

工人技术读物

锻 工

沈阳第一机床厂《锻工编写组》编

DUAN

GONG



辽宁人民出版社



锻 工

沈阳第一机床厂《锻工编写组》编

*

辽宁人民出版社出版

(沈阳市南京街6段1里2号)

辽宁省新华书店发行

朝阳六六七厂印刷

*

开本: 787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张: 19

字数: 390,000 印数: 1—5,000

1979年7月第1版 1979年7月第1次印刷

统一书号: 15090·55 定价: 1.30 元

出版说明

为在二十世纪末全面实现农业、工业、国防和科学技术的现代化，为了适应社会主义革命和社会主义建设迅速发展的需要，满足广大工人，特别是青年工人为革命学习技术的要求，我们遵照毛主席关于“人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由”的伟大教导，编辑了车工、钳工、铆工、铣工、锻工、刨工、磨工、铸工、电工、电焊工和技工数学等工人技术读物，将陆续出版。

这套工人技术读物是由鞍钢机修总厂、大连红旗造船厂、沈阳第一机床厂、中捷人民友谊厂、沈阳风动工具厂、沈阳铸造厂、大连工矿车辆厂、大连电机厂、鞍钢修建部等单位分别编写的。各厂的编创小组，运用毛主席的光辉哲学思想，分析、研究、总结了生产斗争和科学实验中的经验，回答了工人同志们在生产斗争和科学实验中提出的技术问题。内容切合实际，语言通俗易懂，可供工人、特别是青年工人业余学习和技工学校教学参考使用。

《锻工》是沈阳第一机床厂锻工编写组编写的，主要由甄星耀、陈昌寿、任惠全同志执笔。在编写中，收集了国内锻造生产方面的先进经验，并吸收了国外有关资料，经过多方面征求意见，反复修改编写而成。

在编辑过程中，大连铁道学院、大连工矿车辆厂、沈阳冶金学校、沈阳风动工具厂、沈阳拖拉机厂、沈阳重型机器厂等单位有关同志给予很大帮助，在此表示感谢。

由于编写水平所限，书中可能存在一些缺点和错误，欢迎读者批评指正。

目 录

第一章 锻造用原材料.....	1
第一节 钢的分类、牌号及机械性能.....	1
第二节 钢锭.....	9
第三节 钢材.....	14
第四节 锻造用有色金属.....	16
第二章 算料及下料.....	21
第一节 算料.....	21
第二节 常用下料方法.....	35
第三节 下料消耗及下料公差.....	48
第三章 金属的塑性变形.....	50
第一节 塑性变形的物理性能.....	50
第二节 金属塑性变形的基本规律.....	54
第三节 影响金属塑性的因素及提高塑性的途径.....	58
第四节 锻造对金属组织及机械性能的影响.....	64
第四章 金属加热及其设备.....	70
第一节 锻造温度范围的确定.....	70
第二节 加热时产生的缺陷.....	74
第三节 金属的加热规范.....	77
第四节 加热温度的测定.....	80

第五节	常用燃料及燃烧装置	83
第六节	锻造常用加热炉	92
第七节	加热炉的修造与使用	107
第八节	余热利用及消烟除尘	110
第九节	电加热	113
第五章	自由锻造	121
第一节	自由锻造基本工序	121
第二节	自由锻造工艺编制	134
第三节	自由锻造工艺举例	148
第四节	自由锻锤及自由锻造水压机	153
第五节	锤上自由锻造安全操作知识	163
第六章	高合金钢及有色金属锻造	165
第一节	高速钢及铬12型工具钢锻造	165
第二节	不锈钢锻造	175
第三节	有色金属锻造	178
第七章	胎模锻造	186
第一节	胎模锻造的特点及分类	186
第二节	胎模锻造工艺	188
第三节	胎模设计与制造	191
第四节	自由锻锤上固定模模锻	204
第五节	胎模锻造工艺举例	210
第八章	锤上模锻	213
第一节	模锻件图的制定	213

第二节	锻模设计	222
第三节	模具材料及其热处理	244
第四节	模具的制造、使用与维护	247
第五节	模锻锤	252
第九章	切边、冲孔和校正	260
第一节	切边与冲孔	260
第二节	切边模与冲孔模	264
第三节	切边、冲孔模的安装与调整	272
第四节	模锻件的校正	273
第十章	锻件的冷却、热处理及质量检查	276
第一节	锻件的冷却	276
第二节	锻件的热处理	278
第三节	锻件的质量检查	286
第四节	锻件的清理	291
第十一章	锻造操作机械化自动化	294
第一节	加热操作机械化	294
第二节	锻造操作机械化	298
第三节	机械司锤装置	313
第四节	锻造生产流水线与自动线	320
第十二章	压力机模锻	324
第一节	热模锻压力机模锻	324
第二节	螺旋压力机模锻	339

第十三章 平锻机模锻	353
第一节 平锻工艺的特点.....	353
第二节 平锻机.....	354
第三节 平锻件的分类和成形方法.....	359
第四节 平锻工艺设计.....	363
第五节 平锻用模.....	372
第十四章 辗环	380
第一节 辗环机.....	380
第二节 辗扩工艺.....	387
第三节 制坯工具设计.....	392
第四节 辗扩工具设计.....	397
第五节 辗扩工具的调整及锻件缺陷分析.....	406
第十五章 辊轧	413
第一节 辊锻.....	413
第二节 横轧.....	432
第三节 齿轮轧制.....	443
第十六章 挤压	453
第一节 挤压分类及其应用.....	453
第二节 金属的挤压变形.....	458
第三节 挤压工艺.....	476
第四节 坯料表面处理及润滑.....	482
第五节 挤压用模具.....	487
第六节 挤压设备.....	499

第七节 挤压实例.....	501
第十七章 高速锤锻造.....	506
第一节 高速锤的结构及工作原理.....	506
第二节 高速锤锻造工艺.....	509
第三节 模具.....	512
第四节 高速锤锻造实例.....	515
第十八章 其它锻造.....	522
第一节 径向锻造.....	522
第二节 摆动辗压.....	534
第三节 电热墩粗.....	540
第四节 粉末锻造.....	546
附录一.....	558
附录二.....	559
附录三.....	561
附录四.....	570

第一章 锻造用原材料

随着工业生产的飞速发展，锻造用原材料的种类日益增多。常用的主要是黑色金属和有色金属，其中大量的是黑色金属——钢。钢料有钢锭和钢材之分。大型锻件以钢锭作为原材料；中小型锻件，尤其是模锻件以钢材作为原材料。锻造用有色金属主要是铜及铜合金、铝及铝合金、钛合金、镁合金等。

第一节 钢的分类、牌号及机械性能

一、钢的分类

含碳量低于2%的以铁(Fe)和碳(C)为基本成分的合金称为钢。钢可按其化学成分、质量和用途来分类。

(一) 按化学成分分类

钢的化学成分决定钢的性能。根据钢中的主要化学成分，钢可分为碳素钢和合金钢两大类。

1. 碳素钢：简称碳钢。碳钢中含有铁、碳及少量硅(Si)、锰(Mn)、硫(S)、磷(P)、氧(O)、氢(H)等残余元素和杂质。碳含量的多少是决定钢的性能的基本因素。如钢中含碳量增加时，其硬度增高，塑性、韧性和导热性降低。碳钢按含碳量的多少可分为三类：

低碳钢——含碳量小于0.25%；

中碳钢——含碳量为 0.25~0.6%；

高碳钢——含碳量大于 0.6%。

残余元素和杂质的存在，对钢的性能有很大的影响，因而对其最高含量要规定出数值。

2. 合金钢：为了提高钢的某些性能，以满足使用要求，在钢中加入一种或多种元素，这样的钢就称为合金钢。加入的锰、铬(Cr)、硅、镍(Ni)、钨(W)、钛(Ti)、钼(Mo)、钒(V)等元素，称为合金元素。这些元素将使钢的机械性能、物理性能、化学性能及工艺性能发生很大的变化。各种合金元素对钢的性能影响如下：

铬：铬元素能提高钢的强度、硬度、抗氧化性和抗蚀性，增强耐磨性和耐热性。但会降低钢的导热性，因而加热高铬钢升温要缓慢并应有足够的保温时间。

锰：锰元素能提高钢的强度、硬度、耐磨性，同时可消除钢因氧和硫所引起的热脆性，但会降低钢的导热性和韧性。

硅：含硅较多时，钢的塑性降低，导热性较差，含硅量超过 2.5% 的钢，锻造较为困难。含硅量为 1~1.8% 时，能提高钢的耐磨性和弹性。

钼：钼能增加钢的硬度和韧性。钼钢高温强度较高，使变形抗力增大，含钼量占 8% 以上的钢锻造很困难。在钢中钼与硫结合形成低熔点的硫化钼，会使钢产生热脆性。

钨：钨的熔点很高，晶粒不易长大，有降低过热敏感性的作用，但含钨高时，导热性差、塑性低，变形抗力大。

镍：镍元素能提高钢的强度、韧性和抗蚀性，并增加磁性和电阻。在含镍钢中树枝状组织比较严重，锻轧后易产生带状组织。锻后冷却速度太快，容易产生白点。

钒：钒可以细化钢的铸态组织，改善碳化物的分布情况，减少钢的过热敏感性，能提高钢的强度、韧性和淬透性。

钴（Co）：含钴的合金钢有较高的抗氧化性，但导热性差，脆性较大。

按钢中合金元素含量的多少，合金钢可分为以下三类：

低合金钢——含合金元素总量小于 5%；

中合金钢——含合金元素总量 5 ~ 10%；

高合金钢——含合金元素总量大于 10%。

合金钢还可以根据钢中所含主要合金元素的种类分为：锰钢、铬钢、铬锰钢、铬镍钢、铬镍钼钢等。

（二）按质量分类

根据钢中含硫、磷等有害杂质元素的多少，分为普通钢、优质钢和高级优质钢。

普通钢——钢中含硫量不超过 0.05%，含磷量不超过 0.055%。

普通钢又分为：

1. 甲类钢——只保证机械性能；

2. 乙类钢——只保证化学成分；

3. 特类钢——既保证机械性能又保证化学成分。

优质钢——钢中含硫和磷量不超过 0.04%，含铜量不超过 0.3%。

高级优质钢——钢中含硫量不超过 0.03%，含磷量不超过 0.035%，含铜量不超过 0.25%。

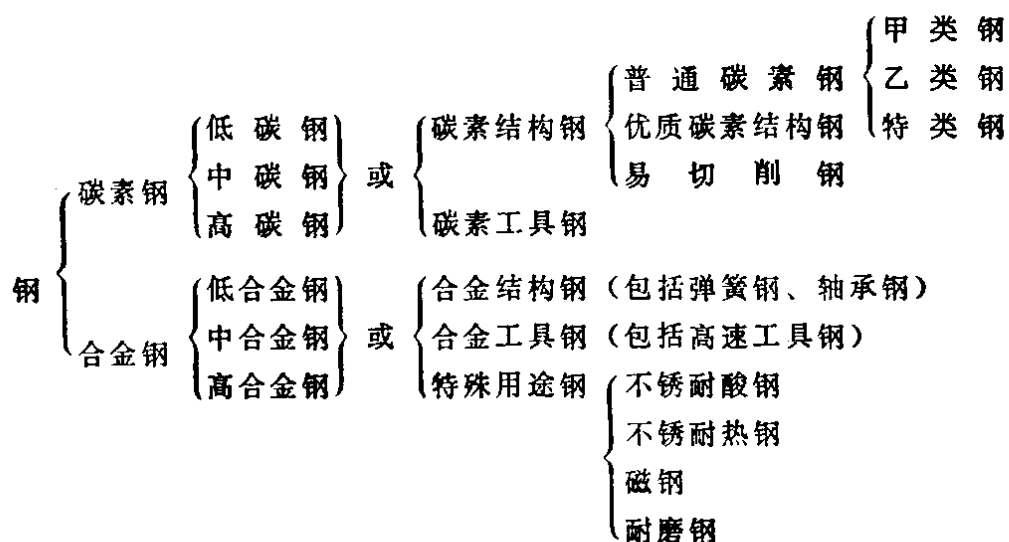
(三) 按用途分类

1. 结构钢：分碳素结构钢和合金结构钢。主要用来制造各种工程结构（如桥梁、建筑结构、船舶等）和机械零件（如齿轮和轴）等。

2. 工具钢：分碳素工具钢、合金工具钢和高速工具钢。用来制造各种刀具、量具、刃具和模具。

3. 特殊用途钢：它具有特殊物理和化学性能。如耐热钢、耐酸钢、不锈钢、磁钢等。

归纳上述三种分类方法，可以把钢的分类综合如下：



二、钢的牌号

钢的种类繁多，根据产品的化学成分、用途、冶炼方法和浇铸方法，可用一定的牌号来表示，如表 1—1。

表 1—1 钢号表示方法

名 称	牌 号 举 例		表 示 方 法 说 明
	汉字牌号	代号	
普通碳素钢			1. 平炉钢以甲、乙、特或A、B、C及顺序号表示; 2. 转炉钢还需加冶炼方法符号, 碱性加“碱”或“J”, 酸性加“酸”或“S”; 3. 沸腾钢在牌号末尾加“沸”或“F”; 4. 半镇静钢加“半”或“b”, 镇静钢不加字尾; 5. 专门用途碳素钢, 还需在末尾加注用途符号, 如加“桥”或“q”
1. 甲类钢	甲1, 甲碱1 甲3桥 甲2沸	A1, AJ1 A3q A2F	
2. 乙类钢	乙1, 乙酸3 乙3半	B1, BS3 B3b	
3. 特类钢	特1, 特碱2 特2半	C1, CJ2 C2b	
优质碳素钢 (包括易切削钢)	05, 10 30, 45 10沸 15半 30锰 15锅 易30	05, 10 30, 45 10F 15b 30Mn 15g Y30	1. 两位数字表示平均含碳量的万分之几, 如含碳量0.45%, 表示为45; 2. 含锰较高的优质碳素结构钢在末尾加“锰”或“Mn”; 3. 专门用途的在末尾加注用途符号; 4. 易切削钢在前面加注“易”或“Y”
碳素工具钢	碳8 碳12高 碳8锰	T8 T12A T8Mn	1. 用碳或T表示碳素工具钢, 后面数字表示含碳量千分之几; 2. 含锰量较高的应在末尾加“锰”或“Mn”; 3. 高级碳素工具钢在末尾加“高”或“A”
合金结构钢	20铬 35硅锰 20锰2硼 20铬锰钛 12铬钼钒 12铬镍3 65锰 55硅2锰 50铬锰高	20Cr 35SiMn 20Mn2B 20CrMnTi 12CrMoV 12CrNi3 65Mn 55Si2Mn 50CrMnA	1. 含碳量用万分之几表示, 各化学符号用规定符号表示, 合金元素含量 $\leq 1.5\%$ 不标出; 2. 高级合金结构钢在末尾加“高”或“A”; 3. 轴承钢前面加“滚”或“G”字, 平均含铬量以千分之几表示
轴承钢	滚铬15 滚铬9硅锰	GCr15 GCr9SiMn	
合金工具钢	铬12 铬钨锰 5铬镍钼	Cr12 CrWMn 5CrNiMo	平均含碳量小于1%时, 以千分之几表示, 大于1%时不标出, 高速工具钢也不予标出, 合金元素表示方法同合金结构钢
高速工具钢	3铬2钨8 钨18铬4钒 钨12铬4钒 钼	3Cr2W8 W18Cr4V W12Cr4VMo	

续表

名 称	牌 号 举 例		表 示 方 法 说 明
	汉字牌号	代号	
特 殊 用 途 钢	磁 铬 5	CCr5	1. 特殊用途钢含碳量一般不标出; 2. 合金元素表示方法同前; 3. 磁钢以“C”表示
	1 铬 13	1Cr13	
	铬 28	Cr28	
	铬 17 钼 2 钛	Cr17Mo2Ti	
	1 铬 18 镍 9 钛	1Cr18Ni9Ti	
电 工 纯 铁	9 铬 18 钼 钒	9Cr18MoV	1. 用“电铁”或“DT”表示, 后面数字1、2、3……表示不同成分和性能; 2. 性能好的在后面加“高”或“A”, 特别好的加“E”
	铬 15 镍 60	Cr15Ni60	
电 工 纯 铁	电铁 1	DT1	
	电铁 2 高	DT2A	
	电铁 3 特	DT3E	

三、机械性能

机械性能是指金属抵抗外力的能力。主要包括强度、塑性、硬度和冲击韧性等。

(一) 强 度

金属受外力作用不破坏或不改变本身形状的能力叫强度。金属主要强度指标有屈服强度 σ_s 和抗拉强度 σ_b 。由拉伸试验的曲线图（图 1—1）可知：

屈服强度 σ_s ——金属在作用力增加到一定数值时就开始屈服，此时即使作用力不变，试样也继续伸长，产生永久变形，这时的金属强度，称为屈服强度，其值可由屈服点 S 来确定。

$$\sigma_s = \frac{P_s}{F_0}$$

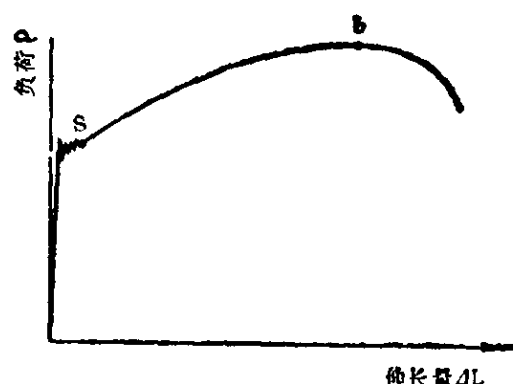
式中 σ_s ——屈服强度（公斤/毫米²）；

P_s ——屈服负荷（公斤）；

F_0 ——试样截面积（毫米²）。

抗拉强度 σ_b ——金属在外力作用下，开始破坏时的强度称为抗拉强度（也叫极限强度）。其值可由 b 点来确定。

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$$



式中 σ_b ——抗拉强度（公斤/毫米²）；

图 1—1 低碳钢的典型拉伸曲线

P_b ——试样承受的最大负荷（公斤）；

F_0 ——试样截面积（毫米²）。

（二）塑 性

金属在一定变形条件下产生永久变形而不破坏的能力叫塑性。金属的主要塑性指标有伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 。

伸长率代表金属拉断时，所伸长的长度与原长度的百分比。

断面收缩率代表金属拉断时，断面缩小面积与原始横断面面积之百分比。

（三）硬 度

金属抵抗其它物体压入的能力叫硬度。常用的硬度有布氏硬度和洛氏硬度。

1. 布氏硬度 HB

用一定的负荷将一定大小的淬硬钢球压入金属材料表

面，根据压痕直径查表，即可确定布氏硬度值。

2. 洛氏硬度 HR

用一定的负荷将淬硬的钢球或顶锥角为120°的金钢石压入器压入金属表面，根据压痕的深度来确定洛氏硬度值。洛氏硬度有A、B、C三种，分别用HRA、HRB、HRC表示，最常用的是HRC。

(四) 冲击韧性

金属抵抗冲击载荷破坏的能力叫冲击韧性。冲击韧性用材料在破坏时吸收能量的大小来衡量，用 a_k 表示。

锻造生产中设备选择、模具设计都是依据材料变形力确定的，而材料变形力的计算又依据材料的机械性能，部分常用钢材的机械性能见表1—2。

表1—2 部分常用结构钢的机械性能

钢 号	机 械 性 能						
	σ_s (公斤/ 毫米 ²)	σ_b (公斤/ 毫米 ²)	δ_5 (%)	ψ (%)	a_k (公斤/ 毫米 ²)	硬度 HB	
						热轧	退火
A3	24	30~40	27	—	—	—	—
15	23	38	27	55	—	143	—
30	30	50	21	50	8	179	—
45	36	61	16	40	5	241	197
50	38	64	14	40	4	241	207
40Mn	36	60	17	45	6	229	207
30Mn2	65	80	12	45	8	—	207
35SiMn	75	90	15	45	6	—	229
20Mn2B	80	100	10	45	7	—	187
38CrSi	85	100	12	50	7	—	255