

481 (46)

各種工具的熱處理

趙 楓 編 譯



首都出版社出版

各種工具的熱處理

趙 楓 編 譯

江苏工业学院图书馆
藏 书 章



首都出版社出版

各種工具的熱處理

開本: $787 \times 1092^{1/25}$ 印張: $4^{18/25}$ 字數: 78 千

編譯者	趙	楓
出版者	首都出版社	
	北京市書刊出版業營業許可證出字第〇三三號	
印刷者	北京市印刷二廠	
	北京修麟閣路 71 號	
發行所	首都出版社	
	北京石驢馬後宅甲 36 號	
	電話(二)〇二一八號	

1954 年 6 月第一版——第一次印刷 1—2,000 冊

定價 7,500 元

序

本書係根據熱處理施工學 (Технология Термической обработки) 之第四篇工具熱處理施工法譯出。原書為沙瑪賀茨基 (А. И. Самохоцкий) 及拉古佐夫 (И. Н. Лагуцов) 所著，蘇聯國家機械工業出版局 (Машгиз) 1950 年莫斯科出版。

因我國各廠的熱處理車間，在工具熱處理當中，尚存在着一系列的困難，所以，就特別迫切地需要有一本有關工具熱處理的書籍。

本書的內容是豐富而精闢的，不僅在理論上敘述的極為詳盡，就是在實際操作上也提出了許多很珍貴的數據及具體規範。此書可做為現場工作人員的學習資料，亦可做為工具熱處理的操作規程及中等技術學校的參考書。

在本書的翻譯過程中，曾遇到許多困難，加之，譯者的能力非常有限，所以在翻譯方面，自然會有許多缺點和錯誤。讀者如能對這些缺點和錯誤加以批評和指正，則不勝感謝。

在本書的校對工作中，承王棟國、曾錫鵬兩同志給予幫助和指導，譯者在此謹向他們表示深切的感謝。

譯者 1954 年 1 月於哈爾濱

目 錄

第一章 切削工具的熱處理	1
1. 切削工具用碳素鋼及合金鋼的熱處理及其檢驗	1
2. 高速鋼及其熱處理	8
3. 車刀的熱處理	23
4. 鑽頭的熱處理	28
5. 銑刀的熱處理	35
6. 鉸刀的熱處理	43
7. 螺絲錐的熱處理	44
8. 拉刀的熱處理	47
9. 圓板牙的熱處理	50
10. 提高切削工具壽命的方法	52
第二章 金屬熱變形所用工具的熱處理(鍛模)	57
1. 錘用沖模的熱處理	64
2. 碳素鋼所製沖模的熱處理	69
3. 擠壓、折彎及修邊沖模的熱處理	71
4. 沖模的氮化	72
第三章 金屬冷變形所用工具的熱處理	75
1. 冷擠壓沖模的熱處理	81
2. 沖孔陽模的熱處理	83
3. 沖模之不變形熱處理	85

4. 石墨化鋼所製沖模的熱處理.....	86
5. 提高沖模壽命的化學熱處理法.....	88
第四章 量具的熱處理	91
第五章 工具和零件的矯正與清除	100
1. 矯正.....	100
2. 清除.....	101

第一章 切削工具的熱處理

1. 切削工具用碳素鋼及合金鋼的

熱處理及其檢驗

工具的切削部分(即工作端),在切削時楔入所加工零件內,把金屬的一小部分切削掉而成屑狀。爲此,切削工具必須具有超過所加工材料的最高硬度。

工作過程中,工具的切削部分總是和切下去金屬屑相接觸,也就是說,工具之切削刃不斷地受到磨擦和磨損。所以,除了很高的硬度外,切削工具還必須具有很高的耐磨性。

在切削過程中,將機械能變爲熱能,因此工具、所加工零件及金屬屑均發生了熱。當軟質金屬加工而其切削速度較小,切削下來的金屬屑的截面也較小時,則其工作條件比較輕微,因而工具之切削刃部分所產生的熱是不很大的。但當硬質金屬加工而其切削速度較大,切削下來的金屬屑截面也較大時,則工具的工作條件比較沉重,故工具之切削部分將發熱到高溫。

因此,切削工具,其工作條件很重者,必須具有赤熱硬度,也就是說當切削部分在發熱到高溫時,仍能保持其很高的硬度。

即使在等速工作時,切削工具也能遭到偶然的衝擊和突撞,因此它也必須具有良好的令人滿意的韌性。

製造工作條件較輕微的切削工具,可選用第1表所列牌號的碳素工具鋼及合金工具鋼。

第 1 表 切削工具用碳素工具鋼及合金工具鋼的化學成份

鋼的 種類	鋼的 牌號	化 學 成 份 (%)					
		C	Mn	Si	Cr	W	V
碳 素 工 具 鋼	Y10	0.95—1.09	≤ 0.30	≤ 0.35	≤ 0.20	—	—
	Y10A	0.95—1.09	0.15—0.25	≤ 0.20	≤ 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	≤ 0.40	≤ 0.35	1.3—1.6	—	—
	XI	1.30—1.50	0.45—0.70	≤ 0.35	1.3—1.6	—	—
	XBI	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	—	—
	9XBI	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—0.8Mo	0.05—0.30

(註) Y10A 和 Y12A 不同於 Y10 及 Y12 的地方，就是其中硫和磷的含量較少。

應用碳素鋼製造切削工具，其切削部分能具有很高的硬度，但不能遭受激烈而急劇的衝擊。

應用過共析鋼製造切削工具是最適當的，因為它在淬火後存留多餘的碳化物（蘇田體 + 雪明碳體的組織）而使其耐磨性大為提高。

碳素工具鋼切削工具之熱處理規範如第 2 表所示。

第 2 表 碳素鋼切削工具之熱處理規範

鋼的牌號	退 火		淬 火		回 火	
	溫 度 (°C)	硬 度 H _B 不超過	溫 度 (°C)	硬 度 H _{RC}	溫 度 (°C)	硬 度 H _{RC}
Y 10	760—780	197	770—800	62—65	160—180	60—63
Y 10A						
Y 12	760—780	207	760—790	62—65	160—180	60—63
Y 12A						

爲了得到球粒狀波來體（Перлит），退火時，其冷卻速度不得超過 $40^{\circ}\text{C}/\text{小時}$ 。在爐內冷卻到 650°C 之後，再在空氣中冷卻。

爲使切削工具得到所必須的高硬度（ $60-65\text{HRC}$ ），碳素工具鋼應在水中進行淬火，雖然是速冷，但仍具有不深的硬化性能。

在水中急冷，易產生強烈的內應力，因而可能引起裂紋。因此，碳素鋼工具最好不要在水中完全冷卻，而只冷卻到表面發黑（ $150-200^{\circ}\text{C}$ ），然後投到油中再行冷卻。

分段淬火法可以減少內應力及歪曲，並能消除產生淬火裂紋的可能性。分段淬火時，碳素鋼工具應先在 $220-230^{\circ}\text{C}$ （或 $160-170^{\circ}\text{C}$ ）的油槽或鹽（硝石）槽內進行冷卻。在此溫度下保留一個短時間後，再在空氣中復行冷卻。

在 $220-230^{\circ}\text{C}$ 鹽槽內冷卻，與較低溫度的槽內冷卻比較起來，有很多的優點。當工具從 $220-230^{\circ}\text{C}$ 鹽槽內取出時，它有着可塑性沃斯田體的組織，因而使得桿狀工具（鑽頭、鉸刀等）極易進行矯正。但在 $160-170^{\circ}\text{C}$ 的槽內冷卻，就沒有此種可能性，因爲工具由槽內取出時，鋼料具有一種沃斯田體及蘇田體的組織。

但分段淬火尚有一個缺點：即此種方法僅能處理碳素鋼之小型工具：直徑（或厚度）不超過 7mm 者，在 $220-230^{\circ}\text{C}$ 溫度內冷卻；不超過 15mm 者，在 $160-170^{\circ}\text{C}$ 溫度範圍內冷卻。

大型工具絕不能應用熱冷卻介質冷卻，因爲這不能達到它的淬火臨界速度。

合金工具鋼比碳素工具鋼有較高的抗磨性及硬化性能。合金工具鋼因在油中冷卻，故沒有發生裂紋的危險。

要求硬度及耐磨性很高並要求硬化深度很深、淬火變形很小的

工具(如鑽頭、鉸刀、埋頭鑽、淬火變形相當小的螺絲錐及工作速度適度的小尺寸的拉刀等)大多用 X 號鋼來製造。

9XC 牌號鋼乃是變形相當小的一種鋼料,所以要求變形小的工具都選用它來製造。

要求淬火變形為最小的工具多選用 XT 和 XBT 號鋼,同時, XBT 號鋼還具有良好的切削性能,而且其變形程度亦較 XT 號鋼為小。此幾種牌號鋼多用於製造長的鑽頭、鉸刀、埋頭鑽、螺絲錐及拉刀等。

XB5 號鋼(又叫做金鋼石鋼)多用來製造修整工具(給硬質金屬加工而其切削速度不大的車刀及銑刀等)。

製造板牙及拉刀多使用 X12M 號鋼料。

合金工具鋼切削工具之熱處理規範如第 3 表所示。

第 3 表 合金鋼工具熱處理規範

鋼的 牌號	臨界點 $AC_1(^{\circ}C)$	退 火		淬 火		回 火	
		溫 度 ($^{\circ}C$)	硬 度 H_B	溫 度 ($^{\circ}C$)	硬 度 H_{RC}	溫 度 ($^{\circ}C$)	硬 度 H_{RC}
X	750	780—800	187—229	820—840	62—64	170—200	60—62
XT	740	780—800	197—241	820—840	62—64	170—200	60—62
XB Γ	750	780—800	207—250	790—820	63—65	190—210	62—64
9XC	770	820—840	187—229	840—860	62—64	160—240	61—63
9XB Γ	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

退火時,以每小時 20—30 $^{\circ}C$ 之速度冷卻至 650—700 $^{\circ}C$,然後再在空氣復行冷卻,或者使用等溫退火,先加速冷卻到 AC_1 點下方 10—20 $^{\circ}C$,並在此溫度下保持一定時間,然後在空氣中再行冷卻。

淬火冷卻應在油中進行。直徑(或厚度)不超過 20mm 的工具,

可在 $180-200^{\circ}\text{C}$ 的硝石內進行分段淬火。但是，合金工具鋼工具使用分段淬火的效果比碳素鋼工具較小，因為它在油中冷卻並不能產生強烈的內應力，不能引致大的淬火缺陷。XB5 號鋼可以在水中淬火，但其淬火溫度必須較低 ($800-820^{\circ}\text{C}$)。

工具直徑和厚度每 1mm 之透熱時間：

鉛槽內加熱——6—8 秒

鹽槽內加熱——12—14 秒

電爐內加熱——50—80 秒

碳素鋼之保溫時間較短，而合金鋼較長。

工具浸入淬火槽內的方法也有着很大的意義。必須把工具以一定的方向、一個一個地或小批地浸入槽內。所以要求這樣做，是因為只有以一定的方向浸入，才能保障工具冷卻均勻，並使工作之工作端得到最高的硬度。另外，正確地浸入槽內還能減少工具的翹曲。

圓柱體表面上有切削齒的工具，如螺絲錐、鉸刀、螺旋鑽頭等，必須垂直地浸入槽內。圓盤形的工具，如圓盤銑刀、圓鋸，須以圓盤中心為標準水平地浸入槽內。

工具在冷卻液中必須不斷地活動。這些活動的性質起着很大的作用。例如，桿形工具（鑽頭、螺絲錐等）絕不能以水平方向移動，而必須在浸入槽內之後，沿圓形垂直地活動，同時還要上下活動。

工具鋼質量之檢驗

工具成品的質量，在頗大的程度上是決定於該工具所用鋼料的質量。欲鑑定鋼料質量的優劣，就須檢驗並確定鋼料的化學成份、機械性能、硬化深度、粗相組織及顯微組織。尤其是用於製造複雜而貴重工具的鋼料，更要特別仔細地加以檢驗。

若化學成份不合於規定標準，則熱處理操作便很難執行，且要求改變已確定的規範，因而也就需要進行多次的反複處理，致使缺陷增多，處理成本增加，並有時引起不良的結果。

鋼內非金屬雜質（硫化物及氧化物雜質），能使工具的質量大為降低。硫化物雜質最常以硫化錳（ MnS ）狀態而出現，其特徵為灰色的紡織狀雜質。氧化物雜質為鏈狀。少量的微小非金屬雜質，對工具質量的影響甚小，但是多量的非金屬雜質或數量不多的巨大非金屬雜質，能引起該鋼料製成之工具在工作中折斷。

鋼料的多孔對於帶螺紋的工具特別有害，能使螺紋變得極不堅固甚至剝落。鋼的多孔分為全部多孔及中心多孔。多孔金屬是否有應用的可能性，是由工具的種類來決定的。例如，製造圓板牙的鋼料，如果有中心多孔是絕不允許的，因為它的切削部分離它的中心非常近。但是，對於螺絲錐來說，却是完全可以允許的，因為它的切削部分位於它的表面上。用一般浸蝕的方法即可發現鋼料的多孔性。

過高的硬度能引起機器切削性不良，被加工毛坯表面不光潔，同時也能引起工具過早的損壞。

細鋼棒表面的脫碳層不應超過 ΓOCT 所規定之一定標準。製造工具時，如不把脫碳層去掉，則此工具便不適用於工作，這是因為工具之切削刃在淬火後可能變得極軟的緣故。但是，對於切削部分位於內部的工具（圓板牙），脫碳層並不發生任何影響。

不正確地進行鍛造（過猛烈的擊打及在過低溫度下結束鍛造）能產生外部裂紋與內部裂紋，而外部裂紋與內部裂紋的存在都是不允許的。

內部砂眼及外部砂眼，和裂紋一樣，也是絕不允許的。砂眼比裂紋較難發現——需要特別細心地檢查與觀察，尤其是當砂眼很微小

的時候。要想確定顯微砂眼是否存在，是極其困難的，這種顯微砂眼只有在顯微磨片上才能發現。

鋼的硬化性能對所獲結果發生極大的影響，因為有些工具，如鑽頭等要求很深的硬化深度，而有些工具則要求很小的硬化深度而保持韌性的心部。鋼的硬化性可以用硬化性能號碼表來表示。「電爐鋼」工廠碳素工具鋼 Y7-Y13 之硬化性能號碼表如圖 1 所示。

「電爐鋼」工廠試驗鋼的硬化性能是用截面 $20 \times 20\text{mm}$ ，長為 100mm 的試樣（銑有便於折斷的凹槽）來試驗的。在爐內把試樣分別加熱到 780°C ， 820°C ， 860°C ，透熱後保溫 30 分鐘，然後淬入水中。

製造小的螺絲錐和鉸刀選用 0 號和 1 號鋼料，製造較大的螺絲錐、鉸刀和埋頭鑽選用 1、2 號鋼料，大的鑽頭則使用 4 號鋼料。

碳化物網狀組織及碳化物不均勻性（碳化物層狀組織及個別部分碳化物的積聚）均是由於沒有正確地遵守鍛造規程的結果，此種鋼製成的工具，其切削性能是很低劣的。

淬火或高溫正常化（高於 A_{cm} 點）可以消除過共析鋼的網狀組織。

第 4 表 碳素工具鋼硬化性能號碼表

號 碼	加熱到如下溫度時鋼的淬硬深度 (mm)		
	780°C	820°C	860°C
0	1.0	1.5	2.0
1	1.5	3.0	4.0
2	3.0	6.0—7.0	淬 透
3	3.5—4.0	淬 透	同 上
4	淬 透	同 上	同 上

淬火溫度 °C	斷面狀態					
860						 回火心部  過熱  淬透  裂紋
820						
780						
號碼	0	1	2	3	4	

圖 1 碳素工具鋼硬化深度

2. 高速鋼及其熱處理

高速鋼得到了很廣泛的推廣和應用。製造各種不同的複雜的成形切削工具多選用高速鋼，因它具有赤熱硬度，所以可以用來製造切削條件較重的切削工具。

既然高速鋼用來製造切削工具，當然它的性能（硬度）也就必須勝過它所加工的材料。

車刀、銑刀和鑽頭的質量是由高速鋼的質量及其製造的正確性來決定的，同時也是由它的熱處理方法來決定的。

高速鋼的化學成份及顯微組織

按化學成份而言，高速鋼是一切鋼中最複雜的一種鋼，也就是說，高速鋼內含有大量的特殊元素。依合金元素含量之不同，高速鋼可分為高合金高速鋼及低合金高速鋼。高合金高速鋼 P₁₁ (P₁₈)

有如下之化學成份：C (碳) 0.7—0.8%，W (鉨) 17.5—19.0%，Cr (鉻) 3.8—4.6%，V (鈦) 1.0—1.4%。

PФ1 號高速鋼內含有大量可貴的鉨元素，所以在製造一般簡單的切削工具時，不應使用此種鋼。爲了減低高合金高速鋼的價格，在無數研究的基礎上研究出了各種不同成份的低合金高速鋼，其中可貴鉨元素的含量，只是高合金高速鋼的一半。

ЭИ262 (P9) 號鋼 (М.В. 普列坦節夫發明)、ЭИ184 號鋼 (Н.А. 明克維奇發明) 及 ЭИ347 牌號鋼現在得到了極其廣泛的推廣和應用。其化學成份如第 5 表所示。

第 5 表 低合金高速鋼之化學成份 (%)

鋼的牌號	C	W	Cr	V
ЭИ 262	0.85—0.95	8.5—1.00	4.0—4.6	2.0—2.6
ЭИ 184	0.8 —1.0	3.5— 4.8	7.0—9.0	1.0—1.5
ЭИ 347	0.7 —0.8	8.5— 9.5	4.0—4.6	1.3—1.7

PФ1 牌號鋼乃是生產率最高的一種高速鋼，因此多用它製造切削硬質鋼 (300—400 НВ) 的、生產率很高的切削工具。PФ1 牌號的優點，除了很高的切削性能外，還有：磨光性良好，韌性大，淬火溫度範圍很寬。

按切削性能而言，ЭИ262 和 ЭИ347 牌號鋼並不亞於 PФ1 牌號鋼，實可做 PФ1 牌號鋼的代替品。ЭИ262 和 ЭИ347 牌號鋼的缺點 (特別是 ЭИ262 牌號鋼的缺點) 就是：磨光性不良，受衝擊負荷的工具壽命較短。

ЭИ184 牌號鋼的缺點就是淬火溫度範圍較窄，因而需要極準確地遵守熱處理規範。另外，淬火後存在大量的剩餘沃斯田體 (Ас-

тентит)(65—75%), 所以, 要想使剩餘沃斯田體分解, 就需要進行多次回火(三、四次)。

各種牌號高速鋼的赤熱硬度曲線如圖 2 所示。由這個曲線可以看出, PΦ1 具有最高的赤熱硬度, ЭИ184 具有最低的赤熱硬度。ЭИ262 和 ЭИ347 牌號鋼, 在 600°C 時, 稍次於 PΦ1 牌號鋼, 但在 650°C 時却與它相似。

高速鋼係一種萊傑布立特 (Ледебрит)(註 1) 等級的特殊鋼。在鑄造狀態時, 高速鋼的組織是「骨骼」狀的萊氏共晶體, 沃斯田體或沃斯田體的分解物(圖 3)。

鑄造的高速鋼內, 有三類碳化物: 初生碳化物(萊氏共晶體), 冷卻時由沃斯田體析出的再生碳化物, 和由波來體轉變而生成的共析體碳化物。

鑄造高速鋼的萊氏共晶體, 在鍛造時遭到破壞, 而得到了均勻地分佈於其全截面的碳化物。

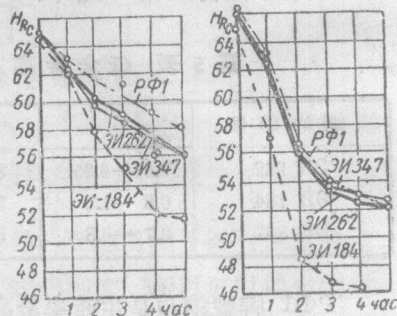


圖 2 各種牌號高速鋼在 600°C (左圖) 和 650°C (右圖) 時的赤熱硬度

PΦ1 高速鋼毛坯的鍛造, 應在 1140—1180°C (開始鍛溫) — 900—950°C (終了鍛溫) 溫度範圍內進行。

在較低溫度下結束鍛造, 由於鋼可塑性的降低, 而可能產生裂紋, 但在較高溫度下結束鍛造則可能形成所謂「拿弗達林斷面」(Нафталиновый излом), 質脆和粗大顆粒組織乃是它的特徵。由於高速鋼的導熱性不良, 所以要想使它在加熱過程中不發生裂紋, 則須將其毛坯置於加熱至 450—550°C 爐內, 透熱後, 再慢慢加熱至 800—850°C。經過保溫後, 再將毛坯移入別的爐內 (或在原爐內), 將溫度提高到 1140—1180°C。最後以

(註 1) 萊傑布立特——人名 (即為一種組織之代稱)——譯者註。

墩粗和鍛細的交替方法來進行鍛造處理。

鍛造完畢後，應把毛胚立即置於帶燃渣的箱內，或特用加溫的洞內，使其慢慢冷卻至 $400-450^{\circ}\text{C}$ ，然後取出置於空氣中。

如果高速鋼的鍛造不良，則碳化物分佈的很不均勻，也就是碳化物積聚在個別部分，因而使硬度也不均勻。如果碳化物積聚在切削刃上，則它在工作時便會碰刃。



圖 3 鑄造高速鋼的顯微組織

$\times 500$

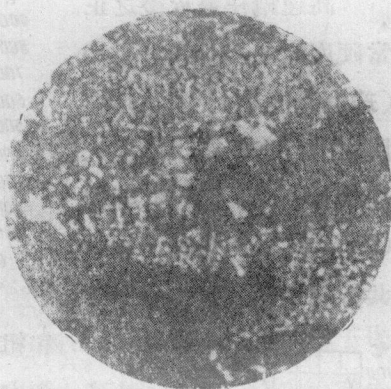


圖 4 鍛造不良的高速鋼內碳化物的不均勻

$\times 500$

高 速 鋼 退 火

高速鋼退火的目的就在於：消除鍛造過程中所生之內應力，減低其硬度並得到細小顆粒的組織。

高速鋼在普通完全退火時，先加熱至 $850-900^{\circ}\text{C}$ ，保溫後隨爐一同冷卻至 $400-300^{\circ}\text{C}$ ，然後在空氣中再行冷卻。（退火的全部過程約 24 小時）。使用等溫退火可以大大地縮短退火時間（大約兩倍）。等溫退火時，在 $850-900^{\circ}\text{C}$ 溫度下保溫之後，須將高速鋼移入 $720-750^{\circ}\text{C}$ 的爐內，並在此爐內保溫 1.5—2 小時。經過保溫之後，再進行