

工 具 鋼

Ю. А. 蓋 列 爾 著

盧 湘 譯 吳 兵 校

Ю. А. Геллер

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ

Металлургиздат (Москва 1955)

工 具 鋼

盧湘 譯 吳兵 校

編輯：陳略 設計：魯芝芳、任少模 校對：胡瑞華、楊維琴

1959年4月第一版

1959年4月北京第一次印刷 精 6,300 冊
平 4,500

850 × 1168 • 1/32 • 430,000 字 • 印張 $17\frac{4}{32}$ • 插頁 2, 定價：精 2.60 元
平 2.10

北京五三五工廠印

新華書店發行

書號 0916

冶金工業出版社（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

目 錄

前 言	8
第一章 工具鋼的化學成分、特性和應用	1
§ 1 工具鋼的分類	1
§ 2 主要幾組工具鋼的特性	3
§ 3 選擇主要幾種工具的鋼號	33
第二章 工具鋼組織和性質的特點。試驗和檢驗的方法	37
§ 4 工具鋼組織和性質的測定法和檢驗法	37
§ 5 工具鋼的晶粒度及其測定方法	38
§ 6 過共析鋼、高速鋼和高鉻鋼脫碳層的測定法	52
§ 7 工具鋼的碳化物相	57
§ 8 殘留奧氏體量的測定問題	73
§ 9 工具鋼機械性質的測定法	83
§ 10 高速鋼熱硬性的測定法	98
§ 11 工具鋼的耐磨性	103
§ 12 熱處理時的變形及其測定法	108
§ 13 關於測定工具鋼淬透性和可淬性的問題	113
第三章 刀具碳素鋼和刀具合金鋼	119
A. 低淬透性鋼（1a組）的組織和性質	119
§ 14 退火鋼的組織和性質	119
§ 15 淬火鋼的組織和性質	122
§ 16 低溫回火時組織轉化對碳素鋼性質的影響	140
§ 17 含碳量對碳素工具鋼性質的影響	145
§ 18 少量碳化物形成元素對碳素鋼性質的影響。1a組合金鋼	148
B. 高淬透性鋼（16組）的組織和性質	152
§ 19 退火鋼的組織和性質	152
§ 20 淬火鋼的組織和性質	153

§ 21 淬火時冷卻條件對合金鋼組織轉化和性質的影響 (分段淬火和等溫淬火)	160
§ 22 零下冷卻 (冷處理)	172
§ 23 回火時組織轉化對合金工具鋼性質的影響	178
§ 24 成分對合金工具鋼性質的影響	181
B. 碳素鋼和合金鋼 (1 組) 的熱處理	188
§ 25 供應狀態下的鋼	188
§ 26 碳素鋼和合金鋼的熱變形加工	190
§ 27 碳素鋼和合金鋼的退火和高溫回火	191
§ 28 碳素鋼和合金鋼的淬火	199
§ 29 光亮淬火	206
§ 30 碳素鋼和合金鋼的回火	208
§ 31 主要幾種金屬切削工具的熱處理特點	209
§ 32 木工工具的熱處理特點	213
§ 33 鋼在加工處理過程中產生的缺陷及其預防法	217
第四章 高速鋼	225
A. 高速鋼的組織和性質	225
§ 34 高速鋼的相組成	225
§ 35 高速鋼的初次結晶過程; 鑄態的組織和性質	229
§ 36 塑性變形加工對組織和性質的影響	238
§ 37 加熱時的組織轉化和對性質的影響	249
§ 38 冷卻時的組織轉化	281
§ 39 回火時的組織轉化	295
B. 高速鋼的機械熱加工和熱處理	311
§ 40 供應狀態下的高速鋼	311
§ 41 高速鋼的機械熱加工	312
§ 42 高速鋼的退火和高溫回火	323
§ 43 高速鋼的淬火	325
§ 44 高速鋼的回火	330
§ 45 成型工具的調質熱處理法	332

§ 46 高速鋼的熱處理缺陷及其預防法	332
B. 化學成分對高速鋼組織和性質的影響	345
§ 47 碳的影響	345
§ 48 錳的影響	348
§ 49 鉬的影響	351
§ 50 釩的影響; 高釩高速鋼	354
§ 51 鉻的影響	365
§ 52 鈷的影響。含鈷的高速鋼	368
§ 53 鎳和錳的影響	378
§ 54 鈦的影響	379
§ 55 氮的影響	380
Г. 鑄成工具	385
§ 56 高速鋼鑄成工具	385
§ 57 高熱硬性的鑄用高速鋼和鑄用刀具合金	388
第五章 冷變形模具鋼	393
§ 58 低淬透性鋼 (3a組)	393
§ 59 高淬透性鋼 (36組)	397
§ 60 高淬透性、高耐磨性並在淬火時體積變化最小的鋼 (3b組高鉻鋼)	399
§ 61 高韌性鋼 (3r組中碳鋼)	418
§ 62 滲碳鋼製工具的處理	422
第六章 熱變形模具鋼	423
§ 63 錘鍛模用鋼 (4a組)	423
§ 64 熱頂鍛模和熱壓模用鋼 (46組)	432
§ 65 壓鑄模用鋼 (4b組)	442
§ 66 影響模具壽命的幾個設計因素和操作因素	444
第七章 量具鋼	446
§ 67 過共析鋼的時效和熱處理特點	446
§ 68 低碳鋼量具和中碳鋼量具的熱處理	456
第八章 工具鋼的高頻電熱淬火和工業頻率電熱淬火	457

§ 69 碳素鋼和合金鋼的高頻電熱淬火 (感應電熱淬火)	457
§ 70 高速鋼的高頻電熱淬火和工業頻率電熱淬火	469
第九章 工具表面層的改善	472
§ 71 改善工具表面層的方法	472
§ 72 低溫氰化法	472
§ 73 高溫氰化	496
§ 74 工具鋼的滲碳	499
§ 75 氮化法	502
§ 76 硫酸鹽處理法	503
§ 77 工具的鍍絡法	505
第十章 組成工具的製造和加工	512
§ 78 組成工具的製造方法	512
§ 79 焊藥焊鑲刀片法	513
§ 80 對合焊接法	517
§ 81 高速鋼的堆焊法	521
§ 82 提高耐磨性的堆焊法	531
參考書籍	533

第一章 工具鋼的化學成分、特性和應用

§ 1. 工具鋼的分類

工業中用的工具鋼有許多種牌號，它們在化學成分上、在加工方法上、在組織上和性質上都各不相同。製造刀具、量具和模具大都採用經熱處理能獲得高硬度的含碳量較高的碳素鋼與合金鋼。除這兩種鋼以外，在製造各種用途各種操作條件的工具，而特別是熱變形加工用的模具時，還採用經最後熱處理能具有高沖擊韌性的含碳量較低的碳素鋼與合金鋼。

許多種工具鋼只按化學成分來分類和說明特性是不夠的。有很多種工具鋼，雖然化學成分不同，但却具有相近的性質。除此以外，有很多種鋼所含的合金元素不是一種而是好幾種。因此除去化學成分以外，應再選出能表明各種鋼所特有的性質或加工特點及用途的特徵，未對工具鋼加以分類。

工具鋼所應有的性質以及為獲得此性質所需的化學成分、組織和加工方法，首先取決於工具的用途和操作條件。根據這一特徵可把工具鋼分為下列主要五組：

I. 1 組——刀具碳素鋼和刀具合金鋼。這一大組須再分為兩個小組：

1a 組：低淬透性鋼（碳素鋼和低鉻鋼）；

1б 組：高淬透性鋼（合金鋼）。

可以看出，按這個特徵的分類也把 1 組鋼的化學成分和基本工藝性質表徵出來了。

II. 2 組——高速鋼

III. 3 組——金屬冷變形模具鋼（不經切削）。金屬冷變形加工用的工具類型很多，各類工具在尺寸、形狀、工作條件上有着相當大的差別。金屬冷變形工具是用各種成分各種性質的鋼製

造的。爲表徵出這些鋼的特性，應把它們再分成以下四個小組：

3a組：低淬透性鋼（主要是過共析碳素鋼）；

3б組：高淬透性鋼（過共析合金鋼）；

3в組：高淬透性、高耐磨性並在淬火時體積變化最小的鋼（萊氏體高銘鋼）；

3r組：高韌性鋼（亞共析合金鋼和亞共析碳素鋼）。

按上面各組的分類把模具鋼在性質上以及在化學成分和組織上的特徵都表徵出來了。

IV. 4組——熱變形模具鋼。這組中主要是亞共析合金鋼。應把這組鋼再分爲三個小組：

4a組：錘鍛模用鋼；這種鋼在高溫下應當具有很高的機械性質，特別是沖擊韌性；

4б組：頂鍛模和壓模用鋼；這種鋼經受高溫作用的時間比較長，應當在高溫下具有很高的強度、硬度和耐磨性；

4в組：金屬壓鑄模和塑料製品壓模用鋼。

V. 5組——量具鋼。主要是具有高硬度、高耐磨性的過共析碳素鋼和過共析合金鋼。

現在將以上各組工具鋼^o的牌號和化學成分分別列在後面的表 1、3、5~7 中。

所有工具鋼按生產方法來說是高級優質鋼和優質鋼。因爲這類鋼是在高硬度狀態下使用的並且在這種狀態下韌性是較低的，若有了冶煉缺陷和過多的有害雜質、非金屬夾雜物，會產生很壞的影響。因此，工具鋼要含有較少的硫、磷和非金屬夾雜物，要很好地經過脫氧和熔煉檢驗。

高速鋼、合金工具鋼以及 Y7A~Y13A 號碳素鋼都屬於高級優質鋼（參看表 1）。依照 ГОСТ 規定合金鋼的硫、磷含量都不得超過 0.030%，在碳素鋼中硫不得超過 0.020%，磷不得超過 0.030%。

^o 用於製造醫療工具和特種工具的高硬度不銹鋼屬於特殊的一類，本書中將不予以研討。

製造工具用的低合金中碳鋼（40X、30XГC等）和Y7—Y12號碳素鋼屬於優質鋼。在Y7—Y12號鋼中含硫量不得超過0.030%，含磷量不得超過0.035%。

在淬火和低溫回火狀態下高級優質碳素鋼的韌性比優質鋼要好些，並且在磨削時獲得的表面也比較光潔些。因此，高級優質鋼主要用於製造薄刃刀具（1a組的，如絲錐、鉸刀、細鑽頭），而優質鋼則主要用於製造模具（3a組）。

因為優質碳素鋼和高級優質碳素鋼在其餘各元素的含量上幾乎沒有什麼不同，所以它們的機械熱加工規範和熱處理規範是一樣的。

§ 2. 主要幾組工具鋼的特性

對於工具鋼只從它們成品工具所應具有的那些基本（工作）性質上，即只從最後熱處理或化學熱處理以後的硬度、強度、耐磨性上加以特性說明，在很多情況下是不夠的。鋼的工藝性質即鋼在製造工具和熱處理過程中表現的性質也應當補充到特性說明中去。工藝性質對選定製造工具用的鋼的成分有相當大的影響，這種影響要隨工具的形狀和尺寸而異；工藝性質對熱處理規範的選定也有很大影響。近年來出現了許多種生產和處理工具的新方法，特別是應用了分段淬火法、等溫淬火法和高頻電熱淬火法以及用滾絲法（不切削）來製造某幾種工具（如絲錐），因而就使得從工藝性質來評量工具鋼這件事成為特別必要了。

在說明工具鋼的特性時和在選用工具鋼時，應當考慮到以下幾個最重要的工藝性質：

a) 可加工性——即適於進行切削加工和冷壓加工的性能；通常，含碳量高的鋼在退火狀態下的硬度和強度愈低，則其可加工性就愈好；

б) 淬火溫度範圍——淬火溫度範圍要足夠寬，因而過熱敏感性要低；

b) 脫碳敏感性——脫碳敏感性要低。大家知道，脫碳會使工作表面層的硬度降低；在同樣加熱條件下脫碳敏感性決定於鋼的化學成分；

r) 變形性——工具經熱處理而特別是經淬火後的變形要小；

A) 可淬性——可淬性就是在比較緩慢的冷卻下（如在分段淬火和等溫淬火時）得到馬丁體組織和高硬度的可能程度；採用這類淬火能使變形大大減小；

e) 可磨削性——它決定着磨削生產率；主要對高速鋼必需考慮到這種性質，因為含釩量增高使可磨削性大為變壞，而釩又是高速鋼的主要合金元素之一。

在以後幾章中要從化學成分、組織轉化和熱處理條件方面詳盡地研討各種工具鋼的基本性質和工藝性質。在本章中除指出化學成分以外，只簡短地講述在製造主要幾類工具時對於選定鋼牌號和化學成分必需要考慮到的最有代表性的幾種性質。

刀具碳素鋼和刀具合金鋼（1組）

從化學成分上看，這組鋼（表1）的特點是含碳量較高。從平衡狀態的組織上看，1組鋼大部分是過共析鋼。Y7(Y7A)號碳素鋼和65X號低合金鋼是亞共析鋼。Y8(Y8A)、Y8Г(Y8ΓA)、Y9(Y9A)號鋼具有共析組織或接近共析組織。

1組鋼用於製造操作時刀刃受熱程度較低的工具即主要是那些以低速、小走刀量切削軟材料用的工具。這類鋼在溫度高於200~250°C時硬度和耐磨性便急劇下降，因而失去切削能力。

1組鋼在最後熱處理以後應具有的即在成品工具上應表現出來的主要性質有：

1) 高硬度，刀刃的硬度要比被切削材料的硬度高出很多；金屬切削工具的硬度多為 Rc60~65（Rc58~60的較少）；只有對於切削比較軟的材料所用的刀具（主要是木工工具）才准許具有較低的硬度（Rc45~55）；

刃具碳素鋼和刃具合金鋼的化學成分 (1組)

表 1

鋼 號	化 學 成 分 (%)				
	C	Mn	Si	Cr	W

1a組 低 淬 透 性 鋼

高級優質碳素鋼

Y7A	0.65~0.74	0.15~0.30	0.15~0.30	≤ 0.15	—
Y8A	0.75~0.84	0.15~0.30	0.15~0.30	≤ 0.15	—
Y8ΓA	0.80~0.90	0.35~0.60	0.15~0.30	≤ 0.15	—
Y9A	0.85~0.94	0.15~0.30	0.15~0.30	≤ 0.15	—
Y10A	0.95~1.04	0.15~0.30	0.15~0.30	≤ 0.15	—
Y11A	1.05~1.14	0.15~0.30	0.15~0.30	≤ 0.15	—
Y12A	1.15~1.24	0.15~0.30	0.15~0.30	≤ 0.15	—
Y13A	1.25~1.35	0.15~0.30	0.15~0.30	≤ 0.15	—

優 質 碳 素 鋼

Y7	0.65~0.74	0.20~0.40	0.15~0.35	≤ 0.20	—
Y8	0.75~0.84	0.20~0.40	0.15~0.35	≤ 0.20	—
Y8Γ	0.80~0.90	0.35~0.60	0.15~0.35	≤ 0.20	—
Y9	0.85~0.94	0.15~0.35	0.15~0.35	≤ 0.20	—
Y10	0.95~1.04	0.15~0.35	0.15~0.35	≤ 0.20	—
Y11	1.05~1.14	0.15~0.35	0.15~0.35	≤ 0.20	—
Y12	1.15~1.24	0.15~0.35	0.15~0.35	≤ 0.20	—
Y13	1.25~1.35	0.15~0.35	0.15~0.35	≤ 0.20	—

合 金 鋼

X05	1.25~1.40	0.20~0.40	≤ 0.35	0.40~0.60	—
HX6	1.05~1.15	0.20~0.40	0.15~0.35	0.40~0.70	—
65X	0.60~0.70	≤ 0.40	≤ 0.35	0.50~0.75	—
B1	1.05~1.25	0.20~0.40	≤ 0.35	0.10~0.30	0.80~1.20
X65	1.25~1.50	≤ 0.30	≤ 0.30	0.40~0.70	4.5~5.5
85XΦ	0.80~0.90	0.30~0.60	≤ 0.35	0.45~0.70	0.15~0.30

16組 高 淬 透 性 鋼

X	0.95~1.10	≤ 0.40	≤ 0.35	1.30~1.60	—
HX15	0.95~1.10	0.20~0.40	0.15~0.35	1.30~1.65	—
X09	0.95~1.10	≤ 0.40	≤ 0.35	0.75~1.05	—
HX9	1.00~1.10	0.20~0.40	0.15~0.35	0.90~1.20	—
9XC	0.85~0.95	0.30~0.60	1.20~1.60	0.95~1.25	—
XH [†]	0.90~1.05	0.80~1.10	0.15~0.35	0.90~1.20	1.20~1.60
9XET	0.85~0.95	0.90~1.20	0.15~0.35	0.50~0.80	0.50~0.80

註: 1. 所示碳素鋼的成分系根據 ГОСТ1435—54, HX6、HX9、HX15號鋼的成分系根據 ГОСТ801—47, 65X號鋼的成分系根據技術條件, 其餘各號鋼的成分系根據ГОСТ5950—51所規定的。

2. 鎳和銅的含量對於 Y7A~Y13A 號鋼不超過 0.20%, 對於 Y7~Y13 號鋼不超過 0.25%鎳的含量對於其餘各號鋼都低於 0.25%, 而對於 85XΦ 號鋼可根據用戶要求低於 0.20%。

3. XB5和B1號鋼可根據用戶要求含有 0.15~0.30%的鉍。

2) 高耐磨性，這是為保持刀刃的形狀和尺寸在切削條件下不改變所必需具有的性質；

3) 高強度，這是刀刃為完成切削過程而不發生崩刃並在刀具承受最大彎曲力矩或扭轉力矩的地方不斷裂所必需具有的性質；

4) 足夠的韌性，以便在遇有振動和沖擊作用時（如斷續切削時和切削表面不齊整的材料時等），防止發生斷裂。

工具鋼的機械性質對於許多成型的（因而也是昂貴的）刀具的壽命也像對構造鋼零件一樣，具有重大意義。關於這一點，烏拉爾重型機器製造廠所進行的觀察結果已經證明了；這些資料〔1〕^{*}表明，有73%的小直徑刀具由於斷裂而報損，即在規定磨損量還未達到以前就過早地被損壞了。

1a組和16組工具鋼的主要區別就在於奧氏體在低於臨界溫度的區域中具有不同的穩定性，從而這兩組鋼的淬透性和可淬性也不相同。1a組鋼過冷奧氏體的穩定性較低；要得到馬丁體組織和高硬度在淬火時需用很高的冷卻速度（水冷）。然而，就是在這樣急速冷卻的條件下，這種鋼得到的完全淬硬的深度却是很小的。

表2中所示為某些合金元素對含碳1.0~1.15%的過共析鋼在比較和緩的冷卻劑（油）中淬火時獲得高硬度性能的影響。除碳

合金元素對過共析鋼可淬性的影響

表 2

碳及合金元素的含量	淬火溫度(°C)	在油(20°C)中冷卻以後的硬度(HRC)
C-1.1%	820	42~45
C-1.15%和W-1.0%	860	43~46
C-1.15%和W-2.0%	880	47~50
C-1.0%和V-1.0%	860	40~42
C-1.0%和Cr-0.5%	830	52~53
C-1.0%和Mn-1.0%	820	57~60
C-1.1%和Cr-1.0%	840	62~63
C-1.0%和Si-1.0%	860	53~60
C-1.0%和Mo-1.0%	840	63~65

* 試樣直徑為20公厘；合金鋼淬火所採用的加熱溫度不會使晶粒有很大增長。

素鋼外，還有錳（不含鉻的）鋼和釩鋼以及含鉻低的（0.5—0.7%以下）鋼，它們的可淬性和淬透性也比較低。因此，上述這幾種鋼都屬於1a組。

可淬性和淬透性較高的鋼（鉻鋼、硅鋼、鎢鋼和復合金鋼）屬於1b組。

低淬透性鋼（1a組）

1a組的主要代表是碳素鋼。這種鋼需要在水中或在水溶液中進行淬火（斷面不大的工具除外，因為它可以在油或熔鹽中冷卻而得到高硬度）。

將直徑（或邊長）15—18公厘以下的工具放到水中進行冷卻，可以全部（或幾乎全部）淬透，不過這時工具會產生很大的殘留應力和變形。

將斷面大於15—18公厘的工具放到水中冷卻，只有表面層能獲得馬丁體組織和高硬度。既然引起體積變化的馬丁體轉化只發生在較薄的表面層中，所以較大的工具的變形比那種完全淬透的工具為小。然而，直徑（或厚度）大於25—35公厘的工具所得到淬硬層往往過於薄了，以致不能完成切削過程，特別是在單位載荷很高的條件下。此外，在淬制這類大型工具時由於從淬硬層到未淬硬的內心硬度降落的很厲害，會產生相當大的應力，這乃是造成裂紋的一種原因（參看第15節）。

因此，選用1a組鋼時，必需要考慮到工具的尺寸、形狀和加工方法。

碳素鋼最宜用於可以在油或熔鹽中進行淬火的小斷面的工具（參看第15節），以及用於制造直徑（或最少厚度）為18—30公厘而切削部分只佔用表面層的那類工具（絲錐、平頭鑽、短鉸刀、許多種銼刀）；這類工具的內心部分未被淬硬具有韌性，這對於在不大的沖擊載荷或彎曲載荷的條件下使用它們是有利的。

在退火和高溫回火狀態下碳素鋼的硬度比合金鋼低，可切削性和壓力加工性能比合金鋼好，這是它很大一項優點。V10、V11

和 Y12 號過共析鋼經退火成粒狀珠光體組織後，通常它們的硬度為 $H_{170} \sim 180$ 。

1a組中各號鉻鋼的含鉻量差不多都相同(0.4~0.75%)，但含碳量不同：1.05~1.15% (HIX6號鋼)，1.25~1.40% (XO5號鋼) 和 0.60~0.70% (65X號鋼)。

HIX6 號鋼的過冷奧氏體穩定性比碳素鋼和 B1 號鋼稍微高些。因此，用 HIX6 號鋼制成的直徑為 12~18 公厘以下的工具經過油冷或在熔鹽中冷卻可獲得 $Rc60$ 以上的硬度，而直徑為 25~30 公厘的工具經過水冷可獲得比碳素鋼為厚的表面淬硬層。

因此，用 HIX6 號低鉻鋼來制造上述斷面的工具較為合適，這樣可在淬火時降低內應力和減少變形以及防止產生裂紋。含鉻的鋼對於所謂黑色斷口的產生也是不敏感的，這種斷口有時在高碳鋼中會看到（參看第 221 頁）。

此外，對於制造斷面極小的工具，例如直徑不到 1 公厘的鑽頭、針塞，利用低鉻鋼來代替碳鋼是很有效的。斷面這麼小的鋼件，即便是很迅速地把它自爐中拿出轉插到冷卻劑中去，也會在空氣中被冷卻到珠光體轉化溫度。當進行碳鋼工具的熱處理時，這種轉化會有部分的發展，以致不能保證獲得高而均勻的硬度。為了提高奧氏體的穩定性，常常把這種碳鋼工具加熱到較高的溫度進行淬火，這就會使強度和塑性降低。鉻鋼在上述冷卻條件下幾乎不發生珠光體轉化，因而淬火後的硬度是均勻而又高的。

HIX6 號鋼在退火狀態下的硬度通常是 $H_{174} \sim 187$ ，僅稍高於 Y1C~Y12 號碳素鋼的硬度。

至於 XO5 號鋼，由於含碳高 (1.25~1.40% C)，所以能得到高的硬度和耐磨性，但同時脆性也相當高，對於斷面大的工具，特別是有薄刃的大斷面工具脆性尤為顯著。因此，通常都將 XO5 號鋼冷軋成薄帶狀來應用，例如用來制造剃刀。在這種情況下脆性表現得不太厲害。除此以外，冷變形能碎化過剩碳化物，而鉻能促使碳化物在組織中分佈得更均勻些。同時根據上面對 HIX6 號

鋼所講的理由，鉻能改善薄斷面處的可淬性。

65X號鋼與含碳量接近的那種亞共析鋼 Y7 (Y7A) 號不同，用前者製成厚度（或直徑）為12~18公厘以下的工具可在油中或在熔鹽中淬硬。使用65X號鋼能够使長厚之比很大的而又在沖擊載荷下進行操作的工具（鑿子、某些木工工具）的變形減少。

85XΦ 號鉻鎢鋼也像低鉻鋼一樣可在油中或在熔鹽中很好的淬硬（斷面不大的工具）。這號鋼的含碳量（0.8~0.9%）接近於共析成分，在淬火並回火的狀態下能獲得具有少量細小而分佈均勻的碳化物的一種均勻的組織。鎢的存在有助於形成細小晶粒並可防止產生為共析鋼所極其敏感的過熱現象（參看第17節）。因此，85XΦ 號鋼在韌性方面是優於過共析碳鋼和鉻鋼的，特別是在經過 300~400°C 的回火以後。85XΦ 號鋼用來製造要求淬火變形極小且具高韌性的薄帶狀木工工具（例如鋸條）。

如果淬火前的加熱溫度並未引起晶粒顯著長大，過剩碳化物大部分還未發生溶解，則 B1 號鎢鋼在淬透性和可淬性方面與過共析碳素鋼沒有多大區別（參看表2）。

B1號鋼對過熱的敏感性比碳鋼低，這可說是它的一個優點。然而，如果熱處理工藝過程有正確的組織，溫度有適當的控制，則這項優點就不是這樣顯著了。除此以外，用 B1 號鋼製成的直徑大於15~20公厘的工具，由於可淬性低，甚至放在水中冷却也不能使表面層得到均勻的高硬度；在表面層的個別部分處由於形成屈氏體-馬丁體組織而往往發現有較低的硬度（ $Rc\ 55\sim59$ ，即所謂的〔軟點〕）。這種鋼只有用在斷面不大（厚度在10~15公厘以下）的工具上，才會獲得均勻的高硬度（ $Rc\ 64\sim66$ ）。因此，用碳鋼和鉻鋼可成功地代替B1號鋼。

XB5號鉻鎢鋼有時稱為鑽石鋼（алмазная сталь），它含有 1.25~1.5% C, 4.5~5.5% W, 0.4~0.7% Cr。在這種含鉻量的條件下，XB5號鋼在油中所能淬硬的深度不大，硬度為 $Rc\ 62\sim64$ 。然而若進行較激烈的冷却（在水中）時，XB5 號鋼的硬度可達 $Rc\ 67\sim68$ ，這就保證有較高的耐磨性。在這種情況下進行淬火

時要把XB5號鋼加熱到較低的溫度，這樣，過剩碳化物大部分都未溶解並且在淬火以後殘留奧氏體的數量不多。XB5號鋼用來製造斷面不大（5~15公厘）、形狀簡單而又要求有高硬度、高耐磨性的工具，其中有彫刻工具、切削硬材料（冷軋輥、白鑄鐵等）用的刀具。使用XB5號鋼刀具切削時要採用較低的速度和較薄的切屑，因為若XB5號鋼被熱到200°C以上時，它的硬度即行降低。

XB5號鋼能很好地接受磨削，因而在上述的切削條件下能使加工工件獲得光潔表面和很精確的尺寸。

近年來XB5號鋼的應用範圍，特別是對於彫刻工具，已日益縮小了。冷處理（обработка холодом）能使那些比較價廉的含碳高的鋼（例如XO5或XI號鋼）獲得高的硬度（ $Rc66\sim67$ ）。

高淬透性鋼（16組）

由於這組鋼的過冷奧氏體穩定性比較高，用比較緩和的冷卻劑（油、熔鹽）進行淬火就能獲得高硬度，而其中有幾種鋼在施行等溫淬火（在接近馬丁體轉化開始點（ M_s ）的溫度時作長時間停留）時，也能獲得高硬度。在淬火狀態下這組鋼保留有較多的殘留奧氏體。上述這幾個因素都有助於降低淬火殘留應力和減少淬火變形。

由於16組鋼的淬透性較好，因而也用它來製造比1a組鋼斷面為大的工具。

16組鋼的主要合金元素是鉻，含量達1.5~1.8%。若用別種碳化物形成元素（鎢、釩、鉬、錳）來代替鉻，得不到優良結果。

由較低的、不引起晶粒顯著增大的溫度進行淬火時，鎢和釩不能提高鋼的可淬性和淬透性（參看表2）。

鉬在含量為0.5~0.6%（或更高）時，大大增強過共析鋼的脫碳作用。

錳能改善鋼的可淬性和淬透性，但却會大大提高過熱敏感

性。

如果鋼中含有 1.5~1.8% 鉻時，則在這種情況下用錳和鎢加入過共析鋼中是合適的。因此，在加鉻的同時，以別種碳化物形成元素（錳和鎢）加入鋼中或以提高含硅量的方法可進一步改進 16 組鋼的性質。

鉻鋼。含鉻在 2~3% 以下時，鉻鋼的碳化物相乃是滲碳體型碳化物。

以 0.5~1.5 % 的鉻加入過共析鋼中，會顯著地改變碳化物的分佈條件和顆粒大小。鉻的合金滲碳體 $(Fe, Cr)_7C_3$ 退火時聚合的傾向性比無鉻滲碳體為低。圖 1 中列出了含碳 1.15% 的碳素鋼的顯微組織及含同一碳量並含鉻 0.9 % 的鋼的顯微組織。可以清楚地看出：鉻的加入起了細化碳化物並使其分佈更為均勻的作用。因此，鉻鋼在淬火並低溫回火狀態下即在成品工具狀態下的強度較高（約高 10~15%）。

因為鉻能細化鋼中的碳化物並且能部分地溶入鐵素體中，所以鉻鋼在退火狀態的硬度高於碳素鋼。

例如：含碳 1%、含鉻 1~1.5% 的鋼經退火以後的硬度通常是 $H_{183} \sim 217$ （對粒狀珠光體組織而言），而具有同樣組織的高碳鋼的硬度却是 $H_{160} \sim 170$ 。

含鉻 1% 的過共析鋼（含碳 1~1.1%）所製成的，直徑為 20~25 公厘以下的工具用普通採用的淬火溫度在油中淬火可以淬透，而含鉻 1.5% 的鋼所製成的工具直徑達 30~35 公厘也可淬透。

X 號鉻鋼（及 IX15 號鋼）在施行分段淬火時，即使在熔鹽中保溫時間很短（1~2 分鐘）也只能使直徑 15~20 公厘以下的工具得到 $Re_{60} \sim 63$ 的硬度。若在熔鹽中停留時間較長，會使 X 號鋼的殘留奧氏體數量增多，減少變形，並使硬度降到 $Re_{57} \sim 59$ 。

把含鉻量提高到 1.5% 以上能提高可淬性和淬透性。然而，鉻在含量高時會引起碳化物不均勻的現象，這表現在碳化物顆粒大小的增大和碳化物分佈不均勻上；在組織中會形成特殊的條或