硬度雖然降低很多，同退火後的相似，但耐震動、耐撞擊、耐疲勞等性能却很高。需要高韌性的機件和彈簧以及調質處理[⊕]的鋼料可以採用這種方法。高溫回火得到的主要是索氏體組織。

二、回火對於鋼料性能提高的影響——鋼料經過回火後，表面上一般只看到硬度降低了，有人因此認為經過回火處理反而不能耐久。其實要求耐久，並不能只單純地提高硬度。因為淬火後的工件，脆性大，即使我們要求很高的硬度，也要進行低溫回火（只要加熱到150~180°C，把內應力減低而不影響硬度，展性也稍能增高）。比如滲碳後的產品要求表皮硬度高，但也得經常用這種低溫回火處理，以減少內應力，增高使用的壽命。

一般的機件和工具，更不必追求過高的硬度，而應當注意提高韌性，這樣才能耐久。硬度只要求在洛氏(Rc)45~55的，可以在

表1 回火和韌性的關係

回火溫度(°C)	衝擊強度(公斤·公尺/公分 ²)
淬火以後	1.2
150	5.75
175	8.54
200	5.37
225	4.42
250	4.18
275	2.51
300	2.80

300~400°C回火（依鋼所含的合金成分來決定）。這種中溫回火對於鋼的硬度雖然降低得很多，但鋼料的組織是托氏體，韌性增高很多。比如中碳鋼(40X)淬火後的衝擊強度較小，經過回火後就有顯著的增高(如表1所示)。

⊕ 調質處理就是淬火後進行高溫回火。

表 1 中的鋼料，加熱到 360°C 後，淬油冷卻的結果硬度是洛氏 (Rc) 51~53，在 300°C 回火後的硬度是洛氏 (Rc) 48~50。

從表中可以看出鋼料韌性並不是隨着回火溫度升高而增加，所以要求高韌性的時候，必須很好地選擇回火溫度。

回火時的冷卻速度對鋼料的韌性也有影響，如表 2 所示。

表 2 回火時冷卻速度對
鋼料衝擊強度的影響

回火溫度 (°C)	衝擊強度(公斤·公尺/公分 ²)	
	爐 冷	水 冷
500	2.2	6.1
550	1.9	5.8
600	4.1	9.7
650	8.0	15.4

表 2 是中碳鎳鉻鋼
淬火後回火 1 小時後的
衝擊強度。鋼的化學成
分是：碳——0.35%，
錳——0.32%，矽——
0.29%，鎳——2.82%，
鉻——2.77%。

同以上成分類似的
鋼料，當回火時的冷卻速度增加的時候(在水中冷卻)，就可以避免
衝擊強度的降低；不過由於冷卻過快會引起內應力的產生。為了避
免這些缺點，所以主要的機器零件和工具的鋼料中，常常含有鉬、
鎢等合金。

至於合金鋼的彈簧，要求高彈性和高耐疲性，可以不計硬度的
降低，只求韌性好，彈性高，常用高溫 400~550°C 的回火。回火後
的硬度範圍比較大，一般在洛氏 (Rc) 28~46 之間，常用的硬度是
洛氏 (Rc) 26~42。有些比較小的彈簧，例如機件上的柱形和螺旋
彈簧也常用 350~400°C 鹽浴回火，這能達到很好韌性和彈力，但
還是要以選用的材料來決定。

雖然大多數的鋼料經過回火處理，能使硬度降低，但也有些鋼
料在回火處理時能有增加硬度的現象。比如高碳鋼進行低溫 100°C
回火的時候，硬度就有些提高，這是因為鋼料中馬丁體的正方形降

低的緣故。再有一些合金鋼在回火後的硬度能顯然地提高。例如高速鋼在淬火後的硬度，能達到洛氏 (Rc) 62~64，如果在 300~400°C 回火，硬度會降低到洛氏 (Rc) 56~60，但提高回火溫度到 520~580°C，硬度又會升高到洛氏 (Rc) 63~66，這是因為鋼中奧氏體轉變為馬丁體和析出各種碳化物的緣故。只要在回火溫度下沒有轉變為純鐵體和碳化物的混合物，使剩餘奧氏體中的炭量和合金元素逐漸減少而轉變為馬丁體，就能使硬度稍微增高。這種在回火時增高硬度轉變成的馬丁體，常常叫做二次馬丁體。所以在回火處理過程中硬度反而增高並不是奇怪的事，也說明回火並不盡是把硬度降低，而是要看選用的鋼料結合使用的要求來決定。

三 回火的運用

如果要正確地完成回火處理，必須很好地掌握加熱的溫度和保溫的時間。在實際操作的時候，回火處理並不比淬火處理簡單，反而要更細緻的選擇回火溫度和保溫時間，才能得到良好的結果。比如一件中碳鋼 (0.45% C) 產品，它的淬火操作條件只要訂為加熱到 830~850°C，保溫 30 分，淬水冷卻，硬度達到洛氏 (Rc) 46~54 就行了，可是在回火處理的時候，雖然材料成分完全相同，淬火後

表 3 中碳鋼的回火硬度

編號	處理方法	硬度(Rc)	附註
1	850°C 水冷，沒有回火	48~52	在 10% 氫氧化鈉水溶液中冷卻
2	850°C 水冷後在 120~150°C 回火	48~52	回火保溫 30 分鐘
3	850°C 水冷後在 300~320°C 回火	35~38	回火保溫 30 分鐘
4	850°C 水冷後在 350~360°C 回火	32~36	回火保溫 60 分鐘

的結果也相同，但由於使用的要求不同，就不能單純的用同一種溫度來回火。由於回火溫度的不同，所得到的產品硬度也各不相同，這可以在表 3 中看出。

表3中的材料成分是：碳——0.4~0.5%，錳——0.6~0.9%，矽——0.25~0.35%，磷——0.045%以內，硫——0.05%以內。

如果用以上的材料做成手錘和普通量具，雖然可以一同在鹽浴爐內用相同的溫度加熱，也可以用同一種冷卻劑淬硬，但切不可用同一種溫度進行回火。由於工具使用的要求不同，所以回火處理的溫度也不同：普通量具如鉗形樣板等只要耐磨，不受激烈的震動，可以保留較高的硬度，可以採用表 3 中第 2 種方法處理；手錘並不要求硬度高，只要不崩碎就可以耐用，所以應當採用表 3 中第 4 種的方法處理。量具如果用第 4 種方法處理，必然不耐磨，使用壽命就要縮短，而手錘如果用第 2 種方法處理，不但不能耐久，而且崩碎時的小碎片還會造成意外的事故。從這一個簡單的例子就可以看出，回火處理運用不得法對生產中的損失是很嚴重的。

回火的溫度同鋼內含有的合金成分和碳量有關，保溫時間同工件的尺寸大小有關，這都必須很好地掌握，才能得到合理的結果。

1 回火色彩和回火溫度的關係 經驗豐富的熱處理工，常常在回火處理的時候，靠工件表皮的色彩來掌握回火的溫度。要想得到準確的回火色，必須把淬火後的工件的表皮打磨光潔，並在回火的時候使工件同空氣接觸[●]。溫度升高，回火色也隨着變化。例如回火溫度在200°C的時候，回火色是淺黃色，在220°C的時候是黃色，在240°C的時候是草黃色，在255°C的時候是棕黃色。所產生這種回火色，是因為鋼料在加熱的時候表皮受到氧化作用，而由於氧化皮的厚薄不同，所顯示出來的色彩也不同。碳鋼在回火時的溫

● 工件如果浸沒在熱油中回火，就不會有色彩發生。

度和色彩的關係如表 4 所示。

爲了準確的按

表 4 碳鋼的回火色

照回火色來掌握回火溫度，工件的表皮應當打磨光潔，如果表皮很髒，有油污或鹽粒黏附，或者已經有了氧化

回火色	溫度(°C)	回火色	溫度(°C)
黃白色	220	紫色	285
草黃色	240	淺藍色	295
棕黃色	255	深藍色	315
棕紅色	265	藍灰色	325
絳紅色	275	灰色	350以上

皮，那麼回火後的色彩就不能很好的顯示出來。

2 回火色彩和保溫時間的關係 除了回火溫度升高對回火色彩的變化有影響外，回火時間也能使回火色彩變化，所以表 4 中的色彩，只是工件在爐內靜放不長的時間（幾分鐘內）所得到的回火色。工件表皮依次顯出的回火色彩，就表示工件本身已經達到某一種溫度。如果在一定的溫度中回火，而把保溫的時間延長，那麼由於保溫時間的不同，而工件表皮所顯示的色彩也不同。如果把一個薄件工具放在 240°C 溫度中，保溫 1 分鐘，表皮是淺黃色的，保持 5 分鐘是棕黃色的，保持 10 分鐘是棕紅色的，保持 40 分鐘就是紫色的了。這就說明回火色不僅由溫度的高低來造成，同時也受保溫時間的影響。這同時也說明回火色彩是由氧化皮的厚薄形成的。

3 回火色彩和鋼料成分的關係 表 4 中列的只是單純碳鋼的回火色。其它鋼料對氧化有抵抗作用的，在相同溫度下顯示出的回火色就同上表列的不相同。比如碳鋼在 280°C 溫度中保溫 5 分鐘能得到紫色的外表。但用鎳鉻鋼製成的工件，同樣在 280°C 溫度中保持 5 分鐘就只能看出它的外皮呈棕黃色，如果以碳鋼的色彩來估計，它的回火溫度只達到 260°C。如果用 18-4-1 高速鋼來比較，在 280°C 溫度中保持 5 分鐘，只能得到草黃色的氧化皮。抵抗氧化性

强的不銹鋼在 480°C 溫度中保持 5 分鐘回火色是棕紅色，而把碳鋼在這溫度下保持 5 分鐘，它的外皮已是深灰色了。

表 4 的回火色不是各種鋼料都能運用的；即使是碳鋼工件用回火色掌握回火情況，也還要注意溫度、時間和工件的厚薄，才能得到較好的結果。所以用回火色來掌握回火的情況不宜用在厚大的工件和產量較多的產品，少數而較細薄的工具採用回火色來判斷回火情況是比較便利的。對於低合金鋼的工具比起碳鋼要提高回火溫度，而對於高合金鋼產品因為不容易掌握，所以不宜採用它。

4 回火溫度和鋼料成分的關係 回火溫度同鋼料的成分，顯然也有關係。選用回火溫度的時候，先要以鋼料中所含的成分為依據。下面分別碳鋼和合金鋼來說明這個問題。

一、碳鋼的回火溫度——鋼的含碳量越高，淬火後的硬度也就越高，所以在回火的時候就要提高溫度，才能使硬度降低（這是由於碳化鐵發生粗化，同時在 α 鐵固溶體內的碳量逐漸減少的緣故）。回火的溫度同碳鋼淬火後硬度的關係如表 5 所示：在 200~250°C 的範圍內，硬度降低的速度比較慢，升到 300°C 以後，硬度就很快地降落了。

表 5 碳工具鋼(含碳 0.8%)的回火溫度同硬度的關係

處理情況	淬 火 後	回火溫度(°C)					
		150	200	260	310	370	420
硬度(HRC)	64~66	63~65	61~63	57~59	53~55	49~51	45~47

表 5 所列的是這樣成分的鋼的回火溫度同硬度的關係：碳——0.80%，錳——0.25%，矽——0.20%。鋼的淬火溫度是 770~810°C。雖然淬水冷却能夠得到很高的硬度，但因為沒有合金成

分單純的碳鋼脆性大，所以在使用的時候應當降到洛氏(Rc)50~62才比較安全。含碳1.0%的高碳工具鋼的回火溫度和硬度變化的關係如圖2所示。在圖中可以看出：在低溫回火的時候，硬度沒有什麼顯著的變化；溫度超過了150°C，硬度就顯然地下降了。圖2是 $\phi 25 \times 50$ 的工件經過780~800°C加熱，並在水中淬硬後，再經過回火處理的結果。

再從表5和圖2中可以看出：一般是硬度隨着回火溫度的升高而降低的，而且在300°C附近的回火溫度和硬度變化的關係成近似直線形的下降。在300°C以內，隨着鋼料所含的碳量的高低，回火溫度和硬度

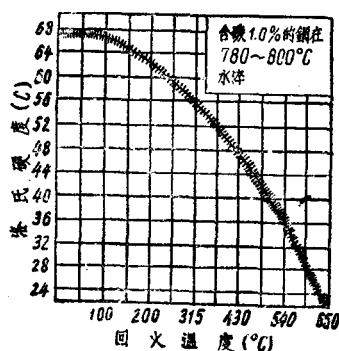


圖2 碳工具鋼的回火溫度和硬度變化的關係。

的關係也有差別。含碳1.2%、0.8%、0.6%、0.35%、0.20%五種鋼料硬度變化的差別，如圖3所示。

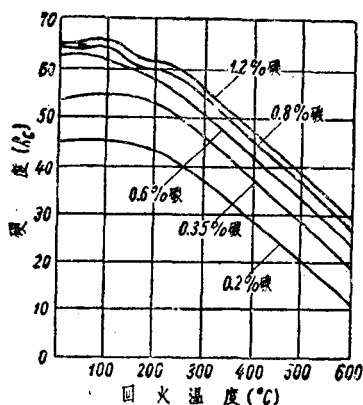


圖3 含碳量不同的鋼的硬度和回火溫度的關係。

從圖中可以看出，高碳鋼在100°C附近回火的時候，它的硬度稍微有些提高，而在亞共析鋼中就沒有這種情形。同時可以看出在200°C以內低溫回火的時候硬度變化比較緩慢，溫度超過了300°C，硬度

● 含碳量在0.83%以內的碳鋼叫做亞共析鋼。

變化的速度就轉快。在 300°C 溫度下回火，對於含 1.2 % 的高碳來說，可以得到洛氏 (Rc) 55 左右的硬度，用作落料冷衝模是非常合式的；但同樣回火溫度 (300°C) 對於含碳 0.35 % 的中碳鋼來說，就只能得到洛氏 (Rc) 45 的硬度。所以在決定回火加熱溫度的時候先要了解鋼料的含碳量和淬火後的硬度。如果要求中碳鋼的工件在使用的時候能有較高的硬度，就可以選用較低的溫度 $150\sim 180^{\circ}\text{C}$ 進行低溫回火 (可得到洛氏 (Rc) 50 以上的硬度)。

回火後硬度的高低要以對工具或產品的要求來決定。比如 Y 10 號鋼製成的鉸刀，使用的時候就要求硬度在洛氏 (C) 62 以上，而用這種鋼料製成螺絲板牙的時候就不需要過高的硬度，只要洛氏 (Rc) 59~60 就可以，以免硬度過高易於崩碎。所以雖然是同一種材料，由於製成工具後使用的要求不同，所要的硬度也不同，所以選用的回火溫度的高低也有差別。碳工具鋼因使用的要求不同所選用的回火溫度列在表 6 中。

表 6 各種碳工具鋼所採用的回火溫度

工 具 種 類	鋼料編號	回 火 溫 度 ($^{\circ}\text{C}$)	使用部分的硬度 (Rc)
螺 絲 攻	Y10~Y12	180~200	60~62
鉸 刀	Y10~Y12	160~180	62~64
鑿 子	Y7	280~300	56~58
冷衝模下模	Y3~Y10	200~220	60~62
螺絲板牙	Y10	220~240	59~61

二、合金鋼的回火溫度——合金鋼在回火過程中的變化，可以分成馬丁體變化和奧氏體變化兩種。根據回火溫度的高低，這兩種變化後總的結果，也是使鋼的性質發生變化。回火時馬丁體變化的結果，在合金鋼中也能形成托氏體和索氏體。有些合金元素如矽、鉬、鎢等，在鋼的變化時會提高馬丁體的變化溫度，所以進行合金