**模块三 材料与选用**

**3.1 金属材料的性能 3.2钢铁材料 3.3其他材料**

**[章节名称]**

金属材料的性能、钢铁材料、其他材料

**［教学目标与要求］**

一、知识目标

1.熟悉非合金钢、低合金钢与合金钢以及铸铁的分类、牌号、性能及用途。

2.熟悉非铁金属材料的分类、牌号、性能及用途；较清楚地了解非金属材料的分类、性能用途。

二、能力目标

根据非合金钢、低合金钢与合金钢的牌号，能分析它的成分、性能特点和大致用途。

三、素质目标

熟悉非合金钢、低合金钢、合金钢、铸铁的分类、牌号，了解合金结构钢的牌号，知道它们的性能和用途。

熟悉非铁金属材料和非金属材料的分类、牌号、性能及用途。

四、教学要求、

较熟练地掌握非合金钢的分类、牌号、性能及应用，掌握常用低合金钢、合金钢、铸铁的牌号、性能及应用，具有初步运用的能力。了解非铁金属材料和非金属材料的分类、牌号、性能及用途。

**[教学重点]**

常用非合金钢、低合金钢、合金钢、铸铁的牌号、性能和应用。

**[难点分析]**

根据非合金钢、低合金钢、合金钢、铸铁的牌号能分析它们的性能特点和大致应用范围。

**[分析学生]**

非合金钢、铸铁是生产上用途最广、用量最大的工程材料，低合金钢、合金钢广泛用于制造重要零件，是机械工程材料学习的重点。本节课应用性很强，在教学上要引导学生联系实际应用，根据材料牌号，知道它的大致性能与应用；根据零件的用途、性能要求，初步学会正确选用钢铁牌号。

**[教学设计思路]**

教学方法：讲授法、讨论法

**【教学资源】**

机械基础在线开放课程．“中国职教MOOC”频道，高等教育出版社。

**[教学安排]**

4学时（180分钟）

**[教学过程]**

一、复习旧课（15分钟）

讲评作业批改情况及存在问题。

二、导入新课

在人类社会发展过程中，材料往往扮演着划分时代的角色，从石器时代、青铜时代、铁器时代开始，演进到近代以钢铁和有色金属为代表的金属材料，以水泥、玻璃和陶瓷为代表的无机非金属材料，以橡胶、纤维和塑料为代表的高分子材料，在此基础上，已经发展到现代能够满足各种工程结构更高的力学性能、更高的轻量化特质、更高的耐热性、更高的环境适应性和环境亲和性需求的结构材料；能够满足电、磁、声、光、热等物理学、化学以及生物医学等各方面性能需求的各种功能材料。可以说，材料无所不在，材料日新月异。因此，材料与信息、能源一起被国际社会公认为构成现代文明的三大支柱。

三、新课教学

选择适合于机械使用的材料，主要依据于金属材料的性能。它分为使用性能和工艺性能。使用性能是指在使用条件下表现出来的性能，它包括物理、化学、力学性能，力学性能在机械设备中力的相互作用时所表现出来的性能，是课程研究的重点，关系最为密切；而工艺性能是零件从毛坯到成品加工生产过程中所表现出来的性能，对零件的加工影响很大。

讲课中把力学性能作为重点，特别是强度的含义及所包括的内容要讲清楚。硬度要把洛氏和布氏硬度作为重点，注意应用场合的区别和表示方法，应多举例说明，如HB170~230；HRC45~50，要注意说明为什么不给一个具体值，而要给一个范围？疲劳强度要举例说明，如飞机规定使用1万小时飞行后必须强行退役；出租汽车运行满3年后要报废等实例说明疲劳对零件寿命的关系。

工艺性能以举例说明更能帮助学生理解。如铸造性好的金属其流动性好，可以铸造薄而大的表面，否则易出现填不平；塑性好的低碳钢容易锻造成型，而含碳量高的金属不易锻造，高速钢更难锻压；焊接性好的材料如普通碳素钢，而铜次之，铝更难。

（一）金属材料的性能

金属材料的性能包括物理、化学性能、力学性能和工艺性能。研究金属材料的性能主要指力学性能，包括强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度。它涉及到材料的安全和使用寿命。

（二）钢铁材料

钢铁是铁（Fe）与碳（C）、硅（Si）、锰（Mn）、硫（S）、磷（P）以及少量的其他元素所组成的合金。

铁和碳的质量分数对钢铁材料的力学性能起着主要作用，故统称为铁碳合金。

钢中有益元素（要添加）：硅能提高钢的强度，锰能提高钢的硬度和耐磨性；

钢中有害元素（要控制）：硫使钢在热加工时产生“热脆”，磷使钢在低温时产生“冷脆”。碳的质量分数wC<2.11%的铁碳合金称为钢，wC,>2.11%的铁碳合金称为铸铁。

钢可以分为非合金钢、低合金钢、合金钢三类。

1.非合金钢

钢铁牌号比较复杂，我们采取不同的对策辨识与记忆——

对于与强度数值有关的牌号，采取【认牌号 知强度】的小栏目，适合于碳素结构钢、铸造碳钢、低合金高强度合金钢、铸铁等；强度是主要关注指标；

对于与质量分数有关的牌号，采取【认牌号 知成分】的小栏目，适合于优质碳素结构钢、刃具模具用非合金钢、合金结构钢、合金工具钢、高速工具钢、不锈钢与耐热钢；性能是主要关注指标。

非合金钢性价比高，在机械制造、建筑、交通运输等行业得到广泛应用。

按照钢中硫和磷的质量分数，非合金钢可以分为——

普通质量碳钢（wS≥0.045%,wP≥0.045%，在冶炼过程中不需要特别控制质量要求）；

特殊质量碳钢（wS≤0.020%,wP<0.02%，在冶炼过程中需要严格控制质量和性能要求）；

优质碳钢（钢中硫和磷的质量分数除前两者之外，在冶炼过程中需要特别控制质量要求）。

另外，在生产实际中，非合金钢还分为低碳钢（wC,<0.25%）、中碳钢（0.25≤wC,≤0.6%）和高碳钢（wC,>0.6%）。

2.**低合金钢与合金钢**

合金元素是通过与钢中的铁和碳发生作用，以及合金元素之间的作用，影响钢的组织，提高钢的力学性能，改善钢的热处理性能等，以满足各种使用性能的要求。

合金元素的种类和质量分数低于国家标准规定范围的钢称为低合金钢。

按照质量等级，低合金钢分为——

普通质量低合金钢（如一般低合金高强度结构钢、低合金钢筋钢等）；

优质低合金钢（如通用低合金高强度结构钢、锅炉和压力容器用低合金钢、造船用低合金钢等）；

特殊质量低合金钢（如核能用低合金钢、低温压力容器用钢等）。

合金元素的种类和质量分数高于国家标准规定范围的钢称为合金钢。

按照质量等级，合金钢分为——

优质合金钢（如一般工程结构用合金钢、耐磨钢和硅锰弹簧钢等）；

特殊质量合金钢（如合金结构钢、轴承钢钢、合金工具钢、高速工具钢、不锈钢和耐热钢等）。

此外，按照钢中合金元素的总质量分数wMe的不同，合金钢分为低合金钢（wMe<5%）、中合金钢（wMe=5%～10%）和高合金钢（wMe>10%）。

有些牌号很相似，要注意辨识：

【答疑】低合金高强度结构钢与碳素结构钢的牌号都是“Q”与屈服强度数值的组合，如何来区分呢？只需记住碳素结构钢“Q”后的数值不超过300MPa；而低合金高强度结构钢“Q”后的数值不低于300MPa。

**3.铸铁**

碳的质量分数wC,>2.11%的铁碳合金称为铸铁。这里介绍其中的灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁。

1.灰铸铁

灰铸铁中的碳以片状石墨形式析出，对基体有割裂，断口呈浅灰色。

灰铸铁的主要性能：

力学性能低。灰铸铁的抗拉强度、塑性、韧性远低于钢，抗压强硬度与钢相当。

工艺性能好。灰铸铁铸造时的流动性好、切削加工时的切屑脆断性好。

减振减摩性好。灰铸铁中的石墨能够起到缓冲吸振、储油润滑的作用。

缺口敏感性低。灰铸铁内部组织缺陷和表面加工质量对疲劳强度的影响小。

灰铸铁价格便宜，占铸铁总产量的80%以上，广泛用于受力不大、以承受压力为主及有减振性要求的零件，如机床的床身、结构复杂的箱体、承受摩擦的缸体与导轨等。

1. 球墨铸铁

球墨铸铁中石墨呈球状，使球墨铸铁的抗拉强度、塑性与韧性都优于灰铸铁，接近于钢；具有良好的铸造性、耐磨性、减振性和切削性。

球墨铸铁常用来代替钢制造某些形状复杂的重要零件，如曲轴、连杆、凸轮轴等，代替灰铸铁制造强度要求高的箱体类零件。

（三）**其他材料**

范围：钢铁之外的非铁金属材料、非金属材料，以及结构材料与功能材料等。

**1.非铁金属材料**

最常用的是铝及铝合金、铜及铜合金。

镁合金低密度、无磁性、散热性和减震性好，在制造汽车零部件和笔记本电脑壳体时有优势。

钛合金高强度、低密度、耐腐蚀、抗氧化，但价格昂贵，适合赛车、航天和航空工业应用。

（1）铝及铝合金

纯铝具有质轻、密度小、导热性好的优点，但强度和硬度低，不宜用作结构零件。

铝合金的硬度较高，常用作结构零件，分为形变铝合金和铸造铝合金两种。铝板、铝管和铝棒属于形变铝合金，发动机外壳属于铸造铝合金。

（2）铜及铜合金

纯铜为紫红色，也称紫铜。其硬度很低，强度不高，但导电性极好。用T表示，如T1、T2、T3、T4。数字越大，杂质含量越多。铜合金分为普通黄铜、特殊黄铜、青铜和白铜。

普通黄铜用苻号H加数字表示，如H70表示含铜质量分数为70％，其余为锌。H70用作弹壳。特殊黄铜是在普通黄铜内加入合金元素，如HPb59－1为铅黄铜。

青铜是在铜中加入锌、镍以外的合金。如ZCuSn101，其中含Sn质量分数为10％，含P质量分数为1％。白铜是铜镍的合金。

**2.非金属材料**

非金属材料包括无机非金属材料、高分子材料等。

通用塑料是产量大、用途广、成型性好、价格便宜的热塑性材料。如聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚苯乙烯（PS）、聚氯乙烯（PVC）等，通用塑料的强度比较低，使用温度也无法与钢铁材料相比。

工程塑料具有优良的性能和强度，可以代替金属材料。

复合材料是两种或多种物理和化学性质不同的物质人工制成的材料。

①按基体类型分为非金属基体复合材料和金属基体复合材料。

②按增强材料性质和形态分纤维增强复合材料、颗粒复合材料和层叠复合材料。

③按材料用途分结构复合材料和功能复合材料。

**3.结构材料与功能材料**

结构材料具有更高的力学性能、更高的轻量化特质、更高的耐热性、更高的环境适应性和环境亲和性需求。

功能材料能够满足电、磁、声、光、热等物理学、化学以及生物医学等各方面性能的需求。包括具有检测、处理、储存、传输、显示功能的信息材料（光敏材料、压电材料、磁性材料、液晶材料等），集感知-判断-执行于一体的智能材料（形状记忆合金、巨磁致伸缩材料等），能源转换材料（光伏材料、储氢合金等），以及高温超导材料等。

四、小结（5分钟）

非合金钢、低合金钢、合金钢的牌号、性能、用途与含碳质量分数、含合金元素质量分数的关系；非铁金属的分类、性能与用途。非金属的分类、性能与用途。

五、作业布置

活动作业：在保证安全的前提下，分小组参观钢材市场，观察并记录各种非合金钢、低合金钢、合金钢的牌号、规格，主要销售流向及用途等，写出调查小报告。

模块三 材料与选用

3.4 钢的热处理

**[章节名称]**

钢的热处理

**［教学目标与要求］**

一、知识目标

了解钢的热处理含义、目的、种类，钢的退火、正火、淬火、回火、表面热处理、化学热处理的方法与用途，。

二、能力目标

较熟练地掌握钢的退火、正火、淬火的方法与应用，能正确选择回火方法。

三、素质目标

较熟练地掌握钢的退火、正火、淬火、回火的方法及应用，具有初步运用能力；了解热处理、化学热处理方法与应用。

四、教学要求

较熟练地掌握钢的退火、正火、淬火、回火的方法及应用，具有初步运用能力；一般了解钢的表面热处理、化学热处理方法与应用。

**[教学重点]**

钢的退火、正火、淬火、回火的目的、方法及应用。

**[难点分析]**

淬透性、淬硬性概念及应用。

**[分析学生]**

钢的退火与正火、淬火、回火是最常用的热处理方法。退火与正火常用作毛坯和零件的预备热处理；淬火是钢强化的主要手段，与回火配合多用作零件的最终热处理，要引导学生认真学习，努力掌握。表面热处理、化学热处理主要解决零件的表面强化问题，是钢的整体热处理（退火、正火、淬火、回火）的补充和完善，相互配合，全面达到零件多种多样的使用性能要求。本次课工艺性强，多利用网络课程视频资料。

**[教学设计思路]**

讲授与演示交叉进行，讲授中穿插练习与设问、穿插讨论，最后进行归纳。

**【教学资源】**

机械基础在线开放课程．“中国职教MOOC”频道，高等教育出版社。

**[教学安排]**

2学时（90分钟）

**[教学过程]**

一、复习旧课

1．非合金钢、低合金钢、合金钢的牌号、性能、用途与含碳质量分数、含合金元素质量分数的关系；

2.非铁金属的分类、性能与用途。非金属的分类、性能与用途；

3．讲评作业批改情况。

二、导入新课

钢的热处理是采用适当的方式对钢铁材料或工件进行加热、保温和冷却以获得预期的组织结构与性能的工艺。

热处理能显著提高钢的力学性能，满足零件使用要求和延长寿命；还可改善钢的加工性能，提高加工质量和劳动生产率。

热处理在机械制造中应用很广，汽车、拖拉机中有70%~80%的零件进行热处理，各种刀具、量具、模具等几乎100%要进行热处理。

三、新课教学

（一）钢的热处理

钢的热处理是指采用适当方式将钢或钢制零件进行加热保温和冷却，以获得预期的组织结构与性能的工艺。

热处理的方法分为整体热处理（退火、正火、淬火和回火）和表面热处理（表面淬火和化学热处理）。

碳的质量分数不同的钢，在进行退火、正火、淬火、回火操作时所加热温度的区间是不同的。

碳的质量分数一定的钢，在进行退火、正火、淬火、回火操作时，冷却的速度也不同。其原因在于，碳的质量分数一定的铁碳合金在不同的温度下，所具有的状态及组织结构是不同的，铁碳合金状态图揭示了钢在经过热处理之后其性能发生变化的原因。

1．钢的退火与正火

退火与正火的目的是降低材料的硬度，改善切削加工性能。

1）退火

将钢加热到适当温度，保持一定时间，然后随炉缓慢冷却的热处理工艺。

2）正火

将钢加热到适当温度，保持一定时间，然后出炉空冷的热处理工艺。

教师讲授钢的热处理含义、工艺、作用和种类；讲授钢退火、正火的工艺、目的、方法和用途。讲授中演示热处理的作用与重要性，两者的区别在于正火与退火的泠却速度快慢。要举实例来讲课，才能比较之间的不同。

2.钢的淬火

钢的淬火目的是提高材料的表面的硬度。

教师讲授钢淬火的方法、工艺及应用；淬硬性、淬透性概念及它们的区别。讲授中演示钢的淬火视频。以45钢为例来讲课更好懂。

答疑：淬火工艺中的淬硬性和淬透性有区别吗？

3.钢的回火

将淬火钢重新加热到低于727℃的某一温度，保温一定时间，然后空冷到室温的热处理工艺。目的是消除淬火时产生的内应力，按回火温度分成三个：

（1）低温回火 150～250度

（2）中温回火 250～500度

（3）高温回火 500～650度

淬火后高温回火称为调质处理，是合金钢常用的一种提高材料力学性能的有效方法。

钢的回火目的是消除材料淬火后产生的内应力，稳定组织。教师讲授回火的工艺、目的、方法与应用。

4．钢的表面热处理

钢的表面热处理目的是提高表面的硬度和耐磨性，主要的方法有表面淬火和化学热处理。

表面淬火是对表面作淬火处理，可用火焰加热表面，但更多的是采用高频感应加热的方法，然后用水泠却。

化学热处理常用渗碳和氮的方法，渗碳是针对低碳钢的，旨在提高表面碳的含量，再然后进行淬火处理。

教师讲授表面热处理的种类、方法、特点及应用。教师用视频演示火焰淬火特点及应用，感应加热基本原理与热处理的过程。

教师讲授化学热处理工艺、作用、方法与应用。教师演示化学热处理过程。

四、小结（5分钟）

简述钢的退火、正火、淬火、回火的目的、方法及应用。

1. 作业布置

活动作业：取一段铁丝，用打火机烧红，然后放入100℃、40℃、20℃三种不同温度的水中冷却，然后体验铁丝的硬度是否有差别？

模块三 材料与选用

3.5 材料的选择及运用

**[课题名称]**

材料的选用

**［教学目标与要求］**

一、知识目标

了解材料的选择原则。

二、能力目标

了解材料的选择原则，会正确选择常见材料。

三、素质目标

熟悉材料的选择原则

四、教学要求

**[教学重点]**

熟悉材料选择依据，基本掌握材料选择方法。

**[难点分析]**

具体选用材料的方法。

**[分析学生]**

学生对材料选择方法认识不足，需要多举实例给予说明。

**[教学方法]**

讲练法、演示法、讨论法。

**【教学资源】**

机械基础在线开放课程．“中国职教MOOC”频道，高等教育出版社。

**[教学安排]**

2学时（90分钟）

教学步骤：讲授中穿插设问与练习，穿插演示、讨论，最后归纳总结。

**[教学过程]**

一、复习旧课（15分钟）

讲评作业批改情况

二、导入新课

零件是机械制造的单元，材料是制造零件的物质，机械的性能与零件的寿命都与材料密切相关。合理选材涉及综合运用多学科知识和实践经验，要结合实际情况具体分析。

三、新课教学

（一）零件的失效形式及原因

零件的常见失效形式是断裂、过量变形和表面损伤，保证零件的使用寿命不发生失效是选择材料的依据，据此应合理选材。

1.断裂

指零件完全断裂而无法工作的失效,是机械零件的主要失效形式。

2.过量变形

指在外力作用下零件发生整体或局部的过量弹性变形、塑性变形或蠕变变形，导致整个机器或设备无法正常工作，或能正常工作但保证不了产品质量的现象。

3.表面损伤

零件在工作中因机械和化学使用使其表面损伤而造成的失效，包括磨损失效、接触疲劳失效、表面腐蚀失效等。

（二）钢材的供应形式

市场上提供的钢材，是在钢厂经过轧制、拉拔、挤压等压力加工形成的型材，在性能、形状、尺寸、表面质量等方面符合用户要求，价格有一定竞争力。

1. 钢板

厚度超过25mm的为厚板；厚度在4～25mm的为中板；厚度小于4mm的为薄板。钢带窄而长，成卷供应。钢板镀锌、镀锡及塑料复合等表面处理技术成熟。

1. 钢管

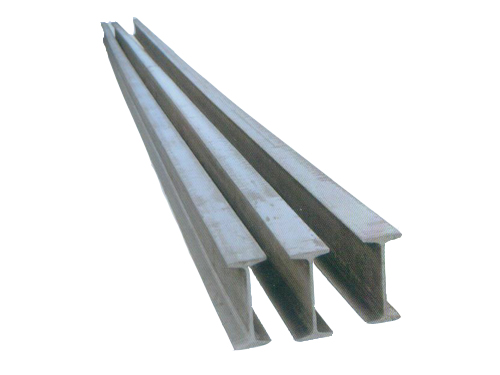
无缝钢管是经过冷拔或热轧成形，能够承受较高压力，成本高，用于工业及中高压。有缝钢管是钢板或钢带卷制成形后焊接而成，用于市政及低压管道。

1. 钢丝

钢丝用热轧线材拉拔而成。退火低碳钢丝可在包装时捆扎物品，高碳钢丝可制成弹簧，多根钢丝可以捻成合股的钢丝绳和钢索，用于吊运或固定物体。

1. 型钢

型钢一类是由棒材轧机生产的简单截面型钢，如圆钢、方钢、扁钢、六角钢和八角钢等；另一类是由型材轧机生产的复杂截面型钢，如工字钢、角钢、槽钢、Z形钢和T形钢等。普通型钢主要用于建筑、桥梁等工程结构，优质型钢主要用于机械零件及工具。

（a）圆钢 （b）方钢 （c）角钢 （d）槽钢 （e）工字钢

常见型钢

1. 选用材料的基本原则、方法和步骤

选材应该兼顾使用要求、工艺要求、经济性，做到材尽其用。

1.选用材料的基本原则

（1）满足使用性能

（2）兼顾材料的工艺性能

（3）考虑经济性

2.选用材料的方法

（1）综合力学性能为主要依据

（2）以磨损、疲劳强度为主要依据

3.选用材料的步骤

（1）确定性能要求

（2）比较同类零件

（3）作关键位置的强度计算

四、小结（5分钟）

机械零件材料选择的原则、依据和方法。

五、作业布置

活动作业：在保证安全的前提下，分小组参观钢材市场，观察并记录各种非合金钢、低合金钢、合金钢板材、管材、线材及型钢的牌号、规格，主要销售流向及用途等，写出调查小报告。