

热 軋 概 论

压力加工《专业概論》編写小組

北京钢铁学院

一九七二年二月

毛主席语录

工人阶级必须领导一切。

学生也是这样，以学为主，兼学别样，即不但学文，也要学工，学农，学军，也要批判资产阶级。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

我们的钢都是要顶用的。要品种全，除普通钢之外，要有各种特殊钢。要着重搞规格、品种、质量。品种、质量放在第一位。

我们能够学会我们原来不懂的东西。我们不但善于破坏一个旧世界，我们还将善于建设一个新世界。

前 言

这是一本热轧教学参考材料。是在为某厂650开坯车间工人师付讲技术课所编写的参考材料的基础上改编成的在该车间老工人和技术人员指导下曾应用过其中某些部分。

修改后加重了普通型钢孔型设计和有关的必要的理论知识。

由于我们的毛泽东思想水平不高和认识的局限性，不足之处和错误是难免的。请使用这本书的同志及时指出，以便改进。

目 录

第 一 章 钢的基本知识	1. 1
一、钢和铁的区别	1. 1
二、我国钢的牌号	1. 2
三、钢的性能检验	1. 8
四、钢组织简介	1. 13
五、钢中的杂质及合金元素对钢的性能影响	1. 17
第 二 章 钢 锭	2. 1
一、钢锭的种类	2. 1
二、钢锭的组织	2. 2
三、钢锭中的伪析现象	2. 5
四、钢锭缺陷	2. 6
五、轧制原料的选择	2. 8
六、合金钢钢锭	2. 11
第 三 章 加热制度与 热缺陷	3. 1
一、加热制度	3. 1
二、加热缺陷	3. 7
第 四 章 钢的轧制变形	4. 1
一、弹性变形、塑性变形和断裂	4. 1
二、影响金属塑性的因素	4. 2
三、金属轧制后性能的变化	4. 8
四、咬入——轧制过程的建立	4. 10
五、轧制前后轧件尺寸的变化	4. 15
六、压下量的确定	4. 19

	七、宽展.....	4.21
	八、不均匀变形.....	4.28
第 五 章	孔型设计基本知识.....	5. 1
	一、轧辊孔型图.....	5. 1
	二、方坯、圆钢及板坯孔型设计.....	5. 6
	三、孔型设计的检验与修正.....	5.21
	四、导卫装置.....	5.22
	五、轧制缺陷及其消除.....	5.27
第 六 章	某些合金钢的工艺特性.....	6. 1
	一、热轧工艺过程.....	6. 1
	二、某些合金钢的工艺特性.....	6. 2
第 七 章	轧钢设备简介.....	7. 1
	一、轧钢机类别.....	7. 1
	二、轧钢机是以什么为其标志?	7. 4
	三、轧钢设备包括一些什么内容?	7. 5
	四、轧钢机主机列的组成.....	7. 5
	五、工作机座的组成.....	7.11
	六、轧钢机主要辅助设备简介.....	7.19

第一章 钢的基本知识

一、钢和铁的区别

毛主席教导说：“事物发展的根本原因，不是在事物的外部而是在事物的内部，在于事物内部的矛盾性。”钢和铁的区别正是事物内部矛盾结果。

铁及其合金占目前全部常用金属的90%，铁及其合金是以铁为基础，同时含有碳、锰、硫、磷和其它元素的复杂合金，钢和铁的区别是根据含碳量多少来分的，碳的多少对铁及其合金的性质影响很大。

1、生铁——铁的合金，含碳量在1.7%以上，並含有锰、硅、硫和磷等。生铁分为白口生铁（断口呈暗白色）和灰口生铁（断口呈灰色），白口生铁中的碳是以化合物 Fe_3C （称渗碳体）状态存在的，渗碳体具有高硬度和高脆性，所以白口生铁脆而硬。灰口生铁中碳是以石墨状态（碳的游离状态）存在，石墨成片状的为一般灰口生铁，若石墨成球状就叫球墨铸铁。球墨铸铁同灰口生铁一样熔铸，只是浇注前的铁水中加入一定数量的镁或铈等金属，以及适当的硅铁和硅钙等合金。加入的镁或铈等金属，能促使石墨球化叫做球化剂，硅铁和硅钙等合金，能使石墨析出，叫做墨化剂。

灰口生铁的硬度比白口生铁稍低，也具有脆性，球墨铸铁则比之有较高的强度和韧性。

生铁较钢便宜，易于冶炼，它具有优良的铸造性能，不易变形和消震性能，在机械制造（铸件）中广泛使用。生铁的冶炼在我国有着悠久的历史。

2、工业纯铁——是指不含其它元素的铁，故称纯铁，纯铁为银白色金属，比重为7.85克/立方公分，熔点1530℃，纯铁的

塑性很好，冷热加工都很容易。常用的纯铁是工业纯铁，工业纯铁中仅含微量的其它元素，含碳0.013%、锰0.017%，微量的硅，含磷0.005%，含硫0.025%。工业纯铁和纯铁性质相似，纯铁多用于作磁性材料。

3、钢—铁的合金，含碳在1.7%以下，並含有锰、硅、硫、磷这些在熔炼时无法避免的杂质。钢中的含碳量越高，则其强度越高而塑性却降低。钢中除含碳外，不加其它合金元素叫做碳素钢。碳素钢按含碳量分为低碳钢、中碳钢和高碳钢，低碳钢含碳量在0.25%以下，中碳钢含碳量为0.25~0.6%，高碳钢含碳量为0.6~1.7%。如钢中特地加入一种或几种特殊元素，如铬、镍、钨、钼、钒、铌、铝和稀土元素等，或含硅大于0.5%，含锰大于1.0%的钢，叫做合金钢（或称特殊钢）。

合金钢按合金成份的含量分为低合金钢（含3.5%以下的合金成分），中合金钢（含3.5~1.0%合金成分），高合金钢（含10%以上的合金成分）。合金钢名称的编排法是按它们在钢中含量多少递减顺序排列起来，譬如：锰钢、硅钢、铬镍钢、镍铬钒钢等。

钢按其所具有特性，可分为不锈钢、高速切削钢、耐热钢、磁钢等。

钢按其用途，可分为结构钢、工具钢、特殊钢等。

钢按其获得方法，分为电炉钢、平炉钢、转炉钢。

钢按其冶炼过程中脱氧情况分为镇静钢（全脱氧）、半镇静钢、沸腾钢（不完全脱氧的钢）。

二、我国钢的牌号

~1.2

毛主席教导说：“打破洋框框，走自己工业发展道路”，我国钢种发展正是遵照这一指示进行的。

1、我国钢的命名编号原则

化学元素按国际化学符号表示。

产品用途、冶炼方法和浇注方法，采取汉字或汉语拼音字母表示（下表）。

名称	简称	代表字母	名称	简称	代表字母
平炉	平	P	电器工业用硅钢	电	D
酸性侧吹转炉	酸	S	电器工业用纯铁	电铁	DT
碱性侧吹转炉	碱	J	易切削钢	易	Y
顶吹转炉	顶	D	磁钢	磁	C
沸腾钢	沸	F	碳素工具钢	碳	T
半镇静钢	半	b	焊条用钢	焊	H
滚珠轴承用钢	滚	G	甲类钢	甲	A
高级优质钢	高	A	乙类钢	乙	B
特级	特	E	特类钢	特	O
船用钢	船	C	铆螺钢	铆螺	ML
桥梁钢	桥	q	高频率(电工硅钢用)	高	G
锅炉钢	锅	g	弱磁场(电工硅钢用)	弱	R
钢轨	轨	U	中磁场(电工硅钢用)	中	H
			地质钻探钢管用钢	地质	D2

①普通碳素钢

普通碳素钢分甲类钢（保证机械性能）、乙类钢（保证化学成分）和特类钢（保证机械性能及化学成分）三类，采用上表规定的甲、乙、特或A、B、G符号和0、1、2、3（含碳量）等顺序号表示。

例如：“甲1”或“A1”为甲类平炉1号钢（平炉钢一般不标注）。

“特酸3”或“CS3”为特类酸性转炉3号钢。

“甲3桥”或“A3q”为桥樑用甲类3号钢。

沸腾钢、半镇静钢分别在钢号末尾加注“沸”或“F”、“半”或“b”，镇静钢则不标注。

②优质碳素钢

优质碳素钢以平均含碳量的万分之几表示。对含锰量较高的钢，应将锰元素标出。例如，

“10半”或“10b”，平均含碳量为0.01%的半镇静钢。

“50锰”或“50Mn”，平均含碳量为0.5%，含锰量为0.7~1.00%的镇静钢。

③碳素工具钢

用“碳”或“T”代表碳素工具钢，随后以一位或两位数字表示钢平均含碳量的千分之几。含锰量较高的钢，应将锰元素标出，高级优质钢标注“高”或“A”。例如，

“碳10”或“T10”平均含碳量为1.00%的碳素工具钢。

④易切结构钢

“易40锰”或“Y40Mn”，平均含碳量为0.40%，含锰量较高（1.20~1.55%）的易切结构钢。

⑤低合金高强度钢、合金结构钢

钢号的前两位数字表示钢中平均含碳量的万分之几。随后以中文名称或元素符号标出钢中所含各主要合金元素，之后为表示合金元素含量的数字。

~1.4~

$\frac{7.0}{1000}$

合金元素平均含量小于1.5%时，仅标注元素，一般不表明含量；合金元素平均含量大于1.5%、2.5%、3.5%……23.5%……时，相应地标成2、3、4、……24……；当两个钢种的化学成分除某一主要合金元素外都基本相同，而主要合金元素的平均含量又都小于1.50%时，为了区别这两个钢种，则在该主要合金元素含量较高的钢种钢号中的元素后面加注“1”字。

例如，“20锰2硼”或“20Mn2B”，平均含碳量为0.20%含锰量为1.3~1.7%，硼含量为0.001~0.005%的合金结构钢。

“12铬钼钒”或“12CrMoV”和“1.2铬1钼钒”或“12Cr1MoV”。此两钢号的区别在于铬元素含量，12CrMoV铬的含量为0.2~0.6%，12Cr1MoV的铬含量为0.9~1.2%。

“16锰”或“16Mn”为含碳0.12~0.20%，含锰1.20~1.60%的低合金高强度钢。

$\frac{0.6}{1000}$

⑥合金工具钢、高速工具钢

钢号开始的数字表示钢的平均含碳量的千分之几，当平均含碳量等于或小于0.1%时，则钢号开始的数字可以省去。合金工具钢中铬含量低时，用铬含量千分之几的一位数字并在其前加以“0”字标在“铬”的后面。对于高速工具钢，钢号中开始表示平均含碳量的数字一般都省去。例如：

“9锰2钒”或“9Mn2V”，平均含碳量为0.9%，含锰量为1.7~2.0%，含钒量为1.0~0.25%的合金工具钢。

“铬06”或“Cr 06”，平均含铬量为0.60%的合金工具钢。

~ 1.5 ~

$\frac{2.0 \text{ 45}}{1000}$

“钨18铬4钒”或“W18Cr4V”为高速工具钢。

⑦弹簧钢

碳素弹簧钢的编号基本上与优质碳素钢相同，合金弹簧钢的编号基本上与合金工具钢相同，例如：

“85”平均含碳量为8.5%的碳素弹簧钢。

“55硅2锰”或“55Si2Mn”平均含碳量为0.5%、含硅量为1.50~2.00%、含锰量0.60~0.90%的弹簧钢。

⑧铬滚动轴承钢

与合金工具钢基本相同，钢的含碳量不标注，铬含量以千分之几表示，并在钢号前冠以“滚铬”或“GCr”，例如：

“滚铬6”或“GCr6”，含碳量为1.05~1.15%，平均含铬量为0.6%的铬滚动轴承钢。

⑨不锈钢

与合金工具钢基本相同，钢号开始表示平均含碳量的数字一般可省去，当含碳量较高时以千分之几表示，例如：

“2铬13”或“2Cr13”，含碳量在0.16~0.24%，含铬量为12.0~14.0%的不锈钢。

⑩硅钢（硅钢片）

钢号是“电11”（或D11），“电42”（或D42），电高41（或DG41），电弱42（或DR42），电中42（或DH42），电310（或D310），电3100（或D3100）等。

电（或D）代表电工用钢，“高”“弱”“中”（G、R、H）表示检验钢板的磁场条件，第一位数字（1、2、3、4）表示~1.6~

含硅量(如2表示平均含硅量2%),第二位数字(1、2、3、4)——保证的钢板电磁性能。在同一含硅量等级,同一检验磁场条件下,第二位数字愈大,所表示钢板电磁性能就愈好。第三位和第四位数字(0.00)表示:

0——晶粒取向的冷轧钢板,00——晶粒取向度小的冷轧钢板。

2、我国新钢种的发展

在毛主席无产阶级革命路线指引下,我国广大革命工人、革命干部和革命技术人员坚持“独立自主,自力更生”、“艰苦奋斗”奋发图强走自己工业发展的道路,在不长的时间内创制了一大批新钢种,特别是经过无产阶级文化大革命,粉碎了刘少奇一类骗子的反革命修正主义路线,使我国新钢种的发展更加生气勃勃,我国的低合金钢的发展已达到了世界上的先进水平,为了适应我国镍铬资源少的情况,逐步地形成了一个立足于我国资源的新合金钢系统。如试制成功无铬轴承钢——滚珠锰钒(或加稀土), $GSiMnV$, $GSiMnVR$,滚珠锰钼钒(或加稀土), $GSiMnMoV$, $GSiMnMoVR$,滚珠钼钒(或加稀土) $GMnMoV$, $GMnMoVR$ 等,其主要物理、机械性能或工艺性能均优于铬轴承钢,其寿命已超过了铬轴承钢,并超过了所谓世界“王牌”——瑞典SKF轴承的水平,我国还创制了一大批合金结构钢新钢种,其特点是以硅、锰、钼、钒等元素实现合金化。这些合金元素在我国资源极其丰富。这些合金结构钢新钢种的基本性能达到或超过了铬镍钢水平,并已能代替大部分铬、镍结构钢。如低合金结构钢 $20SiMnVB$ 可以用来制造承受负荷较大、高强度及耐磨性好的大型零件,其性能优于 $18CrMnTi$,完全可以

代替它。

随着我国钢铁工业的发展，在毛主席无产阶级革命路线的指引下，在建立我国自己的新合金钢系统必然会获得更辉煌的成就。正如毛主席教导我们的，“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。”

三、钢的性能检验

毛主席教导我们，“我们的钢都是要顶用的。……”“任何质量都表现为一定的数量，没有数量也就没有质量。”钢的性能检验就是要保证钢材的质量。

国家标准和部颁标准中对钢材质量的要求有明确规定，其中包括机械性能，物理化学性能，工艺性能，表面质量，几何尺寸及其公差、化学成分以及金属组织等。钢的性能检验按国家标准规定来进行。不同钢材规定有不同的要求，这是由于使用条件不同。如有的机件要求在拉伸时不致破裂，有的要求在受到冲击时不致破损，有的要受压时不坏，有的则要抗振、耐磨、抗腐蚀等。甚至在很多情况下要求同时具备多种性能。这里着重介绍机械性能、工艺性能、金相组织检验。

1、机械性能

机械性能是指金属的强度、变形性和韧性等性质，机械性能用硬度、拉伸、冲击等试验来决定。

热
2

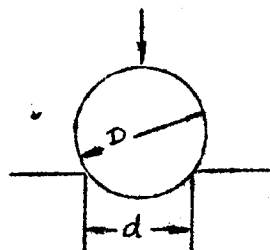
①硬度——金属抵抗外来物压入的能力叫做硬度，硬度的测定有很多种方法，其中钢球压力法是测定硬度的通用方法。测量硬度时以一定的压力和一定大小的钢球压入试样，金属受钢球所压的地方产生了凹痕，根据凹痕直径，可以算出金属硬度值，金属上凹痕

~1.8~

直径 (d) 越大, 它的硬度就越低 (右图)。

表示硬度的符号为 HB (称布氏硬度),

HR_c (称洛氏硬度)。



下表为硬度数的比较

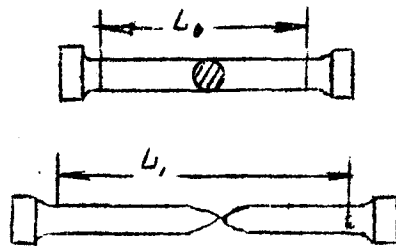
布氏试验法凹痕直径, 毫米 (钢球直径 D 为 10 毫米, 负荷 P 为 3000 公斤)	布氏洛氏方法硬度数	
	布氏 HB	洛氏 HR _c
5.00	143	-
4.90	149	-
4.80	156	-
4.70	163	2
4.60	170	4
4.50	179	7
4.40	187	9
4.30	197	12
4.20	207	14
4.10	217	17
4.0	229	20
3.90	241	23
3.80	255	25
3.70	269	27
3.60	285	29
3.50	302	31
3.49	321	33
3.30	341	36
3.20	363	39
3.10	388	41
3.0	415	43
2.90	444	46
2.80	477	49
2.70	514	52
2.60	555	56
2.50	600	60
2.40	653	64
2.35	682	66
2.30	712	68
2.25	745	70
2.20	780	72
2.10	857	-
2.00	946	-

根据布氏硬度可以利用很多经验公式近似地确定极限强度，对于碳钢可用： $\sigma_b \approx 0.36HB$ 公斤/毫米²。

②强度——金属受外力作用时具有一种阻止破坏的能力，这种性能叫做强度。要用一个式子来表达，强度是指单位横断面积上（1毫米²），材料所能承受最大外力的数值（公斤），单位为公斤/毫米²。

检验强度是把两端较粗的特制试样夹紧在拉伸试验机上，在静负荷下进行拉伸（见图）。

试样上原来的标点距为 L_0 ，受拉后伸长到 L_1 ，其长度增长量就是延伸率，



$$\delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

在试样破裂处横断面要缩小，其缩小量是断面收缩率，

$$\psi = \frac{F_0 - F}{F} \times 100\%$$

式中 F_0 —— 原断面积，毫米²；

F —— 破裂处之断面积，毫米²。

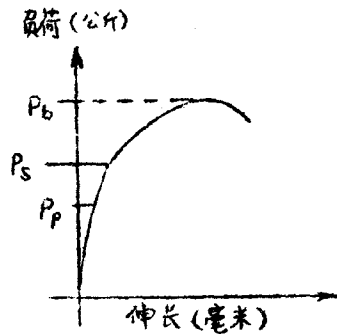
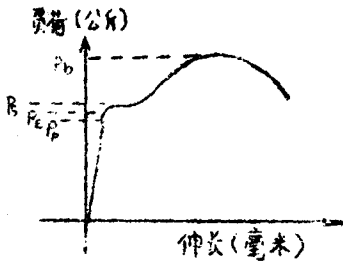
δ 和 ψ 标志材料的塑性性质，其值愈大则材料破坏后的残余变形也愈大。当 $\delta > 5\%$ 为塑性材料（如碳素钢和合金钢）； $\delta < 5\%$ 为脆性材料（如铸铁等）。

表示强度特性的，有极限强度（最大强度）、比例极限强度、弹性极限强度、屈服强度等。这些强度可在拉伸试验机上获得（见图），它们的计算方法可按下面几个公式

$$\text{比例极限强度 } \sigma_p = \frac{\text{比例极限点所受的拉力}}{\text{试样原来的断面积}} = \frac{P_p}{F_0}$$

$$\mu = 1 = 5\%$$

$$\mu = 1.05$$



①有屈服点的拉伸图

②没有屈服点的拉伸图

此点以前伸长和负荷成正比，故称比例极限点。

$$\text{弹簧极限强度 } \sigma_e = \frac{\text{弹性极限点所受的拉力 } P_e}{\text{试样原来的断面积 } F_0}$$

如应力不超过弹性极限，撤力后棒可恢复原长，故称弹性极限点。

$$\text{屈服点强度 } \sigma_s = \frac{\text{屈服点所受的拉力 } P_s}{\text{试样原来的断面积 } F_0}$$

屈服点表示材料开始屈服，即此点后变形很快而负荷不再增长。

$$\text{极限强度 } \sigma_b = \frac{\text{断裂前所受的最大拉力 } P_b}{\text{试样原来的断面积 } F_0}$$

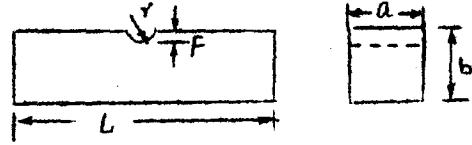
知道金属材料的极限强度和屈服点强度，是有很重要的实际意义。因为另件不能在极限强度以上使用，也不能在屈服点强度以上使用，由此我们便可以根据受力大小，计算出另件所需的尺寸；或者用现有另件的尺寸校对它是否安全。

3、冲击韧性

上面讲的强度和硬度是属于静力试验，但有好多钢材是在冲击力的作用下工作的，即动载荷的作用，从而冲击韧性是金属材料在动载荷作用下而不致破坏的能力。在动载荷下试验钢的韧性是在带凹口（

四口距两边等长)的试样上进行的,其试样如下图所示。

试验是在摆锤冲击试验机上进行的。将试样缺口背向摆锤的冲击方向,用摆锤冲击把试样打断,算出打断所需的能

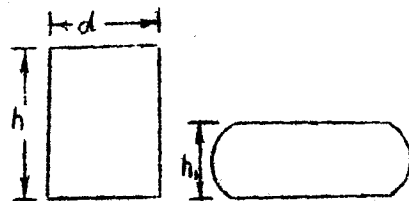


量来比较冲击韧性,当然需能量大的冲击韧性也大。冲击值以公斤·米/厘米²来表示。

2、工艺试验

有些钢材按国家标准规定要进行工艺试验,如弯曲、反复弯曲试验,用来确定金属在规定尺寸和形状下承受弯曲的能力。弯曲试验在冷状态下或在热状态下进行,试样在弯曲之后不应当有裂纹、裂口等。

为了检验金属在冷或热状态下承受规定程度的顶锻变形性能,并显示其缺陷要进行冷或热顶锻试验。顶锻(右图)由 h 压缩到 h_1 (d 、 h 、 h_1 按规定选取



顶锻试验图

),在试样上无裂纹、裂口、气泡等才认为合格。

有的钢种要进行塔形车削,检验钢中的发纹。

有的钢种要进行断口试验等等,这里不再赘述。

3、金相检验

目视检验——一般称为低倍组织检验,目视检验是用肉眼或放大倍数不多的放大镜来观察金属构造。目视检验主要检查钢的缺陷:气泡、缩孔、疏松、非金属夹杂物,发裂以及检查硫、磷偏析状况。