

工具钢

〔苏〕约·盖勒 著

周佩武 丁立铭 译

国防工业出版社

75142.5
1

工 具 钢

〔苏〕 约·盖勒 著
周倜武 丁立铭 译



国防工业出版社

内 容 简 介

本书根据1975年苏联冶金出版社出版的《工具钢》一书的英译本翻译。

《工具钢》是内容比较丰富、实用性强、对工具钢生产和使用具有一定指导意义的专著。书中汇集了苏联机械制造与金属加工业、森林木材工业以及造纸、制革、医疗器械、食品机械等工业部门经常使用的典型工具钢牌号共二百多种及其相同或相近的美、英、法、西德、日本等国的工具钢标准号。系统地论述了工具钢的分类、各种工具钢的化学成份和性能以及不同使用条件对热处理及其它热加工工艺的要求。全书内容反映了苏联在工具钢领域的多年研究成果和生产经验。对我国工具钢的生产和使用有直接的参考价值。

本书是冶金和机械制造部门广大工程技术人员和工人的实用参考书，也可供有关高等院校和中等技术学校教学参考之用。

TOOL STEELS

Yu. Geller

MIR PUBLISHERS MOSCOW 1978

工 具 钢

〔苏〕 约·盖勒 著

周佩武 丁立铭 译

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

850×1168¹/₃₂ 印张20 511千字

1983年2月第一版 1983年2月第一次印刷 印数：0,001—5,400册

统一书号：15034·2480 定价：2.95元

译 者 序

本书根据苏联《工具钢》一书一九七五年修订第四版的英译本翻译。英译本出版于一九七八年。同俄文原版相比，又作了某些重要补充和删减，因此也可以说是事实上的修订第五版。

本书作者约·盖勒终身从事于工具钢研究，有许多创造发明。他自四十年代起撰写的《工具钢》一书经多次修订和再版，受到苏联及其他国家读者的广泛好评。

《工具钢》一书，全面系统地论述了工具钢的分类、各种金属切削工具钢、木工工具钢、模具钢和量具钢的化学成分与性能、不同使用条件对热处理和表面处理的要求以及表面层缺陷及其检测方法。书中汇集了苏联机械制造与金属加工业、森林木材工业以及造纸、制革、医疗器械等工业部门经常使用的工具钢牌号共二百多种及其相同或相近的美、英、法、西德、日本等国的工具钢标准号。

这是一本侧重于实践经验、内容比较丰富、对工具钢生产和使用具有一定指导意义的专著。本书是冶金和机械制造部门广大工程技术人员和工人的实用参考书，也可供有关高等院校和中等技术学校教学参考之用。

目 录

第一部分 工具钢的组织与性能

第一章 工具钢的性能、分类及成分	3
§ 1 工具钢的一般性能	3
§ 2 按性能分类	4
§ 3 按用途分类	8
§ 4 工具钢的化学成分	16
§ 5 冶炼条件对工具钢性能的影响	26
第二章 工具钢的性能	32
§ 6 耐用度	32
A 工具钢的主要性能	34
§ 7 工具钢的性能要求	35
§ 8 硬度	37
§ 9 抗塑性变形性能	42
§ 10 强度、脆性断裂抗力	46
§ 11 疲劳断裂抗力	58
§ 12 韧性、动载荷抗力	60
§ 13 热稳定性 (红硬性)	67
§ 14 抗热疲劳性能	72
§ 15 物理性能 (导热性、热膨胀系数、摩擦系数和粘着性)	77
§ 16 化学性能与工件材料的相互作用	84
§ 17 耐磨性	86
§ 18 淬透性	95
B 工具钢的工艺性	103
§ 19 可加工性	103
§ 20 耐过热性能	108
§ 21 耐表面层脱碳、氧化和变质性能	108
§ 22 淬硬性	114
§ 23 工具的变形	116

§ 24	抗开裂性能	126
§ 25	切削性与磨削性	131
第三章 工具钢的组织、分析方法		139
§ 26	退火状态钢、珠光体	140
§ 27	$\alpha \rightarrow \gamma$ 相变	147
§ 28	马氏体对钢的性能的影响	151
§ 29	钢的晶粒	156
§ 30	碳化物相	166
§ 31	金属间强化相	210
§ 32	残余奥氏体	214
§ 33	工具钢中的石墨	221

第二部分 工具钢的成分及热处理

第四章 高硬度非热稳定性工具钢		225
A 钢的成分和性能		225
§ 34	典型性能	225
§ 35	合金化	226
§ 36	低淬透性钢	230
§ 37	较高淬透性钢	239
§ 38	高淬透性钢	251
B 热机械处理和热处理		255
§ 39	供应状态钢	255
§ 40	热成形的加热条件	257
§ 41	均质化、退火和高温回火	259
§ 42	预淬火与回火	262
§ 43	淬火	263
§ 44	感应淬火	277
§ 45	零下处理(低温淬火)	284
§ 46	回火	287
§ 47	热机械处理	291
§ 48	大型工具和复杂形状工具的热处理	292
§ 49	热处理缺陷及其预防方法	296

第五章 中等韧性的非热稳定性工具钢	298
§ 50 成分和性能、合金化特点	298
§ 51 低淬透性钢	301
§ 52 中等淬透性钢	302
§ 53 供应状态钢	306
§ 54 热成形规范	306
§ 55 退火、高温回火和预淬火	307
§ 56 淬火	308
§ 57 热机械处理	310
§ 58 回火	311
§ 59 带柄工具的热处理	311
第六章 高硬度半热稳定性钢	313
§ 60 成分、性能和合金化特点	313
§ 61 中等耐磨性钢和高耐磨性钢(表 61)	316
§ 62 耐蚀钢	330
§ 63 热成形温度	332
§ 64 半热稳定性钢的热处理	333
第七章 中等韧性半热稳定性钢	338
§ 65 成分、性能和合金化特点	338
§ 66 350~375°C 高强度钢	339
§ 67 400~450°C 高强度钢	342
§ 68 热机械处理	344
§ 69 热处理	344
第八章 碳化物强化的高硬度热稳定性钢	350
§ 70 成分、性能和合金化特点	350
A 碳化物强化钢的相成分、组织和相变	356
§ 71 相的组成	356
§ 72 铸钢、变形钢和退火钢的组织	358
§ 73 加热时相变及其对钢的组织 and 性能的影响	362
§ 74 冷却时相变及其对组织 and 性能的影响	371
§ 75 回火钢的组织 and 性能	379
B 中等热稳定性高速钢	387
§ 76 钨钢	388

VIII

§ 77	钨钼钢和钼钢	397
C	较高热稳定性高速钢	407
§ 78	高碳钢	407
§ 79	加氮高速钢	409
§ 80	高钒钢	410
§ 81	钴钢	415
§ 82	低热稳定性钢	430
D	铸造工具用高速钢	434
§ 83	成分和用途	434
E	热机械处理与热处理	437
§ 84	高速钢供应状态	437
§ 85	热成形和低温成形	438
§ 86	均匀化处理	441
§ 87	退火	442
§ 88	预先淬火与回火	444
§ 89	淬火	447
§ 90	感应加热淬火	453
§ 91	回火	456
§ 92	热机械处理	459
§ 93	焊接和钎接刀具	460
§ 94	热处理缺陷及其预防	465
第九章	金属间强化的高韧性热稳定性钢	476
§ 95	钢的组织 and 性能	476
§ 96	高热稳定性钢	478
§ 97	中等热稳定性钢	483
§ 98	低热稳定性耐蚀钢	485
§ 99	金属间强化钢的淬火条件	487
第十章	高韧性热稳定性钢、模具钢	488
§ 100	成分、性能和合金化特点	488
A	中等热稳定性模具钢	490
§ 101	碳化物强化钢	490
§ 102	金属间强化钢 (马氏体时效钢)	491
B	较高热稳定性模具钢	493

§ 103 碳化物强化钢	493
§ 104 耐蚀钢	504
C 高热稳定性模具钢	507
§ 105 性能和应用范围	507
D 热成形与热处理、铸模	514
§ 106 供应状态钢、热成形和热处理条件	514
§ 107 热处理缺陷及其预防	522
E 耐热钢和合金	525
§ 108 晶间强化奥氏体钢和合金	525
§ 109 高熔点合金和金属	530
第十一章 工具的表层及其缺陷和改进方法	533
A 表面层的改进方法	533
§ 110 低温氧化	534
§ 111 氮化和碳氮共渗	541
§ 112 氰硫共渗和氮硫共渗	547
§ 113 氧化	548
§ 114 渗碳和高温氰化	550
§ 115 渗硼	552
§ 116 渗铬	553
§ 117 电解镀铬	555
§ 118 碳化钛沉积硬化	557
§ 119 工具的堆焊	557
B 表面层缺陷	560
§ 120 脱碳层	560
§ 121 亮层	565
§ 122 暗层 (烧伤)	572

第三部分 工具钢及其热处理的选择

第十二章 切削工具钢的成分及热处理的选择	575
§ 123 金属切削工具钢	575
§ 124 有机材料切削工具钢	580
第十三章 冷成形工具钢的成分及热处理的选择	585
§ 125 对冷成形工具钢的要求	585

X

§ 126 冲压模具和压花模具钢	587
§ 127 板材和丝材冷成形钢	591
§ 128 风动工具钢	594
第十四章 热成形工具钢的化学成分和热处理	595
§ 129 热成形工具钢的要求	595
§ 130 锤锻和镦锻模具钢	596
§ 131 热挤压、冲孔和拉伸模具钢	599
§ 132 滚花工具钢	602
§ 133 热切割工具钢	603
第十五章 压铸模、铸型和压模用钢的成分和热处理	604
§ 134 压铸模具钢	604
§ 135 非金属材料用铸型钢	608
§ 136 塑料用压模钢	608
第十六章 精密工具钢的成分与热处理	611
§ 137 热处理要求	611
§ 138 量具钢	614
§ 139 切削工具钢	617
参考文献	619

第 一 部 分

工具钢的组织与性能

第一章 工具钢的性能、分类及成分

§1 工具钢的一般性能

工具钢是钢的一个大类，通过热处理可达到高的强度、硬度和耐磨性，即各种材料加工或塑性成形时对工具所要求的性能。许多种工具钢还具有热稳定性。热稳定性是在高速加工和热成形等工序中，工具的工作边缘在热状态下保持上述性能的能力。

工具钢与渗碳钢或氮化钢不同，它们可在相当大的深度上保持很高的强度和耐磨性。因此，工具钢除经常用于制造工具外，还用于制造滚珠和滚棒轴承、量规、多种弹簧、燃油系统元件以及各种机床和机器零件（如各种小齿轮、蜗轮、蜗杆等）。

按金相组织的特征分，最典型和最多的工具钢是过共析型和莱氏体型钢。这些工具钢在淬火后具有硬的马氏体金属基体和基体内均匀分布的更硬的碳化物颗粒。这些工具钢通常需要回火，以保持马氏体的组织和从马氏体析出的弥散碳化物，同时又具有高的硬度（RC58~60，更常见的是 RC60~65，甚至更高）。

亚共析钢是工具钢的一个小类。它们的淬火组织是纯马氏体，没有残余碳化物。这类工具钢经回火后呈屈氏体组织，具有较低的硬度（RC45~55），但韧性较高。

低碳高合金钢是工具钢中一种较新的类型。

1) 这些钢淬火后形成相当软（RC40~50）的无碳或低碳马氏体。回火后，由于析出弥散金属间化合物，使硬度提高。

2) 与耐热钢不同，奥氏体钢回火时析出金属间化合物，具有较高硬度（RC45~60）。

此外，工作条件很恶劣的模具，即在高温和强腐蚀条件下工作的模具，必须采用耐热钢和特殊涂层（第109和119节）。

就合金成分而言，工具钢基本上都是高合金钢或多元合金钢。

合金元素含量（最高为 30~45%）显著高于结构钢。

工具钢按成分可分为两大类：

1) 碳钢和低合金钢（合金元素含量低于 4~5%），属于非热稳定性钢；

2) 高合金钢和多元合金钢，其合金元素含量高于 5%（有的甚至高达 40~45%），通常属于热稳定性钢或半热稳定性钢。

按合金成分更详细分类是困难的，因为许多合金元素含量截然不同的工具钢，可能具有很相似的性能。因此，工具钢更合理的分类方法应是按性能和用途分类。

§ 2 按性能分类

按性能分类，主要的是按热稳定性分类。热稳定性既可表示经热处理得到的强化性能，又可说明由这些钢制成的各种工具的使用条件。

工具钢按性能可分为三类：1) 非热稳定性钢，2) 半热稳定性钢，3) 热稳定性钢（图 1）。

非热稳定性钢

非热稳定性钢热处理时，由于马氏体相变，可获得较高的硬度、强度和耐磨性，但只有在比较低的加热温度下，才能保持这些性能。在高于 200~300℃ 温度下回火，会使马氏体几乎完全熔解，并使析出的碳化物明显聚集形成渗碳体组织。从而降低硬度、耐磨性和强度（图 2）。按合金成分分，非热稳定性钢属于碳钢或低合金钢（合金元素含量不超过 3~5%）。按组织特征，非热稳定性钢可分为过共析钢和共析钢。

半热稳定性钢

半热稳定性钢基本属于莱氏体钢。高铬（3~18%Cr）高碳（1~2.5%C）钢是一种典型的半热稳定性钢。有些半热稳定性钢

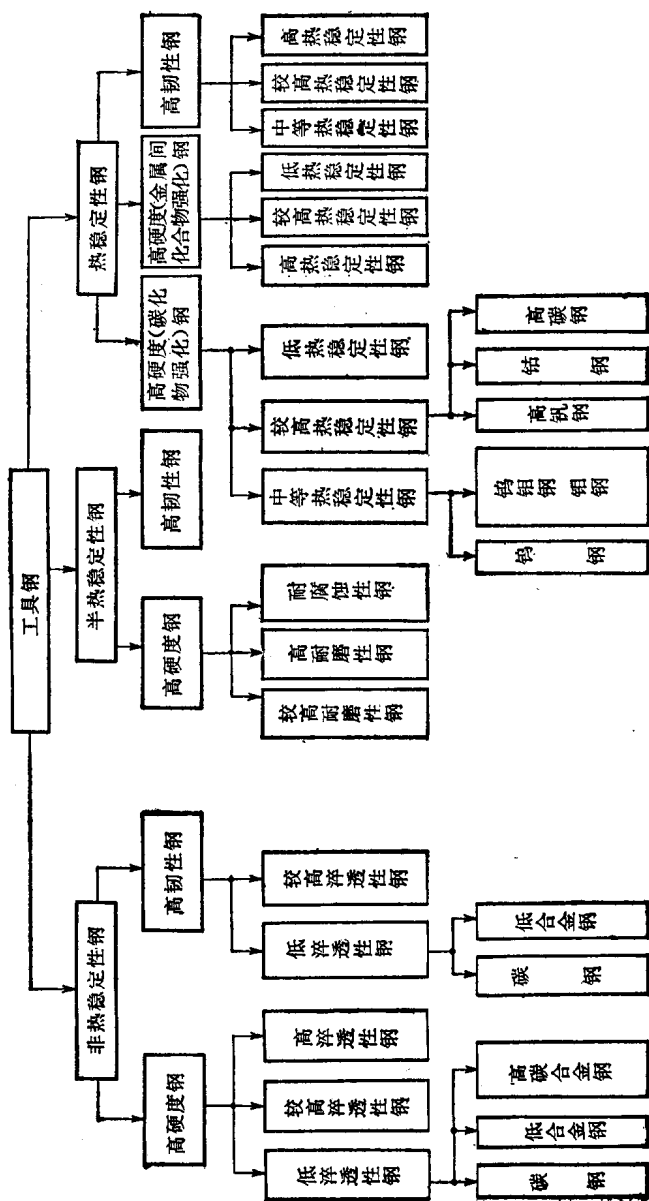


图 1 工具钢按性能分类

具有较高的钒含量。同前类钢一样，这类钢通过淬火时马氏体相变也可以得到高的硬度和强度。但在 $250\sim 400^{\circ}\text{C}$ 温度回火时，析出碳化铬及合金化渗碳体。合金化渗碳体具有抵抗凝聚作用的较高的稳定性。因此，这类钢可在更高温度下保持很高的硬度（图2）。

$0.25\sim 0.5\%$ C 的铬钼（钨）钢回火至较低的硬度（RC40~50）时，在不高于 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 温度下仍可保持该硬度值（第七章）。因此，这类铬钼（钨）钢也属于半热稳定性钢。

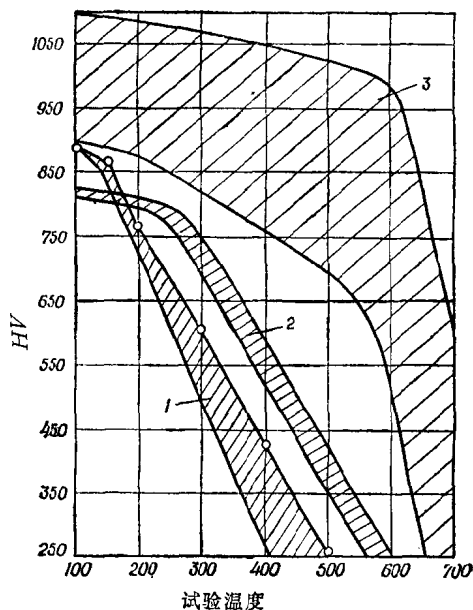


图2 工具钢热处理后硬度（高硬度钢）

1—非热稳定性钢；2—半热稳定性钢；

3—热稳定性钢。

热稳定性钢

高合金钢属于热稳定性钢。这类钢经两次强化具有很高的硬度、强度和耐磨性。两次强化是：（1）通过淬火，获得马氏体强化；（2）在相当高的温度下（ $500\sim 625^{\circ}\text{C}$ ）回火，由于析出强化相，获得弥散强化（图2）。在多数钢中，析出的强化相是复杂的钨钼碳化物和钒的碳化物，这些碳化物都引起碳化物强化。在低碳钢中，析出的强化相是金属间化合物，引起金属间化合物强化。钨、钼、钒碳化物在 $500\sim 650^{\circ}\text{C}$ 温度下从马氏体中析出和聚集，而金属间化合物在 $650\sim 720^{\circ}\text{C}$ 温度下从马氏体中析出和聚集。这类钢可在高温下保持由热处理得到的性能。

碳化物强化的高含碳量 ($>0.6\%$) 钢属于莱氏体钢。这类钢称为高速钢, 是最典型的用途最广泛的工具钢。具有较低含碳量和合金元素含量的钢属于共析钢, 主要用作热成形模具。

金属间化合物强化钢由于合金成分和热处理硬度的区别, 可能是高速钢, 也可能是模具钢。奥氏体钢主要用作模具钢, 其中有些是耐腐蚀钢。

在室温下, 非热稳定性钢和热稳定性钢的硬度、强度和耐磨性只有微小的差别, 但在热态下有明显差别 (图 2)。此外, 由于第十章阐述的理由及弥散强化相颗粒的作用, 热稳定性钢在室温和工作温度下均具有较高的塑性变形抗力 (约为其他钢的 1.3~1.5 倍)。

工具钢还可按硬度和韧性分类 (图 1)。高硬度高强度钢的韧性通常都比较低 (缺口试样的韧性 ≤ 1 公斤力·米/厘米²)。因此, 不能用作在很大动载荷下使用的模具和钳工装配工具。

降低含碳量可以提高韧性, 但硬度也降低。因此, 热稳定性、半热稳定性和非热稳定性钢应分为:

(1) **高硬度高耐磨低韧性钢** 含碳量为 0.7~1.5% (甚至 2%)。● 淬火后, 具有马氏体组织和高硬度 (RC58~65 或更高), 并能在回火状态保持马氏体组织和高硬度值。

(2) **硬度较低的耐磨高韧性钢** 含碳量为 0.4~0.7% (或 0.2~0.3% C, 但合金化程度高)。这类钢是典型的共析钢。在较高温度下回火可得到屈氏体或屈氏体-马氏体组织, 其硬度为 RC 40~55 (通常是 RC45~50)。根据钢的成分和硬度的不同, 冲击韧性 (缺口试样) 为 2~8 公斤力·米/厘米²。

上述的各种工具钢, 还可按更严格确定其质量和工业用途的某一特性分类 (图 1)。

例如, 具有高硬度和较高韧性的低合金非热稳定性钢, 可按

● 这类钢包括无碳和低碳合金钢, 回火时析出金属间化合物, 可得到高硬度。