

前 言

本教材是为机械制造类冷加工各专业“金属材料及热处理”课程而编写的。

遵照伟大领袖毛主席关于“不破不立”的教导，在教材编写过程中开展了革命的大批判，总结了教学工作中的经验教训，特别是根据无产阶级文化大革命以后的教学实践的体会，看到旧教材中存在以下几个问题：

第一、旧教材“金属学及热处理”基本上沿袭了苏修同类教材的体系，可以说，它是“金属学，热处理工艺及设备”专业四门专业课（金属学、金属热处理、合金钢、有色金属及合金）的按比例浓缩，因而脱离了机械制造类冷加工各专业的实际需要。

第二、旧教材的思想体系基本上是从理论到实践，从抽象的概念到具体工艺，从微观到宏观来分析问题，只注意传授知识而忽视能力的培养，因之、完全颠倒了人们的认识规律。

第三、旧教材内容庞杂、繁琐、重点不突出，它不符“少而精”的原则和当前教育革命的需要。

第四、旧教材中很少反映我国金属材料及热处理生产的实际情况和先进技术。相反，却宣扬“洋奴哲学”，为洋人、死人标碑立传，为资产阶级垄断技术服务，灌输“知识私有”、“技术第一”，“天才论”等唯心主义的先验论。因此，旧教材必须改革。

我们遵照毛主席的“教材要彻底改革，有的首先删繁就简”的教导，对这些问题进行了一定的调查研究，进一步明确了本课程的目的、任务和內容，从工厂，研究单位及兄弟院校收集了资料；并进行了分析；在此基础上编写出新教材。首先，从机械制造类冷加工各专业的培养目标出发，学员学习本课程的目的使学员具备初步选用金属材料及热处理工艺的基础技术知识，重新编排了课程的体系和內容。大量压缩了“金属及合金的结构和结晶”，“塑性变形及再结晶”等方面內容，同时把一些基础內容结合材料来讲，把重点放在钢铁材料及热处理两方面，增加了机械零件用钢及热处理工艺的选用及机械零件的热处理工艺性等內容。正个課程內容共分七章；其中前六章讨论钢铁材料及热处理（第一章，金属材料概述；第二章，铁碳合金；第三章，钢的热处理；第四章，钢铁材料的加工强化及热处理；第五章，机械制造用钢；第六章，铸铁），最后一章是讨论有色金属及其合金。

其次，根据“从个别到一般，从具体到抽象，由感性到理性的认识规律，联系生产实际，用具体钢种和热处理工艺进行现厂教学或实验教学，使学员获得与本课有关的必然性认识。

然后阐述金属材料及热处理中的基本概念和原理，使学员能从感性认识发展到认识，再安排一些结合实际问题的讨论，引导学员把已学过概念和原理在生产实际便加深对一些重要內容的理解。

第三、在課程內容方面；与旧教材相比，前五章变化较大；而第六章、材的基础上进行了一些删繁就简的工作。

此外，本着自立更生的精神，对教材中大部分金相照片进行了更新。

在使用教材当中，考虑到下边几个情况：

1. 第一章，金属材料概述内容可以组织参观或现场教学来进行，机械性能方向的内容可根据学员情况酌情处理。第三章与第四章中有一些内容是属于新工艺的介绍，这部分可以少讲或不讲。有些内容如发兰，磷化等只做参考。

2. 第五章中的内容应根据不同专业特点来进行选择，有的内容可以引导学员自学，不宜全讲。

有关本课程的实验教学，课堂讨论及作业等应另编写辅助性教材。

最后，由于我们对教育革命理解不深，对毛主席著作学习的不好，再加上缺乏生产、实践锻炼，调查研究不够全面和能力限制，因此，教材中一定存在不少缺点和错误，欢迎广大工农兵学员和同志们提出批评指正。

清华大学机械系“金属材料及热处理”教材编写小组
北京工业大学机械系

1973.7.

目 录

第一章 钢铁材料概述	(1)
一、钢的分类	(2)
二、钢的编号	(6)
三、钢的生产	(10)
四、钢的机械性能指标及测定方法	(18)
第二章 铁碳合金	(20)
一、纯铁的性能与其内部构造	(20)
二、纯铁的结晶及其影响因素	(24)
三、纯铁的晶体构造及其同素异构转变。	(26)
四、铁与碳的作用	(28)
五、铁碳合金状态图	(44)
第三章 钢的热处理	(45)
一、钢的热处理基础	(45)
二、钢的退火及正火	(59)
三、钢的淬火及回火	(65)
四、钢的表面热处理	(80)
第四章 钢铁材料的加工强化	(100)
一、塑性变形与加工强化	(100)
二、金属塑性变形后在加热时组织与性能的变化	(102)
三、钢的热加工	(104)
四、形变热处理	(106)
第五章 机械制造用钢	(109)
一、概述	(109)
二、普通结构钢	(112)
三、优质结构钢	(120)
四、工具钢	(134)
五、耐热、不锈钢	(148)
六、机械零件用钢及其热处理	(149)
第六章 铸铁	(209)

三、生产中常用铸铁.....	(215)
四、铸铁的热处理.....	(220)
第七章 有色金属.....	(223)
一、铝及铝合金.....	(223)
二、铜及铜合金.....	(229)
三、轴承合金.....	(233)

第一章 钢铁材料概述

内容提要：

我们今后主要是搞机械设计与制造工艺的技术人员，是离不开金属材料的，主要是应用金属材料，因此对金属材料中常用的“钢”就要有一定的了解，包括它的分类情况，生产方法以及衡量它的性能指标的方法，这是因为我们使用金属材料着眼于它的性能，所以对性能指标的含义，测定方法以及常用钢的性能指标情况就需要有一个较好的了解，并为以后深入学习金属材料其他各章打下一个基础。本章具体内容：

- 一、钢的分类
- 二、钢的编号
- 三、钢的生产
- 四、钢的机械性能指标的含义、测定方法以及常见钢的性能情况。

一、钢的分类

目前在机械工业中应用最多的金属材料是钢，实际上由于各种不同的机器零件的工作状况不同，这就要求有不同的钢材来满足使用的要求，为了便于选用钢材，就需要对上千种钢材进行科学分类，可以看出分类不是目的，分类是为了更好的管理，更好的应用。常用的分类方法有几种，现简介如下：

1. 按化学成分；可以分成碳素钢及合金钢，

1) 碳素钢：钢中除铁外主要只含有碳、硅、锰、硫、磷等几种元素，其中碳是决定钢的性能的主要元素，其他元素是属于杂质，是在炼钢过程中带入钢中的，根据使用情况，对它都有一定限制。

2) 合金钢：钢中除含有碳素钢所含有的各种元素外，还含有其他一些元素，这些元素的加入是为了改善钢的某些性能，生产中经常加入的元素有：锰、硅、钒、钛、铬、镍、硼、钨、钼等，就形成了锰钢，硅钢、硅锰钢、硼钢、铬钢、铬镍钢等。

2. 按钢中碳的含量；可以分为低、中、高。

1) 低碳钢：含炭量在 0.25% 以下的钢，称为低碳钢，他一般表现出高的塑性，优良的焊接性能，有一定的强度，因之它经常制成板材供生产冲压件用以及线材。

2) 中碳钢：含炭量在 0.25~0.60% 之间的钢材，这些钢由于炭量增高了它的强度所以相应地提高了，表现出有较好的强度和一定的塑性，适合制造各种机器零件，如：轴、齿轮连杆、螺栓等。

3) 高碳钢：含炭量在 0.60% 以上的铁炭合金，这种钢表现出高的硬度、强度、耐磨性、有一定的韧性，经常用来制造各种工具，如：钢锉、锯条、刀具，模具，一些易磨损件等。

3. 按杂质的含量：相应的分为普通钢，优质钢、高级优质钢。

1) 普通钢：钢中含硫量不超过 0.055%~0.065%，含磷量不超过 0.045~0.085%。这些钢多用于对性能要求不高的地方，如：建筑方面的工字钢，槽钢，角钢，板材等，以及受力不大的另件，如：螺帽等。

2) 优质钢：钢的硫含量小于 0.03~0.045%，含磷量小于 0.035~0.040%，性能较高，一般用来制造各种重要的零件，如：齿轮、轴类、螺栓、连杆等。

3) 高级优质钢：钢中含硫量不超过 0.020~0.030%，含磷量不超过 0.027~0.035%，这种钢质量纯、性能好、常用来制造刀具、重要轴、连杆等。

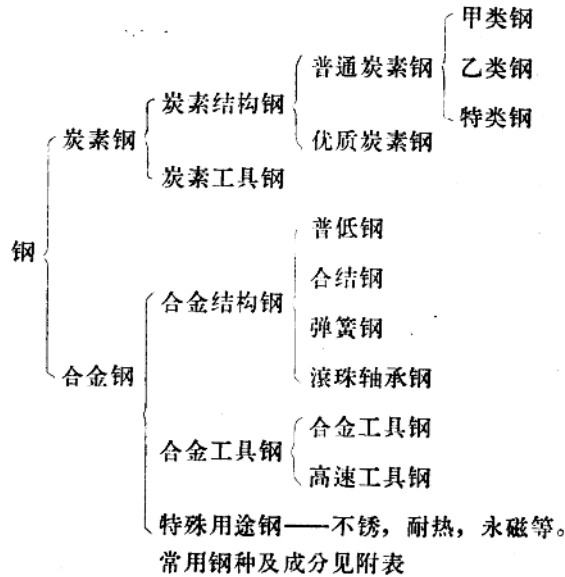
4. 按用途：

1) 结构钢：一般是用在建筑结构，机器零件和配件等。

2) 工具钢：一般是指用来制造各种工具的钢、如：刀具，量具，模具，钳工用的锉刀、锯条等。

3) 特殊用途钢：一般指作特殊用途的，如：医生做手术用的工具、在酸中工作的零件；高温下工作的零件，电力工业中铁芯、仪表中的弹性元件等。

除此之外，还可以炼钢方法，脱氧程度来分类，考虑到今后用的不多，就不去细谈了，实际生产中往往把几种分类方法综合起来用，这样就形成了所谓综合法，具体如下：



二、钢的编号：

钢的品种很多，为了在设计 and 生产时不致造成混乱，便于管理，必须对不同品种的钢材进行命名和编号。我国钢材的编号法，能够简明地表达钢材的类型、碳及主要合金元素的含量，钢的质量和大致用途。

1. 碳素钢的编号

1) 普通炭素钢：又分为甲乙两类

常用钢的牌号、成分及其大致用途

附表

钢号	化 学 成 分 (%)							其 他	大 致 用 途
	C	Si	Mn	S	P	Cr			
A3									普通碳钢(甲类)按性能供应热轧状态交货一般不处理,主要用于建筑
20	0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	<0.04	<0.04	<0.25			小轴、套筒、摩擦片等
45	0.42~0.50	0.17~0.37	0.45~0.70	<0.04	<0.04	<0.25			齿轮、主轴等
T8	0.75~0.84	0.15~0.35	0.2~0.4	<0.03	<0.035				用于硬度要求高,并有一定韧性的工具,如凿子
T12	1.15~1.24	0.15~0.35	0.15~0.35	<0.03	<0.035				耐磨要求高的工具和刃具如锉刀,丝锥,板牙等
20Cr	0.17~0.24	0.15~0.35	0.5~0.8	<0.04	<0.04	0.7~1.0			机床齿轮,汽车与拖拉机上活塞销
20MnB	0.17~0.24		1.10~1.40	<0.04	<0.04		0.001~0.005B		同上
20CrMnTi	0.17~0.24		0.8~1.1	<0.04	<0.04	1.0~1.3	0.06~0.12Ti		汽车、拖拉机中各种齿轮
40Cr	0.37~0.45	0.17~0.37	0.5~0.8	<0.04	<0.04	0.8~1.10			重要轴类零件及齿轮
42MnB	0.37~0.44	0.17~0.37	1.10~1.40	<0.04	<0.04		0.001~0.005B		同上
65Mn	0.62~0.70	0.17~0.37	0.90~1.20	<0.045	<0.04				摩擦片簧片
60Si ₂ Mn	0.57~0.65	1.50~2.00	0.60~0.90	<0.045	<0.04				汽车板簧
GCr15	0.95~1.05	0.15~0.35	0.20~0.40	<0.02	<0.027	1.3~1.65			滚珠轴承,精密丝杠
W18Cr ₄ V	0.70~0.80	<0.40	<0.40	<0.03	<0.03	3.8~4.4	17.5~19.0W 1.1~1.4V		各种高速切削刀具

注:考虑到先用简单介绍

甲类钢：按机械性能供应，这种钢不再经过冷或热压力加工，一般直接用来制造另件。钢号中“*A*”即表示甲类普通碳素钢。如“*A₃*”。后面的数字为序号，并不直接代表钢中的含炭量。钢号越大，钢材的强度越高。

乙类钢：按化学成分供应，这种钢常冷拉或热压力加工后制造另件。钢号中以“*B*”表示乙类普通碳素结构钢，如“*B₃*”。后面的数字仍然表示序号，序号越大钢中含炭量越高。

2) 优质碳素钢

优质碳素钢所含杂质较普通碳钢少($S \leq 0.045\%$ $P \leq 0.040\%$)，含炭量的波动范围限制也比较严格，所以它的性能优良且均匀，故称优质碳素钢。

优质碳素钢的牌号用二位数字表示，这二位数字表示钢中平均含碳量的万分之几(即0.01%)，如45钢表示钢中平均含炭量为0.45%。

3) 碳素工具钢

碳素工具钢的牌号用“*T*”或“*T*”表示，其后的数字表示钢中平均含碳量的千分之几(即0.1%)。如“*T8*”(或“*T8*”)表示平均含碳量为0.8%的碳素工具钢。对于性能要求很高的工具，其杂质含量限制更严格($S \leq 0.020\%$; $P \leq 0.030\%$)，在牌号的最后加“高”(或“*A*”)字，如“*T8高*”(或“*T8A*”)。

2. 合金钢的编号

1) 合金结构钢：其编号以三部分组成“数字+化学元素+数字”。前面数字表示钢的平均含碳量，表达的方法和碳素结构钢相同；合金元素，以汉字或国际化学元素符号表示，其后的数字表示该元素的含量，以合金元素含量的百分数(即1%)表示。合金元素平均含量为1%时，可以从略不标出数字。若为高级优质钢则在牌号的最后加“高”(或“*A*”)。下面举实例说明合金结构钢的编号方法。

$20Mn2TiB$ ：读作20锰2钛硼；钢中含碳量为0.20%；平均含锰量为2%；一般钢中钛量均较少(0.06~0.12%*Ti*)，钢中含硼一般均为微量(0.01~0.005%)。

$38CrMoAlA$ 读作38铬钼铝高。平均含炭量为0.38%，合金元素含量大致为：*Cr* 1.5%；*Mo* < 1%，*Al* < 1.5%，字母“*A*”表示高级优质钢。

2) 合金工具钢：其编号原则与合金结构钢大体相同，只是表示含炭量的数字是以0.1%为单位的，如9*SiCr*，最前面的“9”表示平均含炭量为0.9%。硅和铬的平均含量均为1%。

当合金工具钢中的平均含炭量等于或大于1%时，钢号中含碳量的数值可不予标出。如*CrWMn*前面没有标出含炭量的数值，这就表示该钢中含碳量在1%左右(0.95~1.05)。

3) 滚珠轴承钢：滚珠轴承钢属专用钢，在其牌号最前面冠以“滚”(或“*G*”)字，平均含炭量为1%不予标出，钢中铬含量是以0.1%为单位标注的，必须注意，这一点与其它钢种是不相同的，但滚珠轴承钢中的其它合金元素仍按百分数标出如*GCr 15SiMn*；其含碳量为0.95~1.05%；含铬量为1.30~1.65%；含硅量为0.40~0.65%；含锰量为0.90~1.2%。

4) 特殊钢：包括不锈钢、耐热钢，电力工业用硅钢及永磁钢等，现仅介绍不锈钢及耐热钢的编号原则，与合金工具钢的编号原则大体相同。

如：不锈钢 $0Cr13$, $Cr17$, $1Cr18Ni9Ti$ 等，耐热钢 $4Cr14Ni14W_2Mo$ 。

应该说明两点：(1)表示含碳量的数值为另时，只说明钢中含碳极少，如 $0Cr13$ 钢中的碳量为 $< 0.08\%$ ；(2)；含碳量的数值不予标出，并不说明该钢的平均含碳量为 1% ，这种情况下钢中含炭量一般都 $\leq 0.15\%$ ，如 $Cr17$ 含碳量小于 0.12% 。

3. 钢的编号原则，归纳如下；（不适用于普通碳素钢）

1) 用汉字式国际化学符号表示化学元素。表 1—1 列出钢号中常用化学元素符号

表 1—1 钢中常用化学元素符号

元素名称	国际化学符号	元素名称	国际化学符号
铁	<i>Fe</i>	铬	<i>Cr</i>
锰	<i>Mn</i>	镍	<i>Ni</i>
硅	<i>Si</i>	硼	<i>B</i>
钼	<i>Mo</i>	铝	<i>Al</i>
钒	<i>V</i>	铜	<i>Cu</i>
钛	<i>Ti</i>	碳	<i>C</i>
钨	<i>W</i>	硫	<i>S</i>
钴	<i>Co</i>	磷	<i>P</i>
铌	<i>Nb</i>	氮	<i>N</i>

2) 用汉字或汉语拼音字母表示钢材的用途，冶炼方法与质量等需要注明的事项。表 1—2 列举了几个常用汉语拼音字母

表 1—2

符号	汉字	汉语拼音	代表钢种	应用举例	备注
<i>T</i>	碳	<i>Tan</i>	碳素工具钢	<i>T10</i>	标在钢号最前面
<i>G</i>	滚	<i>Gun</i>	滚珠轴承钢	<i>GSiMnV</i>	标在钢号最前面
<i>A</i>	高	—	高级优质钢	<i>T10A</i>	标在钢号最后面
<i>F</i>	沸	<i>Fei</i>	沸腾钢	<i>O8F</i>	标在钢号最后面
<i>Y</i>	易	<i>Yi</i>	易切削钢	<i>Y12</i>	标在钢号最前面

注：沸腾钢是冶炼时脱氧不完全，浇注时有大量 CO 析出，于是产生沸腾现象，使钢锭中含有气泡。

3) 用数字表示碳及合金元素含量

表示含碳量的数字，写在钢号最前面（有些合金工具钢含炭量在 1% 以上时，可以从略，不标出数值。）

表示合金元素的数字写在相应的元素符号后面，合金元素平均含量为 1% 时，可以从略不标出数值。

不同类别的钢材，钢号中的数值标注方法不同。结构钢的含 C 量按万分之一（即 0.01% ）标出。

工具钢和特殊钢的含炭量按千分之一(即 0.1%)标出。

合金元素含量按百分之一(即 1%)标出。

三、钢铁的生产

钢铁是制造各种机器零件和部件的主要材料，是机械工业的基础，因之发展钢铁工业、对于“备战、备荒、为人民、实现工业化、农业机械化 and 国防现代化，具有极其重要意义。

钢铁的生产，包括从矿石炼成生铁，再用生铁炼成钢，经铸、锻后成材，其生产流程如图 1-1 所示：

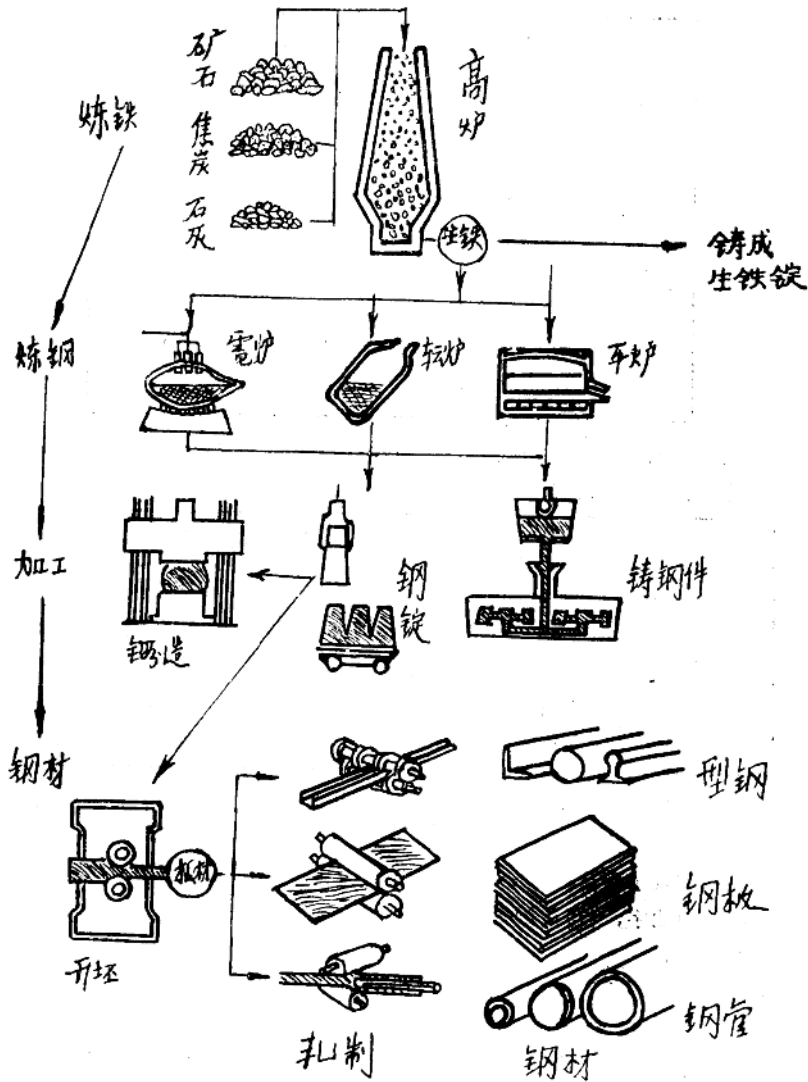


图 1-1 钢材生产流程图

在自然界中，由于铁易与氧化合成为氧化物一般把它称为铁矿石，常见的有赤铁矿石，其外表紫红色，因之得名，其化学组成为三氧化二铁，即 Fe_2O_3 。还有磁铁矿石，表现出铁磁性，因之得名，其化学组成为四氧化三铁，即 Fe_3O_4 ，由此可见，要发展钢铁工业必需首先发展矿山探掘工业，这是客观规律，刘少奇为了复辟资本主义，破坏我国的钢铁工业发展，疯狂反对伟大领袖毛主席所提出“工业以钢为纲，农业以粮为纲”的伟大指示，千方百计地破坏矿山建设、大搞“无米之炊”，给我国钢铁工业的发展带来了一些问题，经过无产阶级文化大革命，彻底清除了刘少奇一条反革命修正主义路线，给钢铁工业的大发展扫清了障碍，这是毛主席革命路线的伟大胜利。

1. 高炉炼铁

炼铁过程的实质是把铁的氧化物用一氧化碳还原成铁的过程，所以说是还原过程，为此将铁矿石与焦炭混合装入高炉中、高炉是一座加耐火砖衬的铁塔，依靠燃烧焦炭炼制生铁。具体高炉的结构与工作情況见图 1-2。

炉料从炉顶落进高炉后，经布料器至炉中，焦炭燃烧后放出热量逐步使炉料加热至 $1600 \sim 1700^\circ C$ ，当焦炭燃烧时，其中一部分炭与空气中的氧化合成一氧化碳，一氧化碳使铁矿石还原成铁本身形成二氧化碳，铁在高温下形成铁水，滴入炉底。矿石中杂质，如：硫通过与炉料中的石灰石化合而除去。结果在高炉底部炉缸中得到一池铁水，大部分杂质进入炉渣并上浮于铁水表面，在炉缸的壁上有几个出铁口，用耐火粘土封闭。每隔几小时，打开一次出铁口，铁水就从炉缸内流出。在上边相应的有出渣口，在出铁之前打开放渣。

高炉里的铁水成分是比较复杂的。铁被还原后熔化为铁水，当它从炉料中流过赤热的焦炭滴入炉缸时，焦炭接近纯炭，所以就有炭溶入铁水中，故一般铁水中含炭是比较高的，经常在 $3.5 \sim 4.0\%$ 范围内。矿石中的杂质，二氧化硅 (SiO_2) 同时也被焦炭还原成硅溶入铁水中，故在铁水中经常含有 $1 \sim 3\%$ 的硅。含硅量多使铸铁的熔点下降，浇铸时流动性好，因之在铸造生铁中应含有较多的硅，矿石中的锰与硅相似也部分地进入铁水中，一般约为 $0.5 \sim 0.9\%$ ，矿石中有害杂质硫，大部分被石灰石化合成炉渣而被除去，但在铁水中仍有 $0.03 \sim 0.08\%$ ，同时杂质磷大部分进入铁水中一般含有 $0.5 \sim 1.6\%$ 。

从高炉炼出的铁水，或者装在一个大的铁水桶中送去炼钢，这种铁水的成分要符合炼钢生铁的要求，含硅量要低，磷的含量高一些，这需要在炼钢过程中进一步去除。或者浇注成生铁块，供机械制造工业经重溶后浇成铸件使用，这种生铁称为铸造生铁。含硅量可以高一些，便于铸造。常用生铁的化学成分见表 1-3。

表 1-3

成分 用途	C%	Si%	Mn%	P%	S%	余为Fe%
炼钢生铁	≈3.5	0.6~1.75	0.5~1.4	0.4~1.6	0.03~0.07	〃
铸造生铁	〃	1.25~3.75	〃	0.1~0.4	〃	〃

从表中可以看出，生铁中含杂质较多，性能差，主要表现出强度低、脆、但是易于熔化和铸造，故经常用在铸造成机座、床身、各种箱体，各种缸体等形状复杂的零件或部件。

如制造重要的机器零件需要把生铁冶炼成钢或在铸造时加入其他元素，考虑它内部组织结构来提高其性能，例如柴油机的曲轴就是由球墨铸铁制成，凸轮轴就有用合金铸铁制成的。

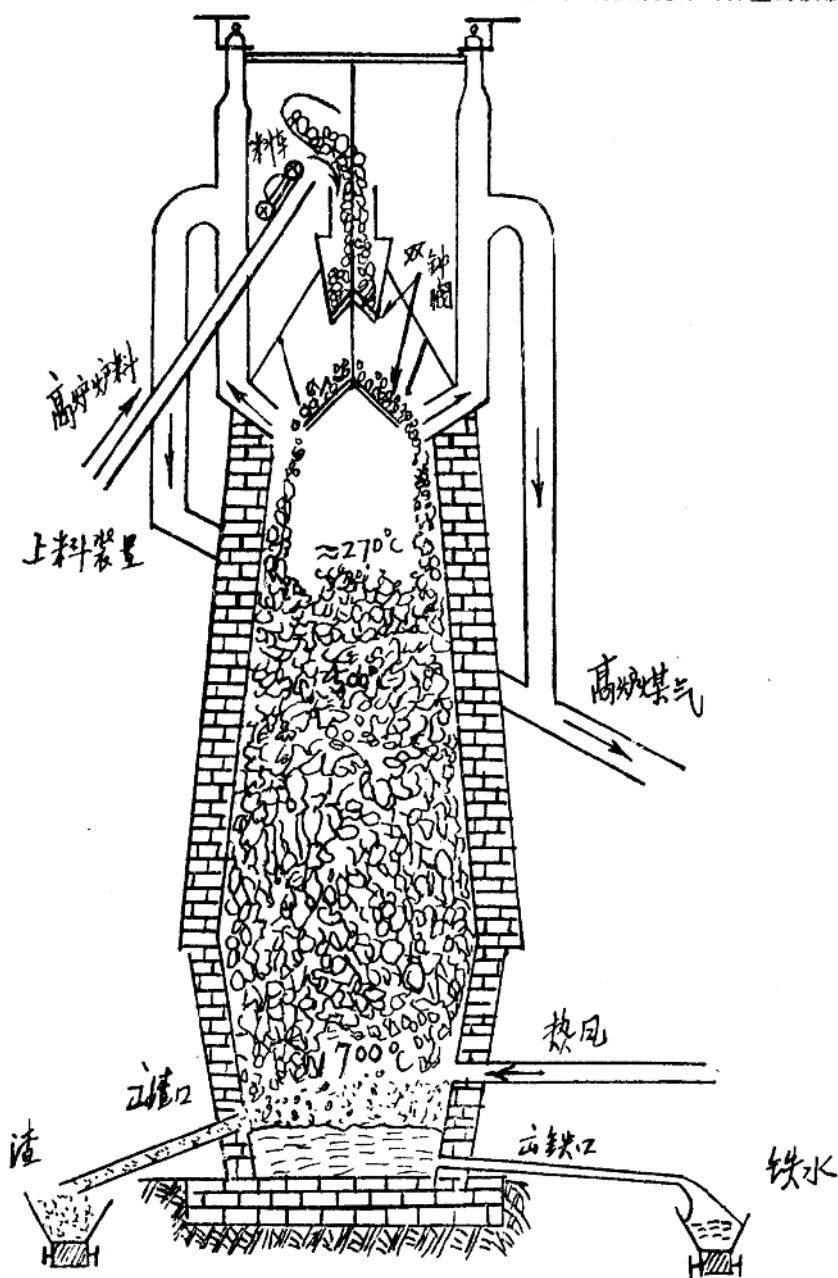


图 1-2 高炉结构及其工作情况

2. 炼钢

炼钢过程，就是将高炉铁水进一步除杂质降碳的精炼过程，从化学反应来看，主要是氧化。在这个精炼过程中，碳将按人们的意志来控制，并把有害杂质硫、磷减少到最低限度。目前在工业上应用的炼钢方法主要有转炉法，平炉法及电炉法，从发展来看转炉法特别是纯氧顶吹转炉炼钢法日益被应用，而代替部分平炉，所以下边将着重介绍转炉法与电炉法。

1) 纯氧顶吹转炉炼钢：转炉炼钢法效率高质量好，成本低、上马快，因之近年来应用很广，日本钢产量中，转炉钢占 70—75%，转炉的结构如图 1—3。转炉是一个大型钢罐，

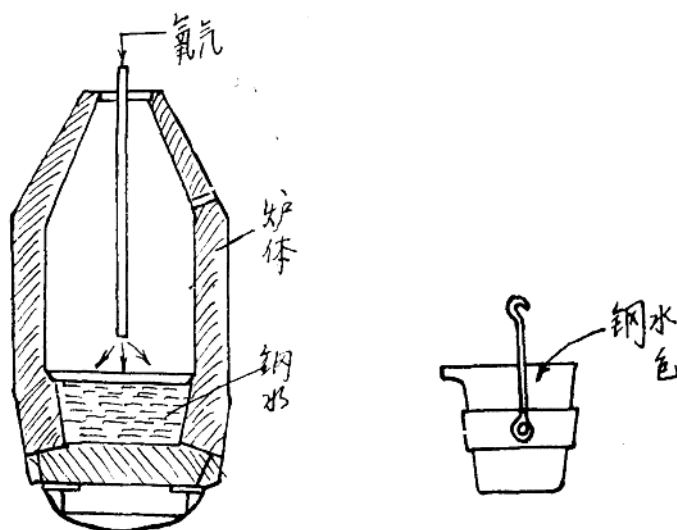


图 1—3 转炉结构

内壁是用耐火材料砌成，炉衬正个炉体放在一个可以转动的架上，以便装料或出钢用，目前最小转炉为 3 吨，最大的可到 200 吨。

在炼钢时除加入铁水外，还要加入废钢，以调正炉温，同时为了去杂而加入石灰石，为调正炉渣的粘度还要加入萤石 (CaF_2)。

纯氧一般从上部吹入，氧首先与锰、硅化合生成褐色氧化物烟雾而沸腾逸出，接着氧与铁水中的碳化合生成二氧化碳，并放出大量的热，从而进一步提高钢水的温度，这是转炉炼钢的主要过程，此时炉顶喷出亮白色火焰，并夹有许多火花，约 10 分钟火焰消失了，随之以后便放出浓密的褐色五氧化二磷，烟雾，这说明杂质磷被去除了，此时检查成分，待成分合格后，加入一定数量的碳与锰铁合金，去除在精炼当中所产生的氧化铁，是一个还原过程，有时加入到钢水包中。最后，侧倾转炉将钢液倒入包中，运走浇铸成钢锭或铸钢件，待冷却后脱模，送往轧钢厂开坯，轧成各种型材如：方钢、圆钢、板材、线材等。

转炉炼钢的特点是冶炼快，一炉只需要 30 分钟左右，因之产量高，质量还可以，目前平炉炼的钢种多数转炉都可以炼，电炉炼的钢种如：滚珠钢，不锈钢它也可以炼制，制造铸

刀的高速钢，制造汽轮机叶片材料的耐热钢目前多数还是用电炉冶炼，它更能满足高质量的要求。

2) 电炉炼钢：利用电弧热量炼钢的过程便称为电炉炼钢，由于电能调节方便，相应炉温可以得到精确控制，而且炉内没有燃料燃烧气体，更有利于精炼和去气，因之多数高级合金钢多数还是用电炉冶炼的，其结构图如图 1—4 所示：

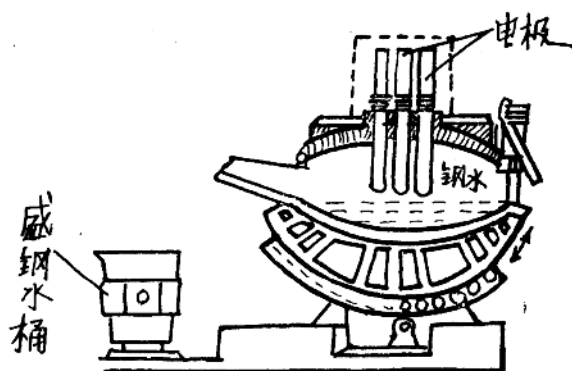


图 1—4 电炉结构

炉子容量最小的是数吨，有的是 500 公斤，最大的到数百吨，具体炼钢过程是由熔化期氧化期和还原期所组成，熔化期是把炉料全部溶化，造渣，氧化期是主要的，起着去杂拉炭的作用，方法是往炉内加矿石，吹氧，由于氧化期不仅把杂质氧化掉了，而且把铁也氧化一些，这是不希望，所以在氧化期終了，还要加入碳粉，硅铁，锰铁进行还原，因为它们与铁水中氧化铁起反应，把氧夺出来，使铁还原，这个过程称为还原期，同时调正钢水温度与钢的成分，待温度、成分达到要求后，便出钢。

电炉炼钢的特点是质量好，可以大量的利用废钢，缺点是电能消耗大，需要有大的变压器，因之目前它的成本高，随着电能供应的好转，电炉炼钢会日益被采用。

四、钢的机械性能指标及测定方法：

我们走到钢铁材料的料场或仓库，粗略一看，这些钢铁材料外表似乎都一样，但经过保管同志一介绍，才知到它们之间千变万化，有许多品种和型号，性能是不同的，这样才能满足制造不同零件的需要。譬如就拿拖拉机中发动机连杆来说吧，汽缸内柴油爆炸的动力是靠它传给曲轴，使曲轴产生旋转，这就要求连杆有较好强度，另外连杆是在活塞每一次压缩爆炸时才传递动力的，这个力是脉冲式的，为了防止它突然受力情况下断裂，这就要求材料有一定的韧性，另外在工作当中力的大小也是变化的，是属于疲劳性负荷，对这类零件目前生产中多用中碳钢来制造，并在锻造之后进行一次调质热处理，以提高其机械性能，满足使用要求。

另外象活塞销，是使活塞与连杆连接的零件，把活塞动力传给连杆，它表面与连杆小头轴衬有相对摩擦，同时承受冲击力，这就要求它表面要有高硬度， $HRc58\sim63$ ，优良的耐磨性，同时心部要有好的韧性，吸收冲击力，这种零件经常选用低碳钢，用化学热处理渗炭方

法来达到表硬心韧的要求，当然渗炭后要经过淬火与低温回火。从上边两个例子就可以看出，对不同要求的零件，要选用不同材料，同时给予相应的热处理配合，来达到零件最后的技术要求这样就需要冶金厂提供不同的品种和规格钢材以满足设计要求。

对钢材质量要求是多方面的，如：成分，杂质含量，均匀性，内部的组织结构，表面质量以及机械性能，其中对我们使用材料者最关心的是机械性能，在机械性能中最主要的是强度，塑性，冲击韧性、硬度和疲劳等，对有些材料要注意它的高温性能和耐蚀性，对其中常用的指标，如：强度，塑性，韧性，硬度，疲劳指标的含义及其测定方法分别讨论如下：教

1. 拉伸试验：

强度是材料能够承担负荷的能力，我们有这样的经验，一根结实的檀木杠棒，能够担得很重的东西而不拆断，如果换一个同样尺寸的松木杠棒，一抬重量就断了，这就说明檀木强度比松木好，钢材也是这样道理，不同牌号的钢材，其强度高下就不同。

在实验室中经常通过拉伸试验来测定材料的强度，同时还可以测定它的塑性，具体拉伸试验是在材料试验机上进行的，大家在材料力学课程中已经学过并做过实验，这里简单复习一下，起一个承上起下的作用。

拉伸试验的样品按国家标准来做，常用的为直径为10毫米，长100毫米，(标定长度)，一般在万能试验机上进行，利用试验机的记录装置可以得到某种材料的拉伸曲线，20* 钢的拉伸曲线见图 1—5。

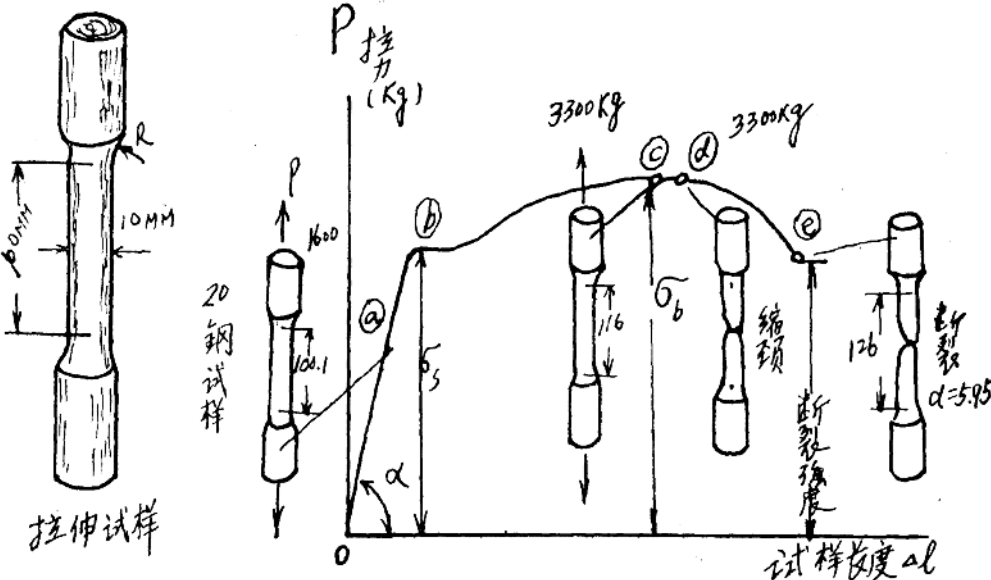


图 1—5 拉伸试样及拉伸曲线

图 1—5 是 20* 碳钢拉伸曲线，可以根据其曲线求出 20* 钢的主要机械性能指标。

1) 当外力 P 较小时，即拉伸曲线上第一段，即直线部分，这个阶段的特点是相对变

形量 ΔL 与外力 P 成正比变化, 并且当外力去除后试样又恢复到原来的长度, 即 ΔL 为零, 一般把这种变形称为弹性变形。

如图中 a 点, 是相当于外力 P 增大到 1600 公斤时, 而对应应在试样单位面积的应力则为:

$$\frac{1600}{3.14 \times 5^2} = \frac{1600}{78.5} = 20.4 \text{ 公斤/毫米}^2$$

试样伸长到 100.1 毫米, 其相对伸长量为:

$$\frac{100.1 - 100}{100} = \frac{0.1}{100} = 0.10\%$$

当外力 P 去除后, 试样仍恢复到原长度, 当超过 1600 公斤后则不保留这个特性, 我们把这个应力值称为这种材料的弹性极限, 常用 σ_p 表示之。

20* 钢的弹性模量 E , 就是 Oa 线与横座标夹角的正切值, 即为 $\text{tg}\alpha$, 其具体大小为:

$$E = \text{tg}\alpha = \frac{\sigma_p}{\Delta L} = \frac{20.4}{0.10} = 20400 \text{ 公斤/毫米}^2$$

它决定金属材料的尺寸稳定性, 即刚度, E 值愈大, 愈稳定, 即不易变形。

2) 当外力 P 增大, 变形增大, 超过 Oa 直线部分后, 此时试样变形较大, 不保持正比关系, 当外力增到 1960 公斤时, 发现外力 P 不再增加而试样继续伸长, 这个变形在外力去掉后仍不恢复, 即所谓永久变形, 对应的点相当图 1-5 上的 b 。

这个时候的应力值为:

$$\frac{1960}{\pi(5)^2} = \frac{1960}{78.50} = 25 \text{ 公斤/毫米}^2$$

把这个应力值称为 20* 钢的屈服点, 有时也称为流动极限, 用 σ_s 表示之, 它是反映材料抵抗微量塑性变形的抗力。是选材过程中经常要考虑到一个重要数据, 一般所说的许用应力就是把这个应力值再取一个安全系数, 如果许用应力以 σ_n 表示的话, 他们之间的关系如下:

$$\sigma_n = K \cdot \sigma_s$$

k 是安全系数小于 1, 具体多大要考虑到具体零件的结构, 材料及表面情况。

3) 超过屈服现象以后, 要使变形增大, 就需要再增加外力 P , 并发现增到 3300 公斤时拉伸曲线上出现一个极大点 C , 对应这个时候的应力值为:

$$\frac{3300}{78.50} = 42 \text{ 公斤/毫米}^2$$

称为 20* 的强度极限常用 σ_b 表示之。

一般把 σ_b 称为材料抵抗大塑性变形的抗力, 这是因为超过这个极限以后, 不增加外力, 变形继续加大, 并出现于试样的局部地区。这个应力值在选材时也要考虑到, 是比较重要的。

4) 当外力超过 σ_b 后, 试样就发生“细颈”, 如曲线上的 d 点, 由于出现“细颈”, 外力 P 开始下降, 一直到断裂为止, 所以金属在外力作用下的变形是由弹性变形, 塑性变形和断裂所组成, 在发生塑性变形即永久变形时仍有弹性变形, 这是一般规律。

当试样拉断以后，测量试样的长度为 126 毫米，其相对伸长量为：

$$\frac{126-100}{100}=26\%$$

称为 20# 钢的伸长率或延伸率，是反映材料塑性指标的重要数值。它越大表示材料塑性好，常用 δ 表示。

同样还可以用截面变化来表示即：

$$\frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\%$$

式中 F_0 为试样原始的截面积， F_1 试样断口的截面积，对 20# 钢来说，断口直径为 5.75 mm。

$$\frac{F_0 - F_1}{F_0} \times 100\% = \frac{78.50 - 35.34}{78.50} \times 100\% = 55\%$$

一般把这个截面变化率称为断面收缩率，常用 φ 表示之。

几种优质结构钢的机械性能，见表 1-4。

几种材料的强度指标和塑性指标

表 1-4

钢 号	强 度		塑 性	
	σ_s (kg/mm ²)	σ_b (kg/mm ²)	$\delta\%$	$\varphi\%$
08	20	33	33	60
20号钢	25	42	26	55
30 "	30	50	21	50
40 "	34	58	19	45
50 "	38	64	14	40
60 "	41	69	12	35
70 "	43	73	9	30
80 "	95	110	6	30

表 1-4 中的数据，除 80 号钢以外均为正火状态的数据，而 80 号钢为 820°C 油淬，480°C 回火后测得的，从表 1-4 可以看出，钢号愈大钢中含炭量增高，强度指标上升，而塑性指标则下降，这是为什么？这个问题将在以后几章中加以讨论，大家可以先考虑一下。

2. 冲击试验

工程上很多重要零件如齿轮，连杆，爪型离合器都是在冲击载荷下工作，这类零件的材料需要有足够的韧性，防止在冲击载荷作用下突然脆断，因之对材料要测定其冲击韧性，它是按冲断试样后单位面积上所吸收的功来表示，一般它经常在摆锤式冲击试验机上进行，图 1-6 是国产 JB30 型冲击试验机的工作图。