

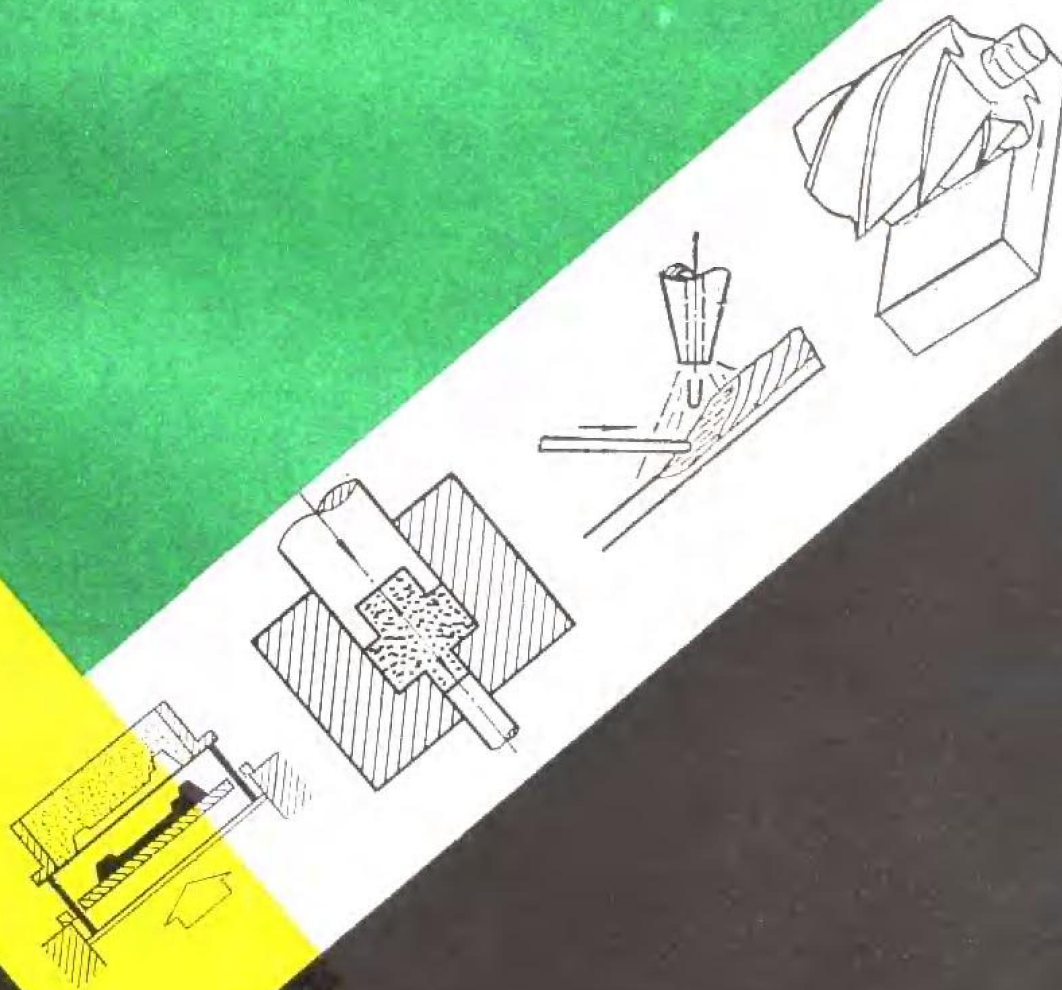
• 高等院校试用教材

METALWORKING TECHNOLOGY

金属工艺学

非机械类专业用

• 韩克筠 许卫民 编



• 南京工学院出版社

本书是根据1987年国家教委材料及机械制造基础课程指导小组审订的《非机械类金工教学基本要求》进行编写的。力求覆盖面宽、灵活性大，编写了若干选修和拓宽内容，既适合众多非机械类专业侧重选用，又能同时满足教学基本要求和专业要求。本书分工程材料、成型过程和加工工艺三部分，共十九章，并附有习题，着重于工艺实例研讨题。本书的特点是：插图更新，工艺实例充分，实用性强，注重启发及培养学生的智力与动手能力。

本书可作高等工业院校非机械类专业用教材，也可供职工大学、中专非机械类专业及培训技术人员、技工之用。

责任编辑：施 恩

责任校对：陈东方

高等院校试用教材

金 属 工 艺 学

(非机械类专业用)

韩克筠 许卫民 编

南京工学院出版社出版

南京四牌楼2号

江苏省新华书店发行 南京工学院印刷厂印刷

开本 787×1092毫米 1/16 印张 12.125 字数 295千

1987年6月第1版 1987年6月第1次印刷

印数 1—10000册

ISBN 7-81023-015-(8)/T·15

统一书号：15409·022 定价：2.20元

前 言

《金属工艺学》是工科院校多数专业的一门技术基础课，它系统地阐述机械制造中所用的金属材料及其加工方法。学生(未来的工程技术人员)在学习和工作中，会遇到用各种金属材料制成的设备、仪器和工具，要求能正确使用、维修或设计和加工。因此，它是工科学生的一门必修课。

在金工课教学中，学生似乎一听就懂，一学就会，往往满足于加工方法的个别了解，却不懂得工艺知识具有很强的整体性和极大的灵活性，忽略对课程内容的全面掌握和深入理解，不认真融会贯通，以致学后难于具体应用。例如，在绘制、设计零件图时，不知道如何选用材料、毛坯、工艺以及考虑零件的结构工艺性。部分学生学不好金工课原因是多方面的，其中之一是在学习金工课过程中，学生缺乏智力活动的紧张感，作为教材，要考虑怎样能为学生的智力活动提供“丰富的食物”。非机械类金工教材，必须做到：1.内容上注重各工种的基本工序是必要的，但工艺实例更要充分满足，不然就缺少培养能力的条件，不能解决实际问题。2.材料选用和处理、毛坯生产、工艺方法三者要前后呼应。3.既有一般，也有特殊，要结合专业需要。

因此，本书按国家教育委员会金属工艺学课程指导小组审订通过将于1987年秋季试行的《非机械类金工教学基本要求》编写时，力求满足上述三点，同时尽可能充实工艺实例内容。全书注意了前后呼应和配合，如第六章介绍了不锈钢、高温合金、塑料等，其后在第十七章就配合讲了上述材料的切削方法。为适合不同专业需要，全书先后列出了若干选修和拓宽内容，以利选用。为着眼于开发智力，使学生能应用所学知识，在有关各章附有智力性的习题，重点是工艺实例研讨题。

本书在插图方面，综合国内外材料的长处，努力作了更新。在内容结构上，照顾传统习惯，具体安排，锐意革新。本书篇幅虽少，但实用性强，力求有存查价值。

本书灵活性较大，《教学基本要求》规定的学时数为3~4周实习，其中讲课18~24学时。如学时数少于3周，教材中拓宽部分可简略。如讲课学时为30学时左右，本书内容亦能满足。

本书由南京工学院金工教研室主任骆志斌审稿，图稿由陈天佑工程师绘制，并得到了南工实习工厂李必勇、华东工学院吴绯、合肥工业大学姜秉林、南京航空学院刘培友、刘忠萍等同志的帮助，谨志感谢。

限于编者水平以及编写时间短促，书中难免存在缺点和错误，恳请读者提出宝贵意见。

编者 韩克筠 许卫民

1987年3月

目 录

金 属 材 料

1. 概 论 (1)

金属的特性。常用金属材料。金属材料性能：物理化学性能，机械性能，工艺性能。

2. 钢和铁 (4)

铁碳合金：组织，铁碳合金状态图，钢铁的分类。碳钢：普通碳素结构钢，优质碳素结构钢，碳素工具钢。铸铁：灰铸铁，球墨铸铁，蠕墨铸铁，可锻铸铁。

3. 钢的热处理 (14)

基本原理：钢加热时的组织变化，奥氏体等温转变产物组织，奥氏体等温转变曲线的应用。热处理工艺：退火，正火，淬火，回火。钢的化学热处理。

4. 合金钢 (19)

合金元素在钢中的作用：改变钢的组织，强化固溶体，细化晶粒，提高热处理作用。合金结构钢：按合金元素分类，按用途分类。合金工具钢：刃具钢，模具钢，量具钢。特殊性能钢：不锈钢，耐热钢，高锰钢。

5. 有色金属 (27)

铜及铜合金：铜，黄铜，青铜，白铜。铝及铝合金：铝，铝合金分类，形变铝合金，铸造铝合金。轴承合金。

6. 选修内容 (33)

镍及镍合金：镍，镍合金。钛及钛合金： α 钛合金， β 钛合金， $\alpha + \beta$ 钛合金。磁性材料：硅钢片，软磁材料，永磁材料。粉末冶金：粉末冶金的应用，粉末冶金工艺。硬质合金：钨钴类硬质合金，钨钴钛类硬质合金，通用类硬质合金。高温合金：铁镍基合金，镍基合金，钴基合金。塑料：热固性塑料，热塑性塑料，塑料产品生产过程。橡胶。陶瓷：耐酸陶瓷，过滤陶瓷，高温高硬度陶瓷。复合材料：纤维复合材料，层迭复合材料，细粒复合材料，骨架复合材料。金属零件的表面复层处理：镀层处理——电镀，化学膜层保护——氧化和磷化，非金属复层——电泳。

——金属材料习题 (49)

成 形 过 程

7. 金属材料的物理变化 (51)

金属的结晶与结构：金属的结晶，合金的铸造性能，合金的焊接性能。金属的塑性变形与再结晶：金属的塑性变形，金属的可锻性，金属的可切削性。

8. 铸 造 (57)

砂型铸造：模样及型芯盒，型砂和芯砂，造型，铸铁的熔化、浇注和落砂。特种铸造：

金属型铸造, 压力铸造, 失模铸造, 离心铸造。铸件结构工艺性。常用铸造方法、铸造合金的比较: 铸造方法的比较, 铸造合金的比较。

——铸造习题 (67)

9. 锻 压 (69)

金属的加热: 加热对可锻性和锻件的影响, 加热温度范围, 加热引起的缺陷, 加热设备。

自由锻造: 基本工序, 锻件工艺过程举例, 自由锻件结构工艺性。模型锻造: 胎模锻造, 固定模锻造。板料冲压: 基本工序, 冲模, 冷冲压设备。

——锻压习题 (81)

10. 焊 接 (82)

手工电弧焊: 焊接过程, 电焊机, 电焊条, 焊接规范, 接头型式和坡口形状, 操作, 焊接缺陷及检验, 焊接变形。气焊与气割: 气焊过程, 氧-乙炔火焰, 气焊设备, 焊丝与焊剂, 气焊工艺, 氧气切割。电阻焊: 对焊, 点焊、缝焊。其它焊接: 钎焊, 氩弧焊, 二氧化碳保护焊。常用金属的焊接: 碳钢, 合金钢, 铸铁, 铜、铝及其合金。焊件结构设计: 焊件结构工艺性, 焊件设计示例。

——焊接习题 (97)

11. 车削加工 (98)

切削加工基础知识: 切削运动, 切削用量, 刀具角度, 刀具角度选用, 切屑形状, 切削力, 切削热。普通车床: 车床的组成, 普通车床传动系统图。工件装夹: 卡盘装夹, 顶针装夹, 花盘装夹。基本工序: 外圆加工, 内圆加工, 圆锥加工, 螺纹加工, 滚花。车削零件结构工艺性。

——车削习题 (116)

12. 其它切削加工 (118)

铣削加工: 铣削, 铣床, 铣削工序, 铣削零件结构工艺性。刨削加工: 刨削, 刨床, 工件安装, 刨削工序, 刨削零件结构工艺性。钻削加工: 钻削, 钻床, 钻头, 钻削工序, 钻削零件结构工艺性。磨削加工: 磨削, 砂轮, 磨床, 磨削工序, 磨削零件结构工艺性。程序控制机床。

——铣、刨、钻、磨削习题 (132)

13. 钳 工 (134)

划线: 划线工具, 划线法, 划线法示例。基本切削工序: 锯削, 錾削, 锉削, 攻丝和套丝。精密切削工序: 刮削, 研磨。装配: 零件连接方式, 固紧零件装配, 旋转零件装配, 平面部件装配, 部件装配示例。

——钳工习题 (145)

加 工 工 艺

14. 典型零件工艺 (147)

齿轮。转轴。细长轴。箱体件。

15. 复杂零件工艺 (152)

难加工零件车削: 车削大行程圆锥孔, 车削椭圆轴, 车削椭圆孔, 车削抛物线型面。曲

面零件车削：用靠板靠模加工轴向曲面零件，用尾座靠模加工轴向曲面零件，用同轴靠模加工径向曲面零件，用同轴靠模加工端面曲面零件。圆球面零件车削：加工内外圆弧面，加工深孔内球面，加工圆球面。价值工艺：多刀和多刃刀加工，多件加工，套料加工，筒易加工蜗轮。曲面零件铣、刨：手动靠模铣削曲面，重锤靠模铣削曲线槽，用靠模刨削曲面。

16. 工件装夹 (160)

特形件装夹。特形头工件装夹。不停车装夹工件。心轴装夹工件。多工件装夹。薄壁件装夹。特形弹簧的心轴。偏心零件装夹。

17. 难切削材料的切削 (165)

切削淬火钢。切削不锈钢。切削钛合金。切削高温合金。切削高锰钢。切削塑料：塑料切削特性，塑料切削形式，加工塑料的车刀。切削橡胶。

18. 少、无切削加工 (174)

锻冲零件。冲切零件。压光零件。挤压零件。锻锻零件。轧制零件。搓压零件。

19. 特种加工 (180)

电火花加工：基本原理，加工特点及适用范围，电火花线切割加工。电解加工：基本原理，加工特点和应用，电解磨削。激光加工：基本原理，加工特点及应用。超声加工：基本原理，加工特点及应用。

参考文献 (186)

金属材料

1. 概论

金属的特性

金属有一定的特性，它与非金属的主要区别是：有良好的导电性、导热性、塑性和具有金属光泽等。

金属具有上述特性的原因可从其原子结构、原子之间的结合以及原子在空间的排列等方面进行分析。

金属原子结构的特点是它最外层电子（价电子）的数目少，一般仅 1~3 个。价电子与电子核结合力弱，金属原子很容易失去价电子而成为正离子。在固体金属内，正离子按一定的几何形式规则地排列，并在各固定的位置（结点）上作轻微振动，而脱离了原子的那些价电子则都以自由电子的形式，在正离子之间自由地作无规则的穿梭运动，为整个金属原子所公有，称为“电子气”。固体金属就是依靠这些公有化了的带负电荷的自由电子与带正电荷的离子之间的引力使金属原子结合起来的。金属原子之间的这种结合方式称为金属键。它与非金属固体的原子结合方式如离子键、共价键等不同，后者都不存在自由电子。

金属的特性，与金属键密切相关。例如：

1) 金属一般具有导电性，是由于金属内有电子气存在。只要在金属物体两端造成电位差时，自由电子便向正极流动而形成电流。在自由电子运动时，正离子对它的阻碍就形成金属的电阻。当温度升高时，金属正离子振动的振幅随之增大，对自由电子运动的阻力也增大，因而金属的电阻随温度升高而增大。

2) 金属的导热性是通过正离子的振动和自由电子的运动来完成的。所以，金属的导热性比非金属强。

3) 金属的塑性是由于外力作用，原子层间在一定范围作相对位移时，并不破坏金属键，正离子和自由电子之间仍然保持着金属键结合，使金属具有塑性而不会破裂，如图 1-1 所示。如果在离子键结合中发生这种位移，则会使原来正负离子之间的引力破坏，发生开裂。

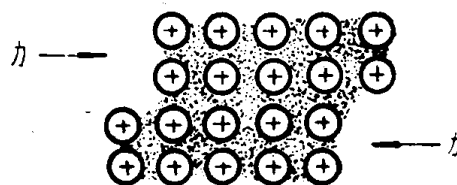
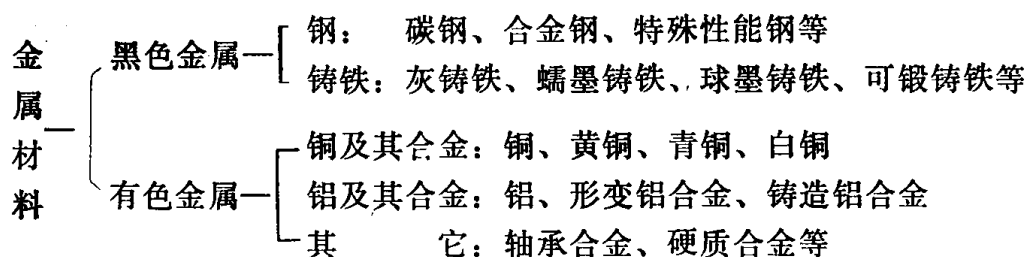


图 1-1 晶体的塑性变形

4) 自由电子容易被可见光激发，在晶体内是不稳定的，当它回到原来的低能状态时，要放出辐射波，这在宏观上就表现为金属光泽。在不同温度下自由电子被激发跳越能级不同，辐射波长也就不同，因此金属加热到不同温度会显出不同的颜色。

常用金属材料



金属材料性能

物理化学性能

金属材料的物理、化学性能有：密度、熔点、导电性、导热性、热膨胀性、耐热性、耐腐蚀性等等。根据机器零件用途的不同，对材料的物理、化学性能要求亦有不同。例如飞机上的一些零、部件要选用密度小的材料如铝合金等来制造；在腐蚀介质中工作的零件要选用耐腐蚀性好的材料如不锈钢等来制造；电器零件要求材料具有好的导电性和磁性；内燃机活塞要求材料具有小的热膨胀系数；高温下工作的零件要求材料具有耐热性能等。此外，金属材料的物理、化学性能对制造工艺也有影响。例如凡是导热性差的材料，进行切削加工时刀具耐用度很低；而在进行锻压或热处理时，加热速度应慢些，以免产生裂纹。又如钢和铝合金的熔点不同，其熔炼工艺就有较大区别。熔点低的金属材料，流动性好，对铸造工艺有利。

机械性能

机械性能是指材料在机械载荷下表现出来的特性。机械载荷就是指外力，故机械性能又称为力学性能。机械载荷视外力的形式不同，材料所表现出的抵抗外力能力的特点也不同。一般有：强度、硬度、塑性和冲击韧性等。

强度 在外力作用下抵抗变形和破坏的能力。常用的指标有强度极限和屈服极限。金属材料在受力过程中，从开始加载到发生断裂所达到的最大应力值，称为“强度极限”，一般又称“强度”，用 σ_b (MPa) 表示。由于外力的形式不同，有抗拉强度、抗压强度、抗弯强度等。金属材料承受载荷，而当载荷不再增加时，仍继续发生永久变形，称为“屈服”，用 σ_s (MPa) 表示。

硬度 抵抗更硬物体压陷的能力。常用的硬度指标是布氏硬度 HB 和洛氏硬度 HRC。

塑性 在外力作用下产生永久变形而不破坏的能力。塑性指标常用延伸率 δ (%) 表示。

冲击韧性 抵抗冲击载荷而不破坏的能力。各种材料受冲击而不破坏时，会消耗不同的能量，因此就以消耗能量的数值作为冲击韧性指标，用 α_k (J/cm²) 表示。

工艺性能

金属材料进行加工工艺时表现的难易程度叫工艺性能。主要有：铸造性能、可锻性、可

焊性和可切削性等。

铸造性能 它与金属的熔点、收缩率，金属液的粘度、吸气率等物理、化学性能有关。如果铸造性能不好，铸件就可能出现缩孔、气孔、裂纹、浇不足等缺陷。

可锻性 它与金属的导热性、塑性、变形抗力、锻造温度范围等有关。如果可锻性不好，锻压件就可能出现开裂、变形、氧化严重等缺陷，而且消耗的变形功也大。

可焊性 它与金属的导热性、易氧化性、溶解气体的能力、加温区金属组织的变化、线收缩系数等一系列因素有关。如果可焊性不好，焊接件焊缝易形成气孔、冷裂或热裂、变形等缺陷。

可切削性 它与金属的强度、硬度、塑性、导热性等有关。如硬度太低、塑性很高，则零件表面粗糙度就不好；如硬度太高、导热性很低，则刀具磨损快。

一般将金属材料的性能分为理化性能、机械性能和工艺性能，其实它们之间的相互影响是很难截然分开的，只不过是从不同角度来理解金属材料的性能罢了。从加工工艺角度来看，工艺性能相当重要，还将在后面有关各章中分别阐述。

2. 钢和铁

铁 碳 合 金

钢铁是现代工业中应用最广泛的金属材料，虽然种类、牌号很多，性能不一，用途不同，但都是由铁和碳为主要元素的合金。所以，认识铁碳合金的本质，有助于了解其成分、组织与性能之间的关系，也便于对钢铁牌号和用途的了解。

组 织

钢铁的性能与其内部组织结构有关。

从宏观看，金属是由很多不同方向的微粒堆砌而成，构成这些金属的微粒，称为晶粒（晶体）。从微观看，铁和碳的原子，在固态下都按一定次序向各方向重复排列。为了便于分析晶体中原子的排列规律起见，常以通过各原子中心的一些假想联线把它们在空间的排列形式描绘出来，各联线的交点称为“结点”，在各结点上的小圆点表示各原子的位置，把这种表示晶体中原子排列形成的空间格子称为“晶格”，如图 2-1 所示。

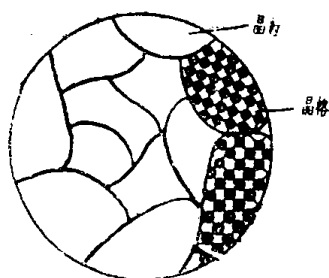


图 2-1 晶粒、晶格

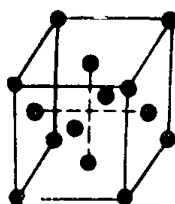


图 2-2 面心立方晶胞

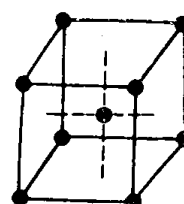


图 2-3 体心立方晶胞

组成晶格的最基本单元，称为“晶胞”。固态的铁，当温度为 $1300\sim 912^{\circ}\text{C}$ 时，原子排列成面心立方晶胞。如图 2-2 所示，具有这种晶格的铁称为 $\gamma\text{-Fe}$ 。当温度为 912°C 以下时，原子排列成体心立方晶胞，如图 2-3 所示，具有这种晶格的铁称为 $\alpha\text{-Fe}$ 。

铁碳合金中铁和碳的结合方式：①碳溶入铁中形成固溶体；②碳和铁化合形成化合物，③固溶体和化合物混合形成机械混合物。

铁碳合金随着成分和温度的不同，可形成的基本组织有：铁素体、渗碳体、珠光体和奥氏体。

铁素体 $\alpha\text{-Fe}(\text{C})$ 指碳原子溶入 $\alpha\text{-Fe}$ 的固溶体。所谓固溶体，就是合金元素在固态下互相溶解构成单一均匀的物质，它的晶格与溶剂金属相同。应该指出， $\alpha\text{-Fe}$ 不仅能溶入碳，还能溶入其它元素，使铁素体得到强化。铁素体含碳量小于 0.02% ，强度、硬度低，塑性、韧性好， $\sigma_b \approx 250\text{MPa}$ ， $\text{HB} \approx 80$ ， $\delta \approx 50\%$ ， $\alpha_k \approx 30\text{J/cm}^2$ 。

渗碳体(Fe_3C) 指铁和碳形成的化合物。所谓化合物，是合金元素组成的一种特殊物质，在其中合金元素的原子数成为一定的整数比，它的晶格与组成元素完全不同。渗碳体含碳量为 6.69%，硬度高、脆性大， $\text{HB} \approx 800$ ， $\sigma_b \approx 30\text{MPa}$ ， δ 和 α_k 都接近于零。

珠光体 指一定含量的铁素体和渗碳体组成的共析的机械混合物。所谓机械混合物，就是由元素、固溶体、化合物等单相组织所混合组成的组织。如由 A 及 B 两组元素所组成的机械混合物，其性能介于 A 及 B 的性能之间。珠光体含碳量为 0.77%， $\sigma_b \approx 750\text{MPa}$ ， $\text{HB} \approx 200$ ， $\delta \approx 20\%$ ， $\alpha_k \approx 30\text{J}/\text{cm}^2$ 。

奥氏体 $\gamma\text{-Fe}(\text{C})$ 指碳原子溶入 $\gamma\text{-Fe}$ 的固溶体。含碳量不大于 2.06%，塑性很好，不具磁性。

铁碳合金的组织 and 性能，随含碳量和温度的变化而变化，变化的规律反映在铁碳合金状态图上。

铁碳合金状态图

铁碳合金状态图是通过实验得出的，如图 2-4 所示。

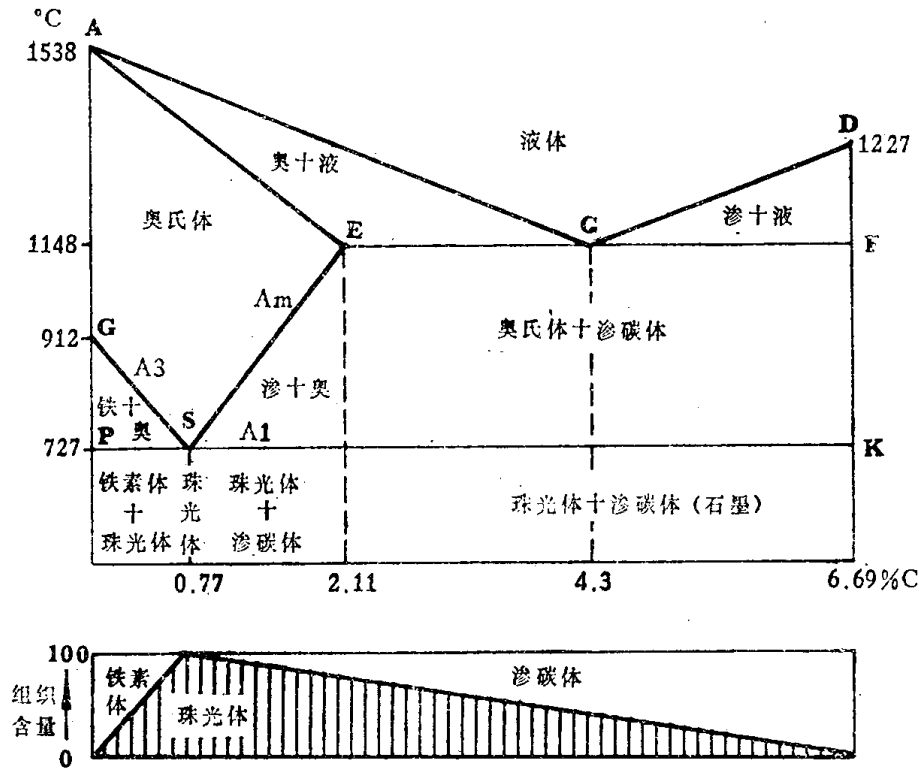


图 2-4 铁碳合金状态图(简化)

图中纵座标是温度，横座标是成分。含碳量大于6.69%无实用意义。

不同成分的铁碳合金，在 ACD 线温度以上均为液体；在 $AECF$ 线温度以下均为固体；在 ACE 和 CDF 区有液体也有固体，其固体数量随温度下降而不断增多。

铁碳合金在固态下还有组织转变。在 $AESG$ 区域内为奥氏体；当温度在 727°C 以下时，含碳0.77%的合金转变为珠光体；含碳小于0.77%的合金则转变为铁素体加珠光体；含碳大于0.77%则转变为珠光体加渗碳体。

在GSP区，当温度下降到GS线以下时，从奥氏体中析出铁素体。随着温度继续下降，铁素体量增多，剩余奥氏体浓度增加，到PS线时，奥氏体向珠光体转变。含碳量大于0.77到2.11%，并当温度下降到ES线以下时，从奥氏体中析出渗碳体。随着温度继续下降，渗碳体量增多，剩余奥氏体浓度下降，到SK线时，奥氏体向珠光体转变。含碳量大于2.11到6.69%，并当温度在1148~727℃时，组织为奥氏体加渗碳体；727℃以下时为珠光体加渗碳体。

从状态图可知，铁碳合金室温时的基本组织是铁素体、渗碳体和珠光体，它们都是由铁和碳两元素组成的。由于成分不同，组织不同，因此机械性能也就不同。例如含碳0.77%的铁碳合金其组织全部为珠光体，硬度HB≈260；含碳0.45%的铁碳合金其组织为铁素体加珠光体，硬度HB≈220；含碳1.2%的铁碳合金其组织为珠光体加少量渗碳体，硬度HB≈300。由此可见，铁碳合金的机械性能与化学成分及组织有着十分密切的关系。铁碳合金的成分和组织之间的定量关系如图2-4下图所示。

钢铁的分类

含碳量小于2.11%的铁碳合金，称为碳素钢。大于2.11%的铁碳合金，称为铁。

碳素钢按组织可分为：共析钢，含碳0.77%；亚共析钢，含碳小于0.77%；过共析钢，含碳大于0.77%。

碳素钢按含碳量的高低可分为：

低碳钢 含碳量小于0.25%，硬度低，塑性好；

中碳钢 含碳量在0.25~0.6%之间，具有一定强度、硬度和塑性，综合机械性能较好；

高碳钢 含碳量大于0.6%，硬度高，塑性低。

钢的含碳量对机械性能的影响，如图2-5所示。从图中看到，钢中含碳量小于0.77%时，随着含碳量增加，钢的强度、硬度增加，而塑性下降。当含碳量大于0.77%

时，强度下降，硬度还是增加。为了保证钢有一定的塑性，一般钢的含碳量均不超过1.4%。

碳钢的工艺性能：①铸造性能较差；②可锻性好。③含碳量低的碳钢可焊性好；④可切削性中碳钢良好，低碳钢粗糙度高，高碳钢切削阻力大。

铁按组织可分为：共晶铁，含碳4.3%；亚共晶铁，含碳小于4.3%；过共晶铁，含碳大于4.3%。

碳几乎全部以渗碳体形式存在的铁，硬而脆，断口呈银白色，称为白口铁。它一般不适于制造机器零件，只能用来作为炼钢原料。如将渗碳体分解： $\text{FeC} \rightarrow 3\text{Fe} + \text{C}$ （石墨），这种生铁软而脆，断口呈灰色，称为灰口铁或灰铸铁。

灰铸铁的工艺性能：①铸造性能好，共晶成分或靠近共晶成分的铸铁铸造性能最好；

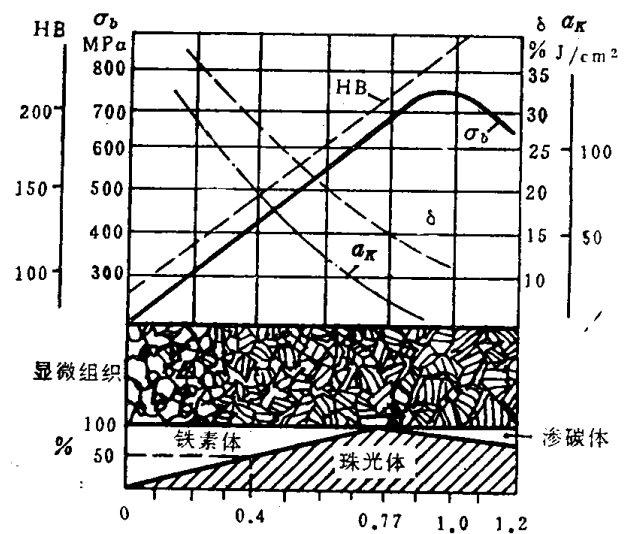


图 2-5 钢的含碳量对机械性能的影响

②可锻性等于零；③可焊性较困难；④可切削性良好。

碳 钢

碳钢在各个生产部门中是普遍被使用的材料，在钢总产量中，碳钢占85%。碳钢中含有各种杂质，如Mn、Si、P、S、O、H、N等。杂质来源于炼钢用的铁水、炉料或其他途径。Mn、Si是炼钢时必须加入的元素；P、S是无法除尽的元素；O、H、N是含量很少一般不标明的隐存元素，大部分碳钢热轧、空冷后使用。

碳钢分类方法很多。按冶炼方法分类，有转炉钢、平炉钢、电炉钢。冶炼方法不同，钢中杂质含量就不同，从而钢材质量也不同。例如电炉钢，磷、硫及隐存杂质含量低。钢的质量好。平炉除杂质能力差些，转炉更差。

从使用要求出发，碳钢通常是按化学成分及其质量来进行分类的，国家标准碳钢主要种类有：普通碳素结构钢、优质碳素结构钢和碳素工具钢。

普通碳素结构钢

普通碳素结构钢含杂质较多，根据所保证的技术条件，这类钢又分为甲类钢(A类钢)、乙类钢(B类钢)、特类钢(C类钢)三类。

甲类钢 供应时只保证机械性能，不保证化学成分。

它主要用来制造型钢，如钢板、角钢、槽钢、圆钢等。在使用中常不进行热处理，因此不需了解其化学成分，而以机械性能为设计时的依据，必须保证。甲类钢的牌号、机械性能和用途，如表 2-1 所示。

表 2-1 甲类钢的牌号、性能和用途 (参照 GB700-79)

牌号	σ_b	σ_s	$\delta(\%)$	用 途
	MPa			
A1	320~400		28	载荷小的零件、冲压件、焊接件等
A2	340~420	220~190	26	载荷不大的零件、铆钉、螺栓、螺母等中心轴、支座、汽机隔板等
A3	380~470	240~220	22	
A4	420~520	260~240	20	吊钩、箍、拉杆、楔、键等强度要求较高的零件
A5	500~620	280~260	16	
A6	600~720	310~300	12	强度要求高的零件、链环片、刹车钢带等
A7	≥ 700		8	

乙类钢 供应时只保证化学成分，不保证机械性能。

这类钢在使用时，往往要经过锻压或热处理工艺。由于经过这些加工后，机械性能会发生变化，而化学成分则是进行锻、热工艺的依据，因之这类钢不按机械性能而按化学成分供应。乙类钢的牌号、成分和用途，如表 2-2 所示。

表 2-2 乙类钢的牌号、成分和用途（参照 GB700-79）

牌 号	化 学 成 分 %					用 途
	碳	硅	锰	磷	硫	
B1	0.06~0.12	0.12~0.3	0.25~0.55	≤0.045	≤0.50	B1~B3属于极软钢类， 用于做铁丝、铁钉、薄 铁片、铁管、水壶、罐 头筒等
B2	0.09~0.15					
B3	0.14~0.22		0.3~0.6			
B4	0.18~0.28	0.15~0.35	0.4~0.7			B4~B5属于软钢类，用 作铸钢件、普通机件如 钢筋、工字钢、一般用 轴等
B5	0.28~0.38					
B6	0.38~0.50	0.15~0.35	0.5~0.8			B6~B7 属于半硬钢类， 用作车轮、 钢轨、 弹 簧、犁等
B7	0.50~0.62					

特类钢 供应时既保证机械性能，又保证化学成分。

特类钢牌号有 C2、C3、C4、C5 等。实际中用得较少，因为，如果要求高又要热处理时，就直接采用优质碳素钢了。

甲、乙两类钢价格便宜，在能满足使用要求的情况下应尽量采用。

优质碳素结构钢

与普通碳素结构钢相比，所含的磷、硫等有害杂质较少，塑性及韧性较高，一般都经热处理后使用，有较高的机械性能，主要用来制造重要结构零件。

优质碳钢的编号方法，例如含碳量平均为0.2%的钢，读作20号钢，钢的牌号写成“20”，含碳量平均为0.45%的钢，读作45号钢，钢的牌号写成“45”。优质碳素结构钢的牌号、成分、性能和用途，如表 2-3 所示。

表 2-3 优质碳素结构的牌号、成分、性能和用途 (参照GB699-65)

牌号	含碳量(%)	σ_s	σ_b	$\delta(\%)$	α_k	HB		用 途
		MPa			J/cm ²	热轧	退火	
08	0.05~0.12	200	330	33	—	131	—	含碳量低、塑性好, 主要用作冷冲压零件。
10	0.07~0.14	210	340	31	—	137	—	有良好的冷冲压性和焊接性, 常用作冲压件及焊接件, 此外还用作为渗碳钢。
15	0.12~0.19	230	380	27	—	143	—	
20	0.17~0.24	250	420	25	—	156	—	
25	0.22~0.30	280	460	23	90	170	—	用作为调质钢, 有良好的综合机械性能, 主要用来制造齿轮、套筒、轴类零件。
30	0.27~0.35	300	500	21	80	179	—	
35	0.32~0.40	320	540	20	70	187	—	
40	0.37~0.45	340	580	19	60	217	187	
45	0.42~0.50	360	610	16	50	241	197	
50	0.47~0.55	380	640	14	40	241	207	
55	0.52~0.60	390	660	13	—	255	217	50以上的优质碳素结构钢主要用来制造弹簧。
60	0.57~0.65	410	690	12	—	255	229	
65	0.62~0.70	420	710	10	—	255	229	
70	0.67~0.75	430	730	9	—	269	229	
75	0.72~0.80	900	1100	7	—	285	241	
80	0.77~0.85	950	1100	6	—	285	241	
85	0.82~0.90	1000	1150	6	—	302	255	

注: 钢中还含有硅0.17~0.37%, 锰0.25~0.8%, 硫、磷含量不大于0.04%。

碳素工具钢

碳素工具钢含碳量在0.65~1.35%范围内, 根据有害杂质 S、P 含量不同, 又分优质碳素工具钢和高级优质碳素工具钢。碳素工具钢编号以字母 T 首, 后边加上数字, 表示平均含碳量; 高级优质碳素工具钢在数字末后再加上字母 A。例如 T8, 表示优质碳素工具钢, 平均含碳量为 0.8%, T8A 与 T8 相比, T8A 含 S、P 低些。碳素工具钢的牌号、成分、硬度和用途, 如表 2-4 所示。

表 2-4 碳素工具钢的牌号、成分、硬度和用途 (参照 GB1298-77)

牌 号	化 学 成 分 %			硬 度		用 途
	碳	锰	硅	退火后 HB 不高于	淬火后 HRC 不小于	
T7	0.65~0.74	0.20~0.4	0.15~0.35	187	62	用作受冲击工具如凿子、锤、螺丝刀、镰刀等
T8	0.75~0.84	0.20~0.4	0.15~0.35	187	62	用作低速刀如锉刀、锯条、剪刀、木工刀具等
T9	0.85~0.94	0.15~0.35	0.15~0.35	192	62	
T10	0.95~1.04	0.15~0.35	0.15~0.35	197	62	用作冷冲模、丝锥、板牙、铰刀、及形状简单的量具，也适宜做凿石工具
T11	1.05~1.14	0.15~0.35	0.15~0.35	207	62	
T12	1.15~1.24	0.15~0.35	0.15~0.35	207	62	用作不受冲击工具如刮刀、剃刀、锉刀、量规等
T13	1.25~1.35	0.15~0.35	0.15~0.35	217	62	

注：优质碳素工具钢含硫不大于0.03%，含磷不大于0.035%，高级优质碳素工具钢含碳量与优质碳素工具钢相同，含锰、硅量相同或略低，含硫量不大于0.02%，含磷量不大于0.03%。

铸 铁

铸铁是含碳量大于2.11%，含杂质比钢多的铁碳合金。铸铁的化学成分：碳2.5~4.0%，硅1.0~3.5%，锰0.5~1.5%，磷<0.2%，硫<0.15%，其余为铁。根据铸铁中碳存在形式的不同，分为：碳以渗碳体形式存在的称为白口铁；碳主要以石墨形式存在的称为灰口铸铁。灰口铸铁根据石墨存在的形式又可分为灰铸铁、球墨铸铁、蠕墨铸铁及可锻铸铁等。

灰铸铁

灰铸铁中的碳主要以片状石墨形式存在，石墨的机械性能极差，它的存在如同金属基体中有了切口一样，破坏了基体的连续性，造成应力集中，使铸铁的抗拉强度比钢低的多，延伸率接近于0。铸铁中石墨含量愈多、愈粗大，机械性能愈差。

在灰铸铁中，由于有石墨的存在，又使铸铁具有一些优点：如消振性比钢好，能很快消除机件所受的振动和共振；石墨能起润滑作用，使铸铁具有较好的耐磨性与可切削性。

灰口铸铁具有良好的铸造性能。如流动性好，可以铸出壁薄和形状复杂的铸件；收缩比钢小，不易产生缩孔和裂纹；灰铸铁的熔点低于钢，对型砂的性能要求较低。此外，它的熔化过程简单，成本低，所以是铸造生产中应用最广的金属材料。

灰铸铁的牌号以汉语拼音字母和机械性能数值来表示。它的牌号、性能和用途如表2-5所示。

表 2-5 灰铸铁的牌号、性能和用途

牌 号	抗拉强度 σ_b	抗弯强度 σ_{bb}	抗压强度 σ_{bc}	硬 度 HB	用 途
	MPa				
HT100	100	260	500	143~229	低应力零件, 如轴承盖、手轮、支架等
HT150	150	330	650	163~229	汽轮机冷凝器端盖、汽轮泵体、锅炉省煤器、发电机轴承座、进出水支座等
HT200	200	400	750	170~240	阀壳、低压汽缸、机座联轴器、齿轮箱等受较大应力的零件, 低速轴瓦等
HT250	250	470	1000	170~241	
HT300	300	540	1100	187~255	汽缸、隔板、飞轮、齿轮等重要零件
HT350	350	610	1200	197~259	

注: “HT”为“灰”“铁”二字第一个拼音字母, 其后数字代表最低抗拉强度。

灰铸铁的牌号是按机械性能而不是按化学成分规定的, 这是因为它的性能不但与化学成分有关, 而且还与铸件的冷却速度有关。

抗拉强度 ≤ 250 MPa 的称为普通灰铸铁, 其基体中有较粗大的石墨片存在, 机械性能较低, 一般用于受力不大、冲击载荷很小、形状复杂、需要减震或耐磨的铸件。

抗拉强度 ≥ 250 MPa 的灰铸铁称为孕育铸铁, 它是用含碳较低的铁水过热到较高的温度时, 加入一定量的孕育剂(或称变质剂)硅铁, 经孕育处理后使石墨片变得更加细小和均匀分布, 从而提高了铸铁的机械性能。

孕育铸铁的抗拉强度比普通灰口铸铁高得多, 通常为 300~400MPa, 除铸造性能稍低外, 其他许多性能都比普通灰铸铁好, 因而应用颇广。但孕育铸铁因石墨仍为片状, 故其韧性仍很低, 一般用于受冲击或交变载荷不大, 或要求耐磨、耐高压的重要而复杂的铸件。表 2-5 中最后三种牌号即为孕育铸铁。

球墨铸铁

铸铁的性能, 主要取决于两个因素, 一是金属基体的性能, 二是石墨的数量、形状、大小和分布。

石墨的机械性能是极低的。从机械性能的角度来看, 可以将灰铸铁看成是布满了许多裂缝的钢, 铸铁中的石墨数量越多, 其大小和分布情况对金属基体分裂越严重, 则铸铁的机械性能便越低。

灰铸铁中的石墨是片状的, 如果在铁水浇注之前加入球化剂, 进行球化处理, 可以使最后形成的石墨呈球状, 这就是球墨铸铁。

在球墨铸铁中由于石墨呈球状, 因而使石墨削弱金属基体的程度大为减轻, 这是因为面积相同的石墨在其呈球状时表面积最小, 即分割面最小; 另外当石墨为球状时, 因尖锐缺口