

143129 技术知识丛书

工具鋼的热处理

蔡習傳 著



上海科学普及出版社

內 容 提 要

本書是上海科普协会机械学組的講演稿，适合一般中級以上热处理工及車間工艺員等工作中参考之用，也可作为学习班的教材。

本書由四章組成，首先叙述工具鋼材料本質，然后分三大类鋼种介紹热处理内容，大多取材于現場生产上所应用的資料，并結合具体例子帮助說明，最后并附录几种金相图片，作为参考。

总号：059

工具鋼的热处理

著 者：蔡 习 傳

封面設計：樓 青 藍

出 版 者：上海科学普及出版社
(上海市南昌路47号)

上海市书刊出版业营业許可証出字第085号

发 行 者：新华書店上海发行所

印 刷 者：上海市印刷五厂
上海江寧路1110号

开本：787×1092 1/32

印張：1 1/4

字数：60,000

統一书号：T 150128·18

印数：5,000

定 价：3角5分

1958年1月第一版

1958年1月第一次印刷

143120

5772

4412

K4

目 次

第一章：工具鋼的种类、用途及主要技术条件·····	1
1、炭素工具鋼·····	1
2、合金工具鋼·····	4
3、高速工具鋼·····	9
第二章：炭素工具鋼的热处理·····	14
1、退火处理·····	14
2、淬火处理·····	17
3、配火处理·····	30
第三章：合金工具鋼的热处理·····	35
1、退火处理·····	35
2、淬火处理·····	39
3、配火处理·····	48
第四章：高速工具鋼的热处理·····	52
1、退火处理·····	52
2、淬火处理·····	55
3、配火处理·····	66
4、低温氰化处理·····	71
5、硫化处理·····	78
6、蒸汽处理·····	81
附录：·····	85
一、炭素工具鋼退火后金相組織級別图·····	85

二、炭素工具鋼網狀炭化物級別图·····	86
三、合金工具鋼退火后金相組織級別图·····	87
四、鋼中非金屬夾雜物級別图·····	88
五、低倍組織級別图·····	95
六、高速鋼中炭化物不均勻性級別图·····	98
七、工具鋼热处理后的金相組織图·····	100
八、工具鋼鋼号中俄名称对照表·····	102

第一章 工具鋼的种类、用途及 主要技术条件

我国出产的工具鋼，依照所含化学成分的不同，基本上可以分为炭素工具鋼、合金工具鋼和高速工具鋼（简称高速鋼）三类。现在將这三类工具鋼中主要的并且是常用的几种鋼号，簡單介紹如下。

1. 炭素工具鋼

（一）炭素工具鋼的种类及用途：

炭素工具鋼又分为優質炭素工具鋼和高級優質炭素工具鋼兩組。高級優質鋼內所含的硫、磷較優質鋼少，所以質地更为純淨。

表一是炭素工具鋼的主要鋼号和成分。

现在把各种鋼的主要用途列举在下面：

鋼号 T7：用来制造各种承受震动和冲击的工具，制造需要一定硬度并且有較大韌性的各种工具。例如凿子、鍛模、鉚釘模、赶錐、銼床頂尖、剪鉄皮用的剪刀、鑽子、硬印、打印皮革用的印模、石鑽（鑽軟岩石用），高級優質剪子等。

鋼号 T8：除了可以制造鋼号 T7 的各种工具外，还可以制造大錘、鉄工与鉗工用小錘，泥工用鍬以及各种木工用工具等。

表一：炭素工具鋼的主要鋼号和成分

鋼 組	鋼 号	元 素 成 分 %				
		炭	錳	矽	硫	磷
优 質	☆ 7	0.60—0.74	≤ 0.40	0.35	0.03	0.04
	☆ 8	0.75—0.85	≤ 0.40	0.35	0.03	0.04
	☆ 9	0.86—0.94	≤ 0.35	0.35	0.03	0.04
	☆ 10	0.95—1.09	≤ 0.30	0.35	0.03	0.04
	☆ 12	1.10—1.25	≤ 0.30	0.35	0.03	0.04
高級優質	☆ 7 ½	0.60—0.74	0.25—0.35	0.30	0.02	0.03
	☆ 8 ½	0.75—0.85	0.25—0.35	0.30	0.02	0.03
	☆ 9 ½	0.86—0.94	0.20—0.30	0.30	0.02	0.03
	☆ 10 ½	0.95—1.09	0.15—0.25	0.30	0.02	0.03
	☆ 12 ½	1.10—1.25	0.15—0.25	0.30	0.02	0.03

鋼号☆ 8 ½：用来制造承受震动的工具和制造需要有足够韧性和較高硬度的各种工具。例如簡單的模子冲头、剪切金屬用剪刀、突孔工具、硬印、木工用工具、用于軟金屬及木料上的鋸片、切削銅質工具、制造鉚釘及釘用工具、鑽齒工具、壓縮空气工具、打印皮革用印模、樞軸及白形軸承、鋒利的刀具、用于中等硬石的石鑽等。

鋼号☆ 8：除了可以制造鋼号☆ 8 ½的各种工具外，还可以制造虎鉗牙、煤炭用凿、修整石头用凿等。

鋼号☆ 9 ½：用来制造具有相当韧性和高硬度的各种工具。例如冲模、冲头、木工工具等。

鋼号☆ 9：除了可以制造鋼号☆ 9 ½的各种工具外，还可

以制造鑽岩石用的凿子等工具。

鋼号 6 10 4：用来制造在工作中不受突然和剧烈震动同时鋒口具有少許韧性的各种工具。例如車刀、鉋刀、拉絲模、鑽頭、螺絲錐、扩孔刀具、螺絲板、銑刀、貨幣用模、手鋸条、形模、切紙与切烟叶的刀具、极硬岩石的石鑽、制鉚釘及釘用工具、螺絲刀等。

鋼号 6 10：除了可以制造鋼号 6 10 4 的各种工具外，还可以制造紧密石头用刀具、銼刀、刻紋用凿子等工具。

鋼号 6 12 4 及 6 12：用来制造需要极高硬度并且在工作中不受震动的各种工具。例如車刀、鉋刀、鑽頭、絲錐、扩孔刀具、螺絲板、剃刀、鋒利外科用具、刮刀、測徑規、金屬用鋸片、鐘表用工具、切削黃銅用工具、貨幣用模、切紙机及切烟叶机用刀子、銼刀等。

(二) 炭素工具鋼的主要技术条件。

要制造合乎标准的优良工具，必須对使用的原材料加以必要的选择和注意。对制造工具的炭素鋼材有着以下的几个主要技术条件：

(1) 鋼材表面不得有裂縫、摺疊、斑疤、砂眼、細縫、夾渣等疵病，并且不得有超过規定深度的脫炭层；

(2) 退火后，鋼的断面必須均匀細密，不应有孔隙、皮下气泡、裂縫、夾渣及石墨炭等情形；

(3) 退火后，鋼的金相組織应为球狀珠光体，它的級別范围，随需要来决定。如制造絲錐用的 6 12 4 鋼材，珠光体組織应为 3—8 級（按重工业部炭素工具鋼补充技术条件，重 6—52，第一級別图評級，見附录一）

(4) 淬火后，残余破碎的網狀炭化物，按工具的类别和需要来制定等級范围。如制造絲錐用的 $\phi 12$ 鋼材，其網狀炭化物应为 1—2 級（按同上补充技术条件，第二級別图評級，見附录二）。

(5) 淬透深度，按工具的类别和需要制定等級，一般以 800°C 之淬透深度为标准。可以取截面为 20×20 公厘，長 60 公厘的試样，在 30 公厘的地方磨一个凹口，然后放在箱式爐中加热，加热到 800°C ，并保温 20 分鐘，淬入 $20-25^{\circ}\text{C}$ 水中；取出試样，从凹口处把它断开，磨平断面，再用 4% 硝酸酒精腐蝕，就可以决定它的淬透深度。对于 $\phi 25$ 公厘以下的鋼材，一般淬透深度要求为 2—4 公厘；在 $\phi 25$ 公厘以上的鋼材，一般淬透深度要求为 4—6 公厘。

(6) 退火后，鋼的硬度应符合以下的規定：

鋼 号	布氏硬度：
$\phi 7$ 、 $\phi 7$ 4	156—187
$\phi 8$ 、 $\phi 8$ 4	156—187
$\phi 9$ 、 $\phi 9$ 4	156—192
$\phi 10$ 、 $\phi 10$ 4	160—197
$\phi 12$ 、 $\phi 12$ 4	160—207

在一般要求的情形下，可以不規定硬度的下限。

2. 合金工具鋼

(一) 合金工具鋼的种类及用途。

合金工具鋼除含有炭素工具鋼所有的几种元素外，还加入一种或几种特殊的合金元素，如鉻、錳、鉬、釩、鎳等。表二

是它的主要鋼号和成分。

合金工具鋼的主要用途如下：

鋼号 12：用来制造不承受大冲击力的各种工具。如具有高度耐磨性能的冷鍛模、拉絲板和拉絲模、曲形和定形鍛模、鍛模之复杂部分、冲压电机和电磁系統鉄心片用的冲模、冲头及槽孔等。

鋼号 12 M：除了可以制造鋼号 12 的各种工具外，由于这种鋼具有較大的韧性，还可以用来制造形狀复杂的型輥、复杂形狀鍛模的各部分、复杂的冲孔模和冲头、鋼板深鍛模、鋼板定形时用的复杂形狀定形模、标准齒輪、压制螺絲板、拉絲模、复杂形狀工作部分的冲模、冲头和槽孔、冲压电机鉄心片的鍛模。

鋼号 1：用来制造淬火时很少变形的各种工具。如測量工具、量規、样板、長形絲錐、螺絲板、銼刀、塑膠用压榨模子等。

鋼号 1A：用来制造銼刀刻紋用的凿子、高硬度的凸輪銷及偏心輪、圓柱量規、打印器、机修用車刀、鉋刀、插刀等。

鋼号 9：用来制造冷軋用的軋輥、压軋輥、鋼印、冲孔齒、冷鍛的鍛模及冲头、木工工具等。

鋼号 9 T：用来制造鑽头、鉸刀、銑刀、絲錐、螺絲板、打印机、梳形刀、冷加工打印机等。

鋼号 1 T：用来制造淬火后不允許发生些些变形的各种測量工具。

鋼号 C：用来制造鑄造貨幣用压印机、冷制螺釘、鉚釘和螺母等的冲击工具。

表二：合金工具鋼的主要鋼号和成分

鋼組	鋼 号	化 学 成 分 %					
		碳	錳	矽	鉻	鎢	鈮
鉻鋼	Х12	2.00—2.30	≤0.35	≤0.40	11.5—13.0	—	—
	Х12П	1.45—1.70	≤0.35	≤0.40	11.0—12.5	—	—
	Х12	1.30—1.50	0.45—0.70	≤0.35	1.30—1.60	—	0.15—0.30
	9Х	0.95—1.10	≤0.40	≤0.35	1.30—1.60	—	—
鉻矽鋼	9ХС	0.80—0.95	0.25—0.35	0.25—0.45	1.40—1.70	—	—
	9ХТ	0.85—0.95	0.30—0.60	1.20—1.60	0.95—1.25	—	—
鉻錳矽鋼	Х12Т	0.95—1.10	0.80—1.20	0.50—1.00	1.40—1.80	—	—
鈮 鋼	С	0.95—1.05	0.20—0.40	≤0.35	—	—	—
鉻鈮鋼	8ХС	0.75—0.85	0.20—0.40	≤0.35	0.50—0.80	—	0.20—0.40
鎢 鋼	Х1	1.05—1.25	0.20—0.40	≤0.35	0.10—0.30	0.80—1.20	0.15—0.30
鉻鎢鋼	3Х2Х8	0.30—0.40	0.20—0.40	≤0.35	2.20—2.70	7.50—9.00	0.20—0.50
	ХХ5	1.25—1.50	≤0.30	≤0.30	0.40—0.70	4.50—5.50	0.15—0.30
鉻鎢矽鋼	5ХХ2Т	0.45—0.54	0.20—0.40	0.50—0.80	1.00—1.30	2.00—2.50	—
鉻鎢錳鋼	ХХЛ	0.90—1.05	0.80—1.10	0.15—0.35	0.90—1.20	1.20—1.60	—
鎳鉻鎢鋼	5ХХП	0.50—0.60	0.50—0.80	≤0.35	0.50—0.80	(鎳) 1.40—1.80	0.15—0.30
鉻錳鎢鋼	5ХЛП	0.50—0.60	1.20—1.60	0.25—0.65	0.60—0.90	—	0.15—0.30

鋼号 8 ㄈㄣ: 用来制造冷加工鋼印、冷切金屬用刀、冷除飞翅用切断模和冲头、中心錐等。

鋼号 X 1: 用来制造麻花鑽、絲錐、鉸刀、輓式刀具等。

鋼号 3 ㄈ 2 X 8: 用来制造在极端困难条件下热加工用的冲模、冲头。例如压力澆鑄銅合金时用的冲鍛模，在困难条件下剪切金屬边用的剪刀等。

鋼号 ㄈ X 5: 用来制造低速度切割硬金屬用的刀具、高压下工作用的刻刀、低速度切削最坚硬金屬用的銑刀等。

鋼号 5 ㄈ X 2 T: 用来制造冷切金屬用剪刀、軋制螺絲用板牙、冲头及冷轧用冲模、压力澆鑄用压榨模子、木工工具等。

鋼号 ㄈ X ㄥ: 用来制造淬火后不得有变形的测量工具及切削工具等。如絲扣量規、拉刀、長形絲錐、螺絲板、特殊用途的銑刀、其他形狀的特种工具等。

鋼号 5 ㄈ ㄗ ㄣ: 用来制造鍛制大物体用的落錘及汽錘的鍛模錘。

鋼号 5 ㄈ ㄥ ㄣ: 用来制造鍛制切面不大于 300—400 公厘物体用的落錘和汽錘的鍛模錘。

(二)合金工具鋼的主要技术条件:

合金工具鋼的性能比炭素工具鋼好，用来制造專門工具，选用材料时必须加以注意。它的主要的技术条件有以下几点:

(1) 鋼材表面不应有裂縫、摺叠、斑疤、砂眼、細縫、夾渣等疵病，并且不得有超过規定深度的脫炭层;

(2) 退火后鋼的断面組織必須均匀細密，不应有孔隙、气孔、裂紋、夾渣和分层等情形。

(3) 退火后鋼的金相組織应为球狀珠光体，其級別范围，

根据需求来决定。如制造板牙用的9ㄌ丁鋼材，珠光体組織应為2—5級（按重10—52第一級別图評級，見附录三）。

（4）淬火后，殘余破碎的網狀炭化物按工具类别和需要情况，制定等級范围。如制造板牙用的9ㄌ丁鋼材，網狀炭化物不得超过二級（按重10—52第三級別图評級。同附录二）。

（5）非金屬夾杂物及炭化物液析的等級，应按工具类别制定等級范围。例如制造絲錐与板牙用的9ㄌ丁及ㄌXㄌ鋼材，鋼里的氧化物夾杂不得大于2級，硫化物夾杂不得大于2級，炭化物夾杂（炭化物液析）不得大于2至3級；制造块規用的ㄌㄌ鋼料，氧化物夾杂不得大于2級，硫化物夾杂不得大于1級，炭化物夾杂（炭化物液析）不得大于1.5級。用来制造一般量具的ㄌㄌ鋼料，各个級別可放大半級至一級（按重61—55評級，見附录四）。

（6）鋼材低倍酸浸組織，如一般疏松、中心疏松等，都要加以規定，一般切削工具及精密量具均不应大于2級（按重工业部結構鋼評級标准图，見附录五）。

（7）退火后鋼的硬度，应符合如下規定：

鋼号	布氏硬度
ㄌ12	269—217
ㄌ12ㄇ, ㄌXㄌ, 5ㄌX2丁 } ㄌㄌ丁, 3ㄌ2X8	255—207
ㄌㄌ, 9ㄌ丁, 5ㄌㄌㄇ } 5ㄌㄌㄇ	241—197
ㄌ, X1	229—187
9ㄌ, ㄌ	217—179

8 ㄅㄣ

207—170

ㄅㄨ 5

285—229

(8) 淬火后鋼的硬度应符合如下規定:

鋼 号	淬火溫度	冷却介質	硬度不低于R _c
ㄅ12	950—1000° C	油	60
ㄅ12ㄇ	950—1000° C	油	58
ㄅㄥ	800—830° C	油	61
ㄅ	830—860° C	油	62
9 ㄅ	820—850° C	油	62
9ㄅㄚ, ㄅㄥㄚ	820—860° C	油	62
ㄣ	780—820° C	水	62
8 ㄅㄣ	800—850° C	水	61
ㄨ 1	800—850° C	水	62
3 ㄅ 2 ㄨ 8	1075—1125° C	油	46
ㄅㄨ 5	800—820° C	水	65
5 ㄅㄨ 2 ㄚ	860—900° C	油	55
ㄅㄨㄥ	800—830° C	油	62
5 ㄅㄨㄇ	830—860° C	油	47
5 ㄅㄥㄇ	820—850° C	油	50

3. 高速工具鋼

(一) 高速工具鋼的种类及用途:

高速工具鋼按照它的化学成分, 可以分为很多类型。由于高速鋼中的鎢的价格很貴, 并且产量較少, 最近許多国家制成了一系列的高速鋼代用品, 这些代用品中, 或者完全不含鎢,

或是含少量的鎢。苏联在研究制造高速鋼代用品方面，尤有广泛而独到之处。苏联在工具制造业中，經常推荐使用的高速鋼及其代用品为鋼号 P18 及鋼号 P9（在1951年以前，鋼号 P18 用 PΦ1 表示，鋼号 P9 用 ЭИ 262 表示，后者是苏联电鋼工厂的研究号碼，前者即通常所称的 18—4—1 型高速鋼）。目前我国国产高速鋼，有 Z18、Z9 二种鋼号，它們的化学成分見表三。

表三：Z18、Z9 的化学成分

鋼号	化 学 成 分 %									
	炭	錳	矽	鉻	鎢	釩	鉬	鎳	硫	磷
	不 大 于									
Z18	0.7— 0.8	≤0.4	≤0.4	3.8— 4.4	17.5— 19.0	1.0— 1.4	0.3	0.4	0.03	0.03
Z9	0.85— 0.95	≤0.4	≤0.4	3.8— 4.4	8.5— 10.0	2.0— 2.6	0.3	0.4	0.03	0.03

註：如果上述兩鋼号中含鉬量等于或大于 0.3% 时，所規定的鎢的含量应有所减低，二者的关系是：1% 的鉬，可代替 2% 的鎢。在这种情况下，鋼号的后面加一个字母 П（如 Z18 П，Z9 П）。在鋼号 Z18 П 中，鉬含量允許到 0.3—1.0%，在 Z9 П 中，可以到 0.3—0.6%。

高速鋼的特性是具有紅熱硬度，可以用来制造高生产力、有較大耐磨性、并且在大約 600°C 高温下仍保持其切削性能的工具。

Z18 鋼刀具能加工硬度在 300 H_B 以下的鋼鉄。Z9 鋼在

切削性能方面并不比 $\angle 18$ 鋼差，所以是它的代用品。但 $\angle 9$ 鋼的磨制性低劣，在冲击負荷下的工作寿命較短。

高速鋼的淬火溫度範圍比較寬，不同淬火溫度範圍可以制成各种要求不同的工具，因此应用範圍頗廣。例如：鉄皮下料模子、凸紋模子、鉚釘銑頭、采石工具、高溫用凿子、高溫去边工具、高溫压印工具、高溫剪切工具、高溫銑頭、高溫螺紋滾模、高溫頂鍛模子、高溫挤压模子、穿孔工具、彫刻工具、木工切削工具、絲錐、螺絲滾模、螺絲板、常溫压印及压光工具、縫合滾子、鉸刀、样板刀、各式銑刀、各式齒輪刀具、車刀、鉋刀、鏜孔刀、鋸条、車床頂尖、拉綫模子、制釘模子、砂鋼片模子、滾動压延模子、鑽頭、扩孔鑽、中心鑽、拉刀、滾花工具等，都可以用高速鋼来制造。

(二)高速工具鋼的主要技术条件。

由于高速鋼內含有多量的合金元素，熔煉过程和以后的热加工都比較困难，不容易达到高級品質。尤其是用来制造精密工具如螺紋刀具、齒輪刀具的鋼材，更需要訂立專門的技术条件，或者由工具制造厂自行鍛造加工，以达到所要求的技术条件。現在將高速鋼的主要技术条件介紹如下。

(1) 鋼材表面不应有裂紋、摺疊、斑疤、細縫及其他的表面缺陷，并且不得有超过規定深度的脫炭层；

(2) 退火后鋼的断面組織应均匀細致，不应有空隙、气泡、夾渣、夾层及白点，并不得有綫形断面（即呈脆性和粗晶粒的断面）；

(3) 炭化物不均匀性（炭化物偏析），按其截面尺寸的不同，有着以下的規定（見附录六）：

1. 一般的技术条件:

鋼材直徑或边長 (公厘)	允許級別
到 40	≤ 4
41—60	≤ 5.5
61—80	≤ 7

2. 較进一步的技术条件 (如用来制造鑽头、銑刀、鉸刀、扩孔鑽等):

鋼材直徑或边長 (公厘)	允許級別
到 40	≤ 3
41—60	≤ 4
61—80	≤ 5
81—100	≤ 6
101—120	≤ 7
>120	≤ 8

3. 更进一步的技术条件 (如用来制造螺紋刀具、齒輪刀具等):

剃齒刀、中心鑽及螺紋滾模等, 炭化物不均匀性应不大于 2 級 (任何尺寸的鋼材)。

較精密的齒輪刀具, 炭化物不均匀性应不大于 3 級 (任何尺寸的鋼材)。

一般齒輪刀具和其它較大的切削刀具, 炭化物不均匀性应不大于 5 級 (任何尺寸的鋼材)。

4. 鋼材低倍酸浸組織, 如一般疏松中心疏松等, 按工具的要求加以規定。一般要求較高的切削工具, 均不得大于一級 (按重工业部結構鋼評級标准图)。

5. 退火后鋼的硬度，应为布氏硬度 207—255。

6. 鋼在淬火配火后的硬度，不应低于 $R_c 62$ （鋼号 $\angle 18$ 或 $\angle 18\text{M}$ 的淬火温度为 $1260—1280^{\circ}\text{C}$ ，配火温度为 $550—570^{\circ}\text{C}$ ，配火 2—3 次。鋼号 $\angle 9$ 或 $\angle 9\text{M}$ 的淬火温度为 $1220—1240^{\circ}\text{C}$ ，配火温度为 $550—570^{\circ}\text{C}$ ，配火 2—3 次）。