

熱處理工學

(刀具熱處理)

譯者 王怡陶



民智書店出版

目 次

1. 碳工具鋼、合金工具鋼刀具的熱處理和質量改善.....	1
2. 高速鋼及其熱處理.....	10
3. 切刀熱處理.....	27
4. 鑽頭熱處理.....	34
5. 銑刀熱處理.....	42
6. 鉸刀熱處理.....	51
7. 螺絲攻熱處理.....	51
8. 剝刀熱處理.....	56
9. 圓螺絲模熱處理.....	58
10. 切削刀具提高耐久性的方法.....	61

熱處理工學

刀 具 熱 處 理

1. 碳工具鋼、合金工具鋼刀具的熱處理和質量改善。

在切削過程中，刀具的切削（工作）部分附着在被切削機件上而產生切屑形式的小塊剝離物。爲此，切削刀具的硬度需要超過被切削物料的硬度。

刀具的切削部分在全部切削過程中，都和被剝離的切屑相接觸，也就是說發生連續不斷的摩擦，甚至刀具刃面的磨損。因此切削刀具除了高硬度外，應該具有高度的耐磨性。在切削過程中，機械能變爲熱能，因此，刀具、被切削的機件和切屑都發熱。當用慢的切削速度加工軟物料和切削薄的切屑時，切削刀具是處於較容易的工作條件下的，這時刀具的切削刃發熱的程度也不大。當以高的切削速度加工硬物料和切削厚的切屑時，切削刀具是處於困難條件下的，這時刀具的切削刃被加熱到高溫。因此，在困難條件下工作的切削刀具也應該具有紅硬度，也就是說切削刃在熱到高溫時應該保住本身的高硬度。

因爲甚至和平穩的、均勻的加工情況下也能遭受意外的震動和衝擊，所以它應該有着令人滿意的韌性。

製造在容易條件下工作的切削刀具，採用下列符號的碳

工具鋼和合金工具鋼（表1）。

表1. 用於製造切削刀具的碳工具鋼和合金工具鋼的化學組成

鋼的種類	鋼 號	化 學 組 成				%
		C	Mn	Si	Cr	W
碳工具鋼	Y10	0.95-1.09	≤0.30	≤0.35	≤0.20	—
	Y10A	0.95-1.09	0.15-0.25	≤0.30	≤0.20	—
	Y12	1.10-1.25	≤0.30	≤0.35	≤0.20	—
	Y12A	1.10-1.25	0.15-0.25	≤0.30	≤0.20	—
合金工具鋼	X	0.95-1.10	≤40	≤0.35	1.3-1.6	—
	XΓ	1.30-1.50	0.45-0.70	≤0.35	1.3-1.6	—
	XBΓ	0.90-1.05	0.80-1.10	0.15-0.35	0.90-1.20	1.2-1.6
	9XC	0.85-0.95	0.30-0.60	1.20-1.60	0.95-1.25	—
	9XBΓ	0.85-0.95	0.90-1.20	0.15-0.35	0.5-0.8	0.5-0.8
	XB5	1.25-1.50	≤0.30	≤0.30	0.4-0.7	4.5-5.5
	X12M	1.45-1.70	≤0.35	≤0.40	11.0-12.5	0.5-0.8鉬 0.15-0.30
附註： Y10A, Y12A 鋼和 Y10, Y12 鋼的區別，在於前者含有更低的硫和磷。						

碳工具鋼適合於製造不受劇烈的、強力的衝擊的刀具，而且這些工具在切削面上應該有着最大硬度（例如製造鑽頭、鉸刀、螺絲攻、銑刀和螺絲模）。

應用過共析鋼的切削刀具，由於它淬火後存在着過剩的碳化物（馬丁斯體 + 士敏體結構），而提高了它的耐磨性。

表 2 所示的規範應用於碳工具鋼切削刀具的熱處理上。

表 2. 碳工具鋼切削刀具熱處理規範

鋼 號	退 火		淬 火		回 火	
	溫度 °C	硬度 H _B 不大於	溫度 °C	硬度 H _{RC}	溫度 °C	硬度 H _{RC}
Y10, Y10A	760-780	197	770-800	62-65	160-180	60-63
Y12, Y12A	760-780	207	760-790	62-65	160-180	60-63

爲了獲得粒狀波力體，退火時以每小時不超過 40° 的速度在爐中冷卻到 650°。然後放在空氣中。

碳工具鋼爲了獲得切削刀具所必需的高硬度（60 — 65 H_{RC}），需要在水中淬火，雖然是快速的冷卻，但它的淬透性（прокаливаемость）是不大的。

當在水中迅速淬冷時發生強力的內應力，它能引起裂紋的形成。因此碳鋼刀具最好不完全在水中淬冷，而只冷卻到表面變暗（150—200° 以下），然後換到油中冷卻。

內應力、歪曲的減少和形成淬火裂紋的可能性的消除，應用分級淬火法可以做到。在這種方法下，碳鋼刀具在 $220-230^{\circ}$ 或 $160-170^{\circ}$ 的油浴或鹽浴（硝石浴）中冷卻。刀具在這種溫度下暫時保熱後再移到大氣中冷卻。

在 $220-230^{\circ}$ 的油浴中冷卻，比在更低溫度的浴中冷卻有更大的優越性。刀具從 $220-230^{\circ}$ 浴中取出時有着塑性的奧斯丁體結構。這種結構使桿狀刀具（例如鑽頭、鉸刀）的校直工作很容易進行。當刀具在 $160-170^{\circ}$ 浴中淬冷時，就沒有這種可能性，因為鋼由浴中取出時有着奧斯丁體—馬丁斯體結構。

分級淬火的缺點，是運用這種方法僅僅能處理細小的碳鋼刀具：刀具直徑在7 mm以下的冷卻到 $220-230^{\circ}$ ，直徑在15 mm以下的冷卻到 $160-170^{\circ}$ 。

對於大的刀具，在熱介質中淬冷是不合適的，因為在這裏它不能達到臨界淬冷速度。

合金工具鋼具有比碳工具鋼更大的耐磨性和淬透性。因為它的淬冷是在油中進行的，所以沒有發生裂紋的危險。

適應於製造刀具的X鋼，當在淬火狀態時，具有深淬透性和不大的變形以外，要求高硬度和耐磨性，這種鋼適用於修理廠和型鍛製造用的切刀、鑽頭、鉸刀、擴孔鑽和淬火時有着比較短的尾桿的螺絲攻，以及在中等速度工作着的不大尺寸的剝刀。

9XC鋼同樣是變形很小的鋼，也用於有着相當短的尾桿的刀具上。

XΓ 和 XBΓ 鋼，用於在淬冷時應該有着最下限變形的刀具上，並且 XBΓ 鋼具有比 XΓ 鋼更好的切削性和小的變形度。由這些鋼中可製造長的鑽頭、鉸刀、擴孔鑽，螺絲攻和剝刀。

XB5 鋼，另一種稱呼叫鑽石鋼，應用於上光刀具，用於不大的切削速度下加工硬物料的切削刀具和銑刀，以及最後上光工作用的刀具。

X12M鋼適用於重疊的螺絲攻剝刀。

合金工具鋼切削刀具的熱處理採用表 3 所示的規範。

表3. 合金鋼刀具熱處理規範

鋼 號	臨界點 AC ₁ °C	退 火		淬 火		回 火	
		溫度 °C	硬度 H _B	溫度 °C	硬 度 HRC	溫度 °C	硬 度 HRC
X	750	780—800	187—229	820—840	62—64	170—200	60—62
XΓ	740	780—800	197—241	820—840	62—64	170—200	60—62
XBΓ	750	780—800	207—255	790—820	63—65	190—210	62—64
9XC	770	820—840	187—229	840—860	62—64	160—240	61—63
9XBΓ	760	780—800	197—241	810—830	62—64	170—200	60—62
XB5	760	780—800	229—285	850—860	65—67	120—150	65—67
X12M	810	850—870	207—255	1100—1150	40—45	525 兩次	61—63

當退火的時候，以每小時 $20-30^{\circ}$ 的速度冷卻到 $650-700^{\circ}$ ，然後放到空氣中冷卻，或者採用加速冷卻到低於 A_{c1} 點 $10-20^{\circ}$ 的恆溫退火法，在這溫度下保熱，隨後在空氣中冷卻。

淬火是在油中冷卻。刀具直徑(厚度)在 20mm 以下的，可以採用在 $180-200^{\circ}$ 硝石浴中淬冷的分級淬火法。然而分級淬火法的應用，對於合金鋼刀具來講比碳工具鋼刀具的效果要小些，因為在油中一般的冷卻不會強力的形成內應力，淬火時也不會產生大量的廢品。XB5 鋼可以在水中淬火，然而要在更低的溫度 ($800-820^{\circ}$) 下進行。

碳鋼和合金鋼刀具的充分的加熱和保熱，要有足夠的時間。保熱時間決定於加熱介質。

刀具的直徑和厚度每 1mm 所需加熱時間：

在鉛浴加熱—— $6-8$ 秒；

在鹽浴加熱—— $12-14$ 秒；

在電爐加熱—— $50-80$ 秒。

對碳鋼的保熱時間要少些，而對合金鋼要長一些。

向淬冷浴中投入刀具的方法具有重大的意義。刀具應該一個一個的或數個一組的，以一定的方向投入水中。以一定的投入方向的要求僅僅保證：應該獲得最大硬度的切削部分可得到用淬冷液最均勻的和充分的浸潤。此外，正確的淬冷操作減少刀具的歪曲。

圓柱面有螺紋的刀具，例如，螺絲攻、鉸刀、螺旋鑽頭，以鉛垂姿態投入浴中。圓盤狀刀具，例如，圓盤銑刀、圓鋸，則以軸向位於水平的姿態投入。

刀具在淬冷液中應該不斷的攪動。這些運動的性質起着很大的作用。

例如，桿狀刀具（鑽頭、螺絲攻及其他）不得變成水平方向，而在準確的鉛垂位置下投入浴中後，必須順着圓圈和同時向上向下的運動。

工具鋼的質量改善 成品刀具的質量和製造刀具的鋼的質量有着很大的關係。爲了決定鋼的質量，根據鋼的化學組成、機械性質、淬透性、宏觀（Макро）和微觀（Микро）結構的確定來進行改善質量的操作。供製造複雜的高價的刀具用的鋼，特別需要精確的改善質量。

化學組成不是既定規範時使熱處理難以完成，而要求改變既定的規範；同時發生多次修改熱處理規範的必要性。這種修改工作增加廢品率，提高處理價格，還經常地導向不適當的結果。

鋼含有非金屬包留物（硫化物，氧化物）時，能降低刀具的質量。最常碰到的是硫化錳（ MnS ）的硫化物，它的特徵是灰色的紡錘狀的包留物。氧化物包留物以小鏈子的形狀分配着。少量的細小的非金屬包留物不大影響刀具的質量，然而，如果這些細小的包留物很多或雖然不多而很大時，那麼，由這些鋼所製造的刀具，可能在使用過程中容易弄壞。

鋼的多孔性，特別是對螺紋刀具有極壞的影響。齒變成不堅固的

而一點一點的脫落。鋼的多孔性分爲平均分佈的和集中於中心的（圖1）。採用多孔性金屬的可能性決定於刀具的形狀如何。例如，在鋼中

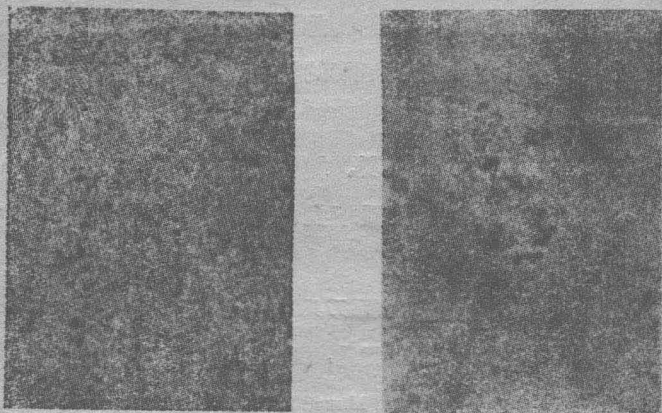


圖 1. 鋼的多孔性（左：平均分佈的，右：集中的。）

心存在多孔性時，完全不能供製造內螺絲模之用，因為它的切削部分位於中心部分。而用於製造螺絲攻是可以的，因為它的切削部分位於表面上。多孔性用宏觀蝕顯（Макро травление）可以顯露出來。

毛坯過高的硬度會導致不良的切削性，被加工毛坯表面變成不乾淨，使得工作刀具過早的損壞。

在鋼桿表面的脫碳層不應該超過 ГОСТ 的一定的規範。如果當製造刀具時不除掉脫碳層，最後就會不適於工作，因為它的切削面在淬火後是軟的。切削部分在內面的刀具的質量（圓螺絲模）不受脫碳層的影響。

表面的和內部的裂紋是由於不正確的鍛造所引起的（很強力的衝擊，在過低的溫度下停止鍛造），而這種裂紋的存在完全不能允許

的。

表面的和內部的氣孔，如裂紋相同，完全不能允許其存在的。發現氣孔比裂紋更加困難——特別是氣孔不大時，要求很仔細很精密的檢查。僅在微觀磨面上才可以顯露的微觀氣孔的存在，那更是最困難的。

鋼的淬透性在所獲得的結果上有很大的影響，因為某些刀具，例如，鑽頭要求穿透的淬透性，而螺絲攻、鉸刀要求保有韌性心部的不太深的淬透性。淬透性用淬透性等級表表示之。圖 2 表示“電爐鋼”

(Электросталь) 工廠的碳工具鋼 Y7—Y13 的淬透性等級表，這種等級是引用表 4 以淬火深度標準所已決定了的。

表 4. 碳工具鋼淬透性等級表

等 級	當加熱到下列溫度時，鋼的淬火深度 mm		
	780°	820°	860°
0	1.0	1.5	2.0
1	1.5	3.0	4.0
2	3.0—4.0	6.0—7.0	穿透的淬火
3	3.5—4.0	穿透的淬火	如 上
4	穿透的淬火	如 上	如 上

淬透性試驗按照“電爐鋼”工廠的表用截面 $20 \times 20 \text{ mm}$ 、長 100 mm 的試件進行，爲了試件容易折斷，試件上刻有切口。試件在爐中加熱到 780° 、 820° 和 860° ，加熱後保熱 30 分鐘，再於水中淬冷。

淬火溫度 °C	剖面形狀					
860						韌性的 心部
820						過熱
780						穿透的 淬火
等級	0	1	2	3	4	裂紋

圖 2. 碳工具鋼淬透性表。

等級 0 和 1 的鋼，用於螺絲攻和鉸刀，而等級 1 和 2，用於更大的螺絲攻、鉸刀和擴孔鑽，等級 2 和 3 用於鑽頭，等級 4 用於大的鑽頭。

網絡狀士敏體（碳化物）和異類的士敏體（條紋狀士敏體，個別集中的士敏體）是鍛造不良的結果，並且使這類鋼的刀具的切削性變壞。

過共析碳鋼中的網絡狀士敏體，由高溫（高於 A_{cm} ）的淬火或勻火（Нормализация）可以消除掉。

2. 高速鋼及其熱處理

高速鋼有着寬廣的發展和適用於製造各種不同的複雜形狀的切削刀具，由於它具有紅硬度，所以適用於製造在困難的切削條件下工作的切削刀具。

供製造切削刀具用的高速鋼，根據本身的性質(硬度)自然應該勝過將被它加工的那些物料。切刀、鑽頭、銑刀的工作質量決定於高速鋼的質量，製造切削刀具的精密性和正確性，也決定於它的正確的熱處理。

高速鋼的化學組成和微觀結構 按它本身的組成，在所有的鋼中，高速鋼是最複雜的。這是由於在高速鋼中存在有大量的特殊元素的原故。高速鋼由於合金的添加物的含量可分為高合金的和低合金的。高合金高速鋼 PΦ1 (P 18) 有着下列的化學組成：0.7—0.8 % C、17.5—19.0 % W、3.8—4.6% Cr 和1.0—1.4% V。

PΦ1鋼由於其中含有大量的高價的鎢，不應該用於製造簡單的切削刀具上。為減低高合金高速鋼的價格起見，已經發表了（根據多數的研究）不同組成的低合金高速鋼，在低合金高速鋼中高價的鎢的含量，最低的減少了兩倍。在近年來最廣泛的發展中，已經獲得了鋼號 ЭИ262 (P9) (М.В. Приданцев所發明的)、ЭИ184 (P4) (Н.А.Минкевич 所發明的) 和 ЭИ347，這些鋼的化學組成於表 5 中表示。

表 5. 低合金高速鋼的化學組成 (%)

鋼 號	C	W	Cr	V
ЭИ262	0.85—0.95	8.5—10.0	4.0—4.6	2.0—2.6
ЭИ184	0.8—1.0	3.5—4.8	7.0—9.0	1.0—1.5
ЭИ347	0.7—0.8	8.5—9.5	4.0—4.6	1.3—1.7

РФ1鋼是最具有高度生產效率的高速鋼，它適用於在硬的鋼（300—400НВ）上工作的高度生產效率的刀具上。除了高度的切削性外，良好的耐 性、相當大的韌性和相當寬的淬火溫度範圍是РФ1鋼的特點。

ЭИ262和ЭИ347號鋼，它的切削性質不次於РФ1鋼，而是它的代用品。不良的耐磨性，和在衝擊載荷下工作時的使用價值被減低，是ЭИ262和ЭИ347（特別是 ЭИ262 鋼）鋼的缺點。

狹小的淬火溫度範圍是ЭИ184鋼的缺點，它要求準確的遵守熱處理規範，而且同樣的在淬火後存在大量的殘留奧斯丁體（65—75%）。爲了解析這些殘留奧斯丁體，就要求多次的回火（三——四次）。

圖3表示各種號碼的高速鋼的紅硬度曲線，由這些曲線看來，РФ1鋼具有最高的紅硬度，而ЭИ184鋼最低。ЭИ262 和 ЭИ347鋼在600°時稍次於РФ1鋼，而在650°時則相差不多。

高速鋼屬於特殊鋼的雷底布來體類型。鑄態高速鋼的結構由具有骨骼狀的雷底布來體或它的分解生成物所組成的（圖4）。

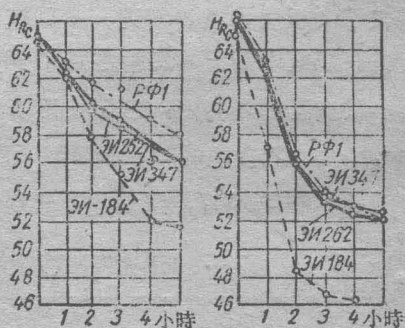


圖3. 不同鋼號的高速鋼在600°(左)和650°(右)時的紅硬度。



圖4. 鑄態高速鋼的微觀結構×500。

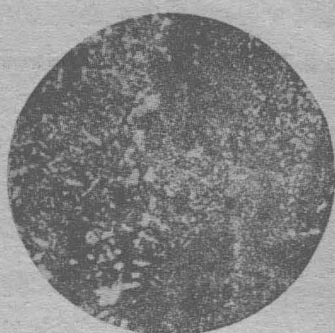


圖5. 在不良的碾壓下高速鋼中碳化物的不均勻性×500。

在鑄造的高速鋼中具有三種類型的碳化物：初次的（雷底布來共凝體）、由奧斯丁體冷卻時析出的二次的和由波力體轉化的結果所形成的共析體的碳化物。鑄造的高速鋼的雷底布來體共凝體，當鍛造時被破壞而獲得均勻的散佈於全截面的碳化物（士敏體）。

毛坯的鍛造 高速鋼 PΦ1 在 $1140 \sim 1180$ （鍛造開始）—— $900 \sim 950^{\circ}$ （鍛造終結）的溫度範圍內進行的。

在更低溫度下鍛造時，由於降低了鋼的塑性，可能引起裂紋的形成，然而當鍛造的停止溫度更高時，形成所謂“臭藥丸”狀剖面，它的特點是粗晶粒結構和脆性。鑑於高速鋼對熱的不良的導性，為了不使在加熱過程中發生裂紋，毛坯放進爐中加熱 $450 \sim 550^{\circ}$ ，充分加熱後，再緩慢的加熱到 $800 \sim 850^{\circ}$ 。保熱後移到另一個爐中或在同一爐中提高溫度到 $1140 \sim 1180^{\circ}$ 。鍛造過程用墩粗和拔細的交替方法進行。

毛坯鍛造後應該很快的移到灰箱或特製的熱井中，讓毛坯緩慢的

冷却到 $400-450^{\circ}$ ，然後放到空氣中。

由於高速鋼的不良的鍛造性，而獲得碳化物不均勻的分佈，也就是引起不均勻硬度，碳化物個別部分的集中（圖5），然而，如果碳化物的集中落在切削刀具的切削刃上，那麼，在工作過程中就會變成碎屑（выкрашивание）。

高速鋼的退火 高速鋼的退火是用來消除在鍛造過程中發生的內應力，降低硬度和獲得細晶粒的結構。標準的完全退火（圖6），高速鋼被加熱到 $850-900^{\circ}$ ，保熱後和爐子一塊兒冷却到 $400-300^{\circ}$ ，然後，再在空氣中冷却（全部退火過程約佔24小時）。恆溫退火的應力可以使退火時間（圖7）相當縮短（大約2倍），當恆溫退火時，高速鋼在 $850-900^{\circ}$ 保熱後移置到另一個具有 $720-750^{\circ}$ 的爐中，在爐中置 $1\frac{1}{2}-2$ 小時。在這溫度下保熱後應該進行冷却，冷却速度對退火結果不發生影響，而實際上鋼的冷却可以放在空氣中。

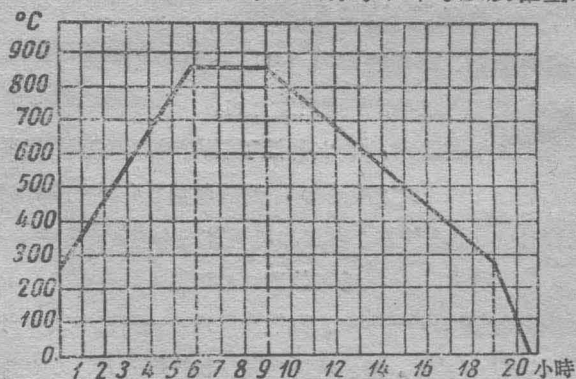


圖6. 高速鋼標準退火曲綫。

因為鍛造是在高溫下（900——950°）停止的，所以在鍛造後爲了跟着而來的退火，可以有利的利用毛坯所保有的溫度。

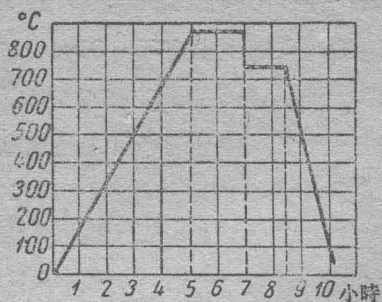


圖7. 高速鋼恆溫退火曲綫。

利用鍛造剩餘溫度的退火，是把被充分鍛造過的毛坯放置在 650——700° 的爐中，在爐中集中足夠量的毛坯以後，溫度升高到退火溫度。

高速鋼在退火後的標準硬度，應該是在 205—255H_B 的限度內（凹痕直徑爲 3.8——4.2 mm）。正確的退過火的高速鋼的微觀結構是梭貝體（肥力體+細小的共析碳化物）、二次的和粗大的被孤立的初次碳化物（圖8）。在高速鋼中溶解於肥力體中的合金元素，構成合金肥力體，也以碳化物的形式存在。

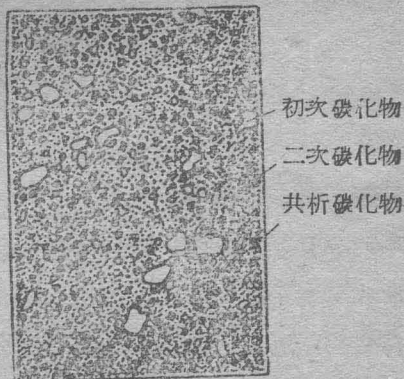


圖8. 退火高速鋼微觀結構示意圖。

在 PΦ1 鋼中存在着 $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$ 碳化物，在 ЭИ 262 鋼中有兩種