第一章

**1.为什么说钢中的S、P杂质元素在一般情况下总是有害的？**

答：S、P会导致钢的热脆和冷脆，并且容易在晶界偏聚，导致合金钢的第二类高温回火脆性，高温蠕变时的晶界脆断。

S能形成FeS，其熔点为989℃，钢件在大于1000℃的热加工温度时FeS会熔化，所以易产生热脆；

P能形成Fe3P，性质硬而脆，在冷加工时产生应力集中，易产生裂纹而形成冷脆。

**2.钢中的碳化物按点阵结构分为哪两大类？各有什么特点？**

答：简单点阵结构和复杂点阵结构

简单点阵结构的特点：硬度较高、熔点较高、稳定性较好；

复杂点阵结构的特点：硬度较低、熔点较低、稳定性较差。

**3.简述合金钢中碳化物形成规律。**

答：①当rC/rM>0.59时，形成复杂点阵结构；当rC/rM<0.59时，形成简单点阵结构；

②相似者相溶：完全互溶：原子尺寸、电化学因素均相似；有限溶解：一般K都能溶解其它元素，形成复合碳化物。

③NM/NC比值决定了碳化物类型④碳化物稳定性越好，溶解越难，析出难越，聚集长大也越难；⑤强碳化物形成元素优先与碳结合形成碳化物。

**4.合金元素对Fe-C相图的S、E点有什么影响？这种影响意味着什么？**

答：A形成元素均使S、E点向\_\_\_\_\_移动，F形成元素使S、E点向\_\_\_\_\_移动。

S点左移意味着\_\_\_\_\_减小，E点左移意味着出现\_\_\_\_\_\_\_降低。

（左下方；左上方）（共析碳量；莱氏体的C量）

**5.试述钢在退火态、淬火态及淬火-回火态下，不同合金元素的分布状况。**

答：退火态：非碳化物形成元素绝大多数固溶于基体中，而碳化物形成元素视C和本身量多少而定。优先形成碳化物，余量溶入基体。

淬火态：合金元素的分布与淬火工艺有关。溶入A体的因素淬火后存在于M、B中或残余A中，未溶者仍在K中。

回火态：低温回火，置换式合金元素基本上不发生重新分布；>400℃，Me开始重新分布。非K形成元素仍在基体中，K形成元素逐步进入析出的K中，其程度取决于回火温度和时间。

**6.有哪些合金元素强烈阻止奥氏体晶粒的长大？阻止奥氏体晶粒长大有什么好处？**

答：Ti、Nb、V等强碳化物形成元素（好处）：能够细化晶粒，从而使钢具有良好的强韧度配合，提高了钢的综合力学性能。

**7.哪些合金元素能显著提高钢的淬透性？提高钢的淬透性有何作用？**

答：在结构钢中，提高马氏体淬透性作用显著的元素从大到小排列：Mn、Mo、Cr、Si、Ni等。

作用：一方面可以使工件得到均匀而良好的力学性能，满足技术要求；另一方面，在淬火时，可选用比较缓和的冷却介质，以减小工件的变形与开裂倾向。

**8.能明显提高回火稳定性的合金元素有哪些？提高钢的回火稳定性有什么作用？**

答：提高回火稳定性的合金元素：Cr、Mn 、Ni、Mo、W、V、Si

作用：提高钢的回火稳定性，可以使得合金钢在相同的温度下回火时，比同样碳含量的碳钢具有更高的硬度和强度；或者在保证相同强度的条件下，可在更高的温度下回火，而使韧性更好些。

**9.第一类回火脆性和第二类回火脆性是在什么条件下产生的？如何减轻和消除？**

答：**第一类回火脆性:**

脆性特征：①不可逆；②与回火后冷速无关；③断口为晶界脆断。

产生原因：钢在200-350℃回火时，Fe3C薄膜在奥氏体晶界形成，削弱了晶界强度；杂质元素P、S、Bi等偏聚晶界，降低了晶界的结合强度。

防止措施：①降低钢中杂质元素的含量；②用Al脱氧或加入Nb（铌）、V、Ti等合金元素细化奥氏体晶粒；③加入Cr、Si调整温度范围；④采用等温淬火代替淬火回火工艺。

**第二类回火脆性：**

脆性特征：①可逆；②回火后满冷产生，快冷抑制；③断口为晶界脆断。

产生原因：钢在450-650℃回火时，杂质元素Sb、S、As或N、P等偏聚于晶界，形成网状或片状化合物，降低了晶界强度。高于回火脆性温度，杂质元素扩散离开了晶界或化合物分解了；快冷抑制了杂质元素的扩散。

防止措施：①降低钢中的杂质元素；②加入能细化A晶粒的元素（Nb、V、Ti）③加入适量的Mo、W元素；④避免在第二类回火脆性温度范围回火。

**10.就合金元素对铁素体力学性能、碳化物形成倾向、奥氏体晶粒长大倾向、淬透性、回火稳定性和回火脆性等几个方面总结下列元素的作用：Si、Mn、Cr、Mo、W、V、Ni。**

答：**Si：**

①Si是铁素体形成元素，固溶强化效果显著；（强度增加，韧性减小）

②Si是非碳化物形成元素，增大钢中的碳活度，所以含Si钢的脱C倾向和石墨化倾向较大；

③Si量少时，如果以化合物形式存在，则阻止奥氏体晶粒长大，从而细化A晶粒，同时增大了钢的强度和韧性；

④Si提高了钢的淬透性，使工件得到均匀而良好的力学性能。在淬火时，可选用比较缓和的冷却介质，以减小工件的变形与开裂倾向。

⑤Si提高钢的低温回火稳定性，使相同回火温度下的合金钢的硬度高于碳钢；

⑥Si能够防止第一类回火脆性。

**Mn:**

①Mn强化铁素体，在低合金普通结构钢中固溶强化效果较好；（强度增加，韧性减小）

②Mn是奥氏体形成元素，促进A晶粒长大，增大钢的过热敏感性；

③Mn使A等温转变曲线右移，提高钢的淬透性；

④Mn提高钢的回火稳定性，使相同回火温度下的合金钢的硬度高于碳钢；

⑤Mn促进有害元素在晶界上的偏聚，增大钢回火脆性的倾向。

**Cr：**

①Cr是铁素体形成元素，固溶强化效果显著；（强度增加，韧性减小）

②Cr是碳化物形成元素，能细化晶粒，改善碳化物的均匀性；

③Cr阻止相变时碳化物的形核长大，所以提高钢的淬透性；

④Cr提高回火稳定性，使相同回火温度下的合金钢的硬度高于碳钢；

⑤Cr促进杂质原子偏聚，增大回火脆性倾向；

**Mo:（W类似于Mo）**

①是铁素体形成元素，固溶强化效果显著；（强度增加，韧性减小）

②是较强碳化物形成元素，所以能细化晶粒，改善碳化物的均匀性，大大提高钢的回火稳定性；

③阻止奥氏体晶粒长大，细化A晶粒，同时增大了钢的强度和韧性；

④能提高钢的淬透性，使工件得到均匀而良好的力学性能。在淬火时，可选用比较缓和的冷却介质，以减小工件的变形与开裂倾向。

⑤能有效地抑制有害元素的偏聚，是消除或减轻钢第二类回火脆性的有效元素。

**V**:（Ti、Nb类似于V）

①是铁素体形成元素，固溶强化效果显著；（强度增加，韧性减小）

②是强碳化物形成元素，形成的VC质点稳定性好，弥散分布，能有效提高钢的热强性和回火稳定性；

③阻止A晶粒长大的作用显著，细化A晶粒，同时增大了钢的强度和韧性；

④提高钢的淬透性，消除回火脆性。

**Ni:**

①是奥氏体形成元素，促进晶粒长大，增大钢的过热敏感性；（强度增加，韧性增加）

②是非碳化物形成元素，增大钢中的碳活度，所以含Ni钢的脱C倾向和石墨化倾向较大；

③对A晶粒长大的影响不大；

④能提高钢的淬透性，使工件得到均匀而良好的力学性能。在淬火时，可选用比较缓和的冷却介质，以减小工件的变形与开裂倾向。

⑤提高回火稳定性，使相同回火温度下的合金钢的硬度高于碳钢；

⑥促进钢中有害元素的偏聚，增大钢的回火脆性。

**总结：**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Si** | **Mn** | **Cr** | **Mo** | **W** | **V** | **Ni** |
| **F的力学**  **性能** | **增加强度，减小韧性** | **增加强度、韧性** | **同上** | **增加强度，减小韧性** | **同上** | **同上** | **增加强度、韧性** |
| **K形成倾向** | **非K形成元素** | **弱K形成元素** | **中强K形成元素** | **中强K形成元素** | **中强K形成元素** | **强K形成元素** | **非K形成元素** |
| **A晶粒长大倾向** | **细化** | **促进** | **阻碍作用中等** | **阻碍作用中等** | **阻碍作用中等** | **大大阻碍** | **影响不大** |
| **淬透性** | **增加** | **增加** | **增加** | **增加** | **增加** | **增加** | **增加** |
| **回火稳定性** | **提高低温回火** | **提高** | **提高** | **提高** | **提高** | **提高** | **影响不大** |
| **回火脆性** | **推迟低温回脆，促进高温回脆** | **促进** | **促进** | **大大降低** | **降低** | **降低** | **促进** |

**11.根据合金元素在钢中的作用，从淬透性、回火稳定性、奥氏体晶粒长大倾向、韧性和回火脆性等方面比较下列钢号的性能：40Cr、40CrNi、40CrMn、40CrNiMo**

答：①淬透性：40CrNiMo>40CrMn >40CrNi >40Cr

（因为在结构钢中，提高马氏体淬透性作用显著的元素从大到小排列：Mn、Mo、Cr、Si、Ni，而合金元素的复合作用更大。）

②回火稳定性：40CrNiMo>40CrMn >40CrNi >40Cr

③奥氏体晶粒长大倾向：40CrMn>40Cr >40CrNi >40CrNiMo

④韧性：40CrNiMo>40CrNi>40CrMn>40Cr（Ni能够改善基体的韧度）

⑤回火脆性：40CrNi>40CrMn>40Cr>40CrNiMo（Mo降低回火脆性）

**12.为什么W、Mo、V等元素对珠光体转变阻止作用大，而对贝氏体转变影响不大？**

答：对于珠光体转变，不仅需要C的扩散和重新分布，而且还需要W、Mo、V等K形成元素的扩散，而间隙原子碳在A中的扩散激活能远小于W、Mo、V等置换原子的扩散激活能，所以W、Mo、V等K形成元素扩散是珠光体转变时碳化物形核的控制因素。

V主要是通过推迟碳化物形核与长大来提高过冷奥氏体的稳定性

W、Mo除了推迟碳化物形核与长大外，还增大了固溶体原子间的结合力、铁的自扩散激活能，减缓了C的扩散。

贝氏体转变是一种半扩散型相变，除了间隙原子碳能作长距离扩散外，W、Mo、V等置换原子都不能显著地扩散。W、Mo、V增加了C在y相中的扩散激活能，降低了扩散系数，推迟了贝氏体转变，但作用比Cr、Mn、Ni小。

**13.为什么钢的合金化基本原则是“复合加入”？试举两例说明合金元素复合作用的机理。**

答：因为合金元素能对某些方面起积极的作用，但许多情况下还有不希望的副作用，因此材料的合金化设计都存在不可避免的矛盾。合金元素有共性的问题，但也有不同的个性。不同元素的复合，其作用是不同的，一般都不是简单的线性关系，而是相互补充，相互加强。所以通过合金元素的复合能够趋利避害，使钢获得优秀的综合性能。

例子：①Nb-V复合合金化：由于Nb的化合物稳定性好，其完全溶解的温度可达1325-1360℃。所以在轧制或锻造温度下仍有未溶的Nb，能有效地阻止高温加热时A晶粒的长大，而V的作用主要是沉淀析出强化。

②Mn-V复合：Mn有过热倾向，而V是减弱了Mn的作用；Mn能降低碳活度，使稳定性很好的VC溶点降低，从而在淬火温度下VC也能溶解许多，使钢获得较好的淬透性和回火稳定性。

**14.合金元素V在某些情况下能起到降低淬透性的作用，为什么？而对于40Mn2和42Mn2V，后者的淬透性稍大，为什么？**

答：钒和碳、氨、氧有极强的亲和力，与之形成相应的稳定化合物。钒在钢中主要以碳化物的形式存在。其主要作用是细化钢的组织和晶粒，降低钢的强度和韧性。当在高温溶入固溶体时，增加淬透性；反之，如以碳化物形式存在时，降低淬透性。

**15.怎样理解“合金钢与碳钢的强度性能差异，主要不在于合金元素本身的强化作用，而在于合金元素对钢相变过程的影响。并且合金元素的良好作用，只有在进行适当的热处理条件下才能表现出来”？**

**16.合金元素提高钢的韧度主要有哪些途径？**

答：①细化奥氏体晶粒-----如Ti、V、Mo

②提高钢的回火稳定性-----如强K形成元素

③改善基体韧度-----------Ni

④细化碳化物-------------适量的Cr、V

⑤降低或消除钢的回火脆性—W、Mo

⑥在保证强度水平下，适当降低含碳量，提高冶金质量

⑦通过合金化形成一定量的残余奥氏体

**17.40Cr、40CrNi、40CrNiMo钢，其油淬临界淬透直径Dc分别为25-30mm、40-60mm、60-100mm，试解释淬透性成倍增大的现象。**

答：在结构钢中，提高马氏体淬透性作用显著的元素从大到小排列：Mn、Mo、Cr、Si、Ni等。Cr、Ni、Mo都能提高淬透性，40Cr、40CrNi、40CrNiMo单一加入到复合加入，淬透性从小到大。较多的Cr和Ni的适当配合可大大提高钢的淬透性，而Mo提高淬透性的作用非常显著。

**18.钢的强化机制有哪些？为什么一般钢的强化工艺都采用淬火-回火？**

答：四种强化机制：固溶强化、位错强化、细晶强化和第二相弥散强化。

因为淬火+回火工艺充分利用了细晶强化,固溶强化、位错强化、第二相强化这四种强化机制。 (1)淬火后获得的马氏体是碳在α-Fe 中的过饱和间隙固溶体,碳原子起到了间隙固溶强化效应。

(2)马氏体形成后，奥氏体被分割成许多较小的取向不同的区域，产生了细晶强化作用。

(3)淬火形成马氏体时，马氏体中的位错密度增高，从而产生位错强化效应。

(4)淬火后回火时析出的碳化物造成强烈的第二相强化，同时也使钢的韧性得到了改善。

综上所述：无论是碳钢还是合金钢，在淬火-回火时充分利用了强化材料的四种机制，从而使钢的机械性能的潜力得到了充分的发挥。所以获得马氏体并进行相应的回火是钢的最经济最有效的综合强化手段。

**19.试解释40Cr13已属于过共析钢，而Cr12钢中已经出现共晶组织，属于莱氏体钢。**

答：①因为Cr属于封闭y相区的元素，使S点左移，意味着共析碳量减小，所以钢中含有Cr12%时，共析碳量小于0.4%，所以含0.4%C、13%Cr的40Cr13不锈钢就属于过共析钢。

②Cr使E点左移，意味着出现莱氏体的碳含量减小。在Fe-C相图中，E点是钢和铁的分界线，在碳钢中是不存在莱氏体组织的。但是如果加入了12%的Cr，尽管含碳量只有2%左右，钢中却已经出现了莱氏体组织。

**20.试解释含Mn稍高的钢易过热；而含Si的钢淬火加热温度应稍高，且冷作硬化率较高，不利于冷变形加工。**

答：Mn是奥氏体形成元素，降低钢的A1温度，促进晶粒长大，增大钢的过热敏感性；

Si是铁素体形成元素，提高了钢的A1温度，所以含Si钢往往要相应地提高淬火温度。

冷作硬化率高，材料的冷成型性差。合金元素溶入基体，点阵产生不同程度的畸变，使冷作硬化率提高，钢的延展性下降。

**21.什么叫钢的内吸附现象？其机理和主要影响因素是什么？**

答：合金元素溶入基体后，与晶体缺陷产生交互作用，使这些合金元素发生偏聚或内吸附，使偏聚元素在缺陷处的浓度大于基体中的平均浓度，这种现象称为内吸附现象。

机理：从晶体结构上来说，缺陷处原子排列疏松、不规则，溶质原子容易存在；从体系能量角度上分析，溶质原子在缺陷处的偏聚，使系统自由能降低，符合自然界最小自由能原理。从热力学上说，该过程是自发进行的，其驱动力是溶质原子在缺陷和晶内处的畸变能之差。

影响因素：①温度：随着温度的下降，内吸附强烈；

②时间：通过控制时间因素来控制内吸附；

③缺陷类型：缺陷越混乱，畸变能之差越大，吸附也越强烈；

④其他元素：不同元素的吸附作用是不同的，也有优先吸附的问题；

⑤点阵类型：基体的点阵类型对间隙原子有影响。

**22.试述钢中置换固溶体和间隙固溶体形成的规律**

答：置换固溶体的形成的规律：决定组元在置换固溶体中的溶解度因素是点阵结构、原子半径和电子因素，无限固溶必须使这些因素相同或相似.

①Ni、Mn、Co与y-Fe的点阵结构、原子半径和电子结构相似，即无限固溶；

②Cr、V与α-Fe的点阵结构、原子半径和电子结构相似，形成无限固溶体；

③Cu和γ-Fe点阵结构、原子半径相近，但电子结构差别大——有限固溶；

④**原**子半径对溶解度影响：ΔR≤±8%，可以形成无限固溶；≤±15%，形成有限固溶；>±15%，溶解度极小。

间隙固溶体形成的规律：

①间隙固溶体总是有限固溶体，其溶解度取决于溶剂金属的晶体结构和间隙元素的原子尺寸；

②间隙原子在固溶体中总是优先占据有利的位置；

③间隙原子的溶解度随溶质原子的尺寸的减小而增大；

④同一溶剂金属不同的点阵结构，溶解度是不同的，C、N原子在y-Fe中的溶解度高于a-Fe。

**23.在相同成分的粗晶粒和细晶粒钢中，偏聚元素的偏聚程度有什么不同？**

**24.试述金属材料的环境协调性设计的思路**

答：金属材料的使用，不仅要考虑产品的性能要求，更应考虑材料在生命周期内与环境的协调性。将LCA方法应用到材料设计过程中产生的新概念，它要求在设计时要充分兼顾性能、质量、成本和环境协调性，从环境协调性的角度对材料设计提出指标及建议。

尽量不使用环境协调性不好的元素，即将枯竭性元素和对生态环境及人体有害作用的元素。

**25.什么叫简单合金、通用合金？试述其合金化设计思想及其意义。**

答：**简单合金**：组元组成简单的合金系。

设计化思想：通过选择适当的元素，不含有害元素、不含枯竭元素和控制热加工工艺来改变材料的性能。简单合金在成分设计上有几个特点：合金组元简单，再生循环过程中容易分选；原则上不加入目前还不能精炼方法除去的元素；尽量不适用环境协调性不好的合金元素。

意义：不含对人体及生态环境有害的元素，不含枯竭性元素，并且主要元素在地球上的储量相当大，并且容易提取。所生产的材料既具有良好的力学性能，又有好的再生循环性。

**通用合金**：是指通过调整元素含量能在大范围内改变材料性能，且元素数最少的合金系。

设计思想：合金的种类越多，再生循环就越困难。最理想的情况是所有金属制品用一种合金系来制造，通过改变成分配比改变材料性能。

意义：这种通用合金能满足对材料要求的通用性能，如耐热性、耐腐蚀性和高强度等。合金在具体用途中的性能要求则可以通过不同的热处理等方法来实现。通过调整成分配比开发出性能更加优异、附加值更高的再生材料。

**26.与碳素钢相比，一般情况下合金钢有哪些主要优缺点？**

答：优点：晶粒细化、淬透性高、回火稳定性好；

缺点：合金元素的加入使钢的冶炼以及加工工艺性能比碳素钢差，价格也较为昂贵。而且回火脆性倾向也较大。

**第二章 工程结构钢**

**1.叙述构件用钢一般的服役条件、加工特点和性能要求。**

答：服役条件：①工程结构件长期受静载；②互相无相对运动受大气（海水）的侵蚀；③有些构件受疲劳冲击；④一般在-50~100℃范围内使用；

加工特点：焊接是构成金属结构的常用方法；一般都要经过如剪切、冲孔、热弯、深冲等成型工艺。

性能要求：①足够的强度与韧度（特别是低温韧度）；②良好的焊接性和成型工艺性；

③良好的耐腐蚀性；

**2.低碳钢中淬火时效和应变时效的机理是什么？对构件有何危害？**

答：构件用钢加热到Ac1以上淬火或塑性变形后，在放置过程中，强度、硬度上升，塑性、韧性下降，韧脆转变温度上升，这种现象分别称为淬火时效和应变时效。

产生的原因：C、N等间隙原子偏聚或内吸附于位错等晶体缺陷处。提高硬度、降低塑性和韧度。

危害：在生产中的弯角、卷边、冲孔、剪裁等过程中产生局部塑形变形的工艺操作，由于应变时效会使局部地区的断裂抗力降低，增加构件脆断的危险性。应变时效还给冷变形工艺造成困难，往往因为裁剪边出现裂缝而报废。

**3.为什么普低钢中基本上都含有不大于2.0%w(Mn)？**

答：加入Mn有固溶强化作用，每1%Mn能够使屈服强度增加33MPa。但是由于Mn能降低A3温度，使奥氏体在更低的温度下转变为铁素体而有轻微细化铁素体晶粒的作用。Mn的含量过多时，可大为降低塑韧性，所以Mn控制在<2.0%。

**4.为什么贝氏体型普低钢多采用0.5%w(Mo)和微量B作为基本合金化元素？**

答：钢中的主要合金元素是保证在较宽的冷却速度范围内获得以贝氏体为主的组织。当Mo大于0.3%时，能显著推迟珠光体的转变，而微量的B在奥氏体晶界上有偏析作用，可有效推迟铁素体的转变，并且对贝氏体转变推迟较少。因此Mo、B是贝氏体钢中必不可少的元素。

**5.什么是微合金化钢？微合金化元素的主要作用是什么？**

答：**微合金化钢**是指[化学](http://baike.baidu.com/view/2507.htm)成分规范上明确列入需加入一种或几种碳氮化物形成元素的钢中。

作用：Nb、V、Ti单元或复合是常用的，其作用主要有细化晶粒组织和析出强化。微合金元素通过阻止加热时奥氏体晶粒长大和抑制奥氏体形变再结晶这两方面作用可使轧制后铁素体晶粒细化，从而具有较好的强韧度配合。

**6.在汽车工业上广泛应用的双相钢，其成分、组织和性能特点是什么？为什么能在汽车工业上得到大量应用，发展很快？**

答：主要成分： ~0.2%C，1.2~1.5%Si，0.8~1.5%Mn，~0.45%Cr，~0.4%Mo，少量V 、Nb、Ti。（质量分数）

组织：F+M组织，F基体上分布不连续岛状混合型M（<20%）。

F中非常干净，C、N等间隙原子很少；C和Me大部分在M中.

性能特点：低σs，且是连续屈服，无屈服平台和上、下屈服；均匀塑变能力强，总延伸率较大，冷加工性能好；加工硬化率n值大，成型后σs可达500~700MPa。

因为双相钢具有足够的冲压成型性，而且具备良好的塑性、韧度，一定的马氏体还可以保证提高钢的强度。

**7.在低合金高强度工程结构钢中大多采用微合金元素（Nb、V、Ti等），它们的主要作用是什么？**

答：Nb、V、Ti单元或复合是常用的，其作用主要有细化晶粒组织和析出强化。微合金元素通过阻止加热时奥氏体晶粒长大和抑制奥氏体形变再结晶这两方面作用可使轧制后铁素体晶粒细化，从而具有较好的强韧度配合。

**第三章**

3-2为什么说淬透性是评定钢结构性能的重要指标？

结构钢一般要经过淬火后才能使用。淬透性好坏直接影响淬火后产品质量 3-3调质钢中常用哪些合金元素？这些合金元素各起什么作用？ Mn：↑↑淬透性，但↑过热倾向，↑回脆倾向； Cr：↑↑淬透性，↑回稳性，但↑回脆倾向；  Ni:↑基体韧度， Ni-Cr复合↑↑淬透性，↑回脆 ； Mo：↑淬透性,↑回稳性，细晶,↓↓回脆倾向； V：有效细晶，(↑淬透性) ，↓↓过热敏感性。

3-4机械制造结构钢和工程结构钢对使用性能和工艺性能上的要求有什么不同？ 工程结构钢：1、足够的强度与韧度（特别是低温韧度）；2、良好的焊接性和成型工艺性；3、良好的耐腐蚀性；4、低的成本

   机械制造结构钢：1具有良好的力学性能不同零件，对钢强、塑、韧、疲劳、耐磨性等有不同要求2具有良好冷热加工工艺性  如锻造、冲压、热处理、车、铣、刨、磨等 3-5低碳马氏体钢在力学性能和工艺性上有哪些优点？在应用上应注意些什么问题？

力学性能：抗拉强度σb  ，1150~1500MPa ；屈服强度σs ,  950~1250 MPa ψ≥40% ；伸长率δ，≥10% ；冲击韧度AK≥6J 。这些性能指标和中碳合金调质钢性能相当，常规的力学性能甚至优于调质钢。

工艺性能：锻造温度淬火加自回火

局限性：工作温度<200℃;强化后难以进行冷加工\焊接等工序; 只能用于中小件;淬火时变形大,要求严格的零件慎用.

3-6某工厂原来使用45MnNiV生产直径为8mm高强度调质钢筋，要求

Rm>1450Mpa,ReL>1200Mpa,A>0.6%,热处理工艺是（920±20）℃油淬，（470±10）℃回火。因该钢缺货，库存有25MnSi钢。请考虑是否可以代用。热处理工艺如何调整？ 能代替，900℃油淬或水淬，200℃回火

3-7试述弹簧的服役条件和对弹簧钢的主要性能要求。为什么低合金弹簧钢中碳含量一般在0.5%~0.75%（质量分数）之间？ 服役条件：储能减振、一般在动负荷下工作即在冲击、振动和长期均匀的周期改变应力下工作、也会在动静载荷作用下服役；

   性能要求：高的弹性极限及弹性减退抗力好，较高的屈服比；高的疲劳强度、足够的塑性和韧度；工艺性能要求有足够的淬透性；在某些环境下，还要求弹簧具有导电、无磁、耐高温和耐蚀等性能，良好的表面质量和冶金质量

   总的来说是为了保证弹簧不但具有高的弹性极限﹑高的屈服极限和疲劳极限（弹簧钢含碳量要比调质钢高），还要有一定的塑性和韧性（含碳量太高必然影响塑性和韧性了）。 3-8弹簧为什么要求较高的冶金质量和表面质量？弹簧的强度极限高是否也意味着弹簧的疲劳极限高，为什么？ 要严格控制弹簧钢材料的内部缺陷，要保证具有良好的冶金质量和组织均匀性；因为弹簧工作时表面承受的应力为最大，所以不允许表面缺陷，表面缺陷往往会成为应力高度集中的地方和疲劳裂纹源，显著地降低弹簧的疲劳强度 不一定高。强度极限是在外力作用下进一步发生形变.是保持构件机械强度下能承受的最大应力，包括拉伸、压缩和剪切强度，不一定指弹性极限

3-9有些普通弹簧冷卷成型后为什么进行去应力退火？车辆用板簧淬火后，为什么要用中温回火？

去应力退火的目的是：

a)消除金属丝冷拔加工和弹簧冷卷成形的内应力； b)稳定弹簧尺寸，利用去应力退火来控制弹簧尺寸；

  c)提高金属丝的抗拉强度和弹性极限； 回火目的：（1）减少或消除淬火内应力，防止工件变形或开裂。            （2）获得工艺要求的力学性能。          （3）稳定工件尺寸

回火工艺选择的依据是弹性参数和韧性参数的平衡和配合 3-10  大型弹簧为什么要先成形后强化，小型弹簧先强化后成形?

为了方便成型，大弹簧强化后就很难改变形状了，所以要先成型再强化。反之小弹

簧就可以先强化再成型

3-11 直径为25mm的40CrNiMo钢棒料，经正火后难切削为什么？

40CrNiMo属于调质钢，正火得到的应该是珠光体组织。由于该钢的淬透性较好，空冷就能得到马氏体，不一定是全部，只要部分马氏体就会使硬度提高很多，而变得难以切削。

3-12钢的切削加工型与材料的组织和硬度之间有什么关系？为获得良好的切削性，中碳钢

和高碳钢各自经过怎样的热处理，得到什么样的金相组织？

硬度由高到低的组织：马氏体、珠光体和铁素体，硬度高切削性能差。 中碳钢：淬火加高温回火，回火后得回火索氏体

高碳钢：淬火加低温回火，回火后得回火马氏体少量碳化物和残余奥氏体 3-13用低淬钢做中、小模数的中、高频感应加热淬火齿轮有什么特点？

不改变表面化学成分，表面硬化而心部仍然保持较高的塑性和韧度；表面局部加热，零件的淬火变形小；加热速度快，可消除表面脱碳和氧化现象；在表面形成残余压应力，提高疲劳强度。小齿轮：得到沿着轮廓分布硬化层 → “仿形硬化”（关键） 3-14滚动轴承钢常含哪些元素、为什么含Cr量限制在一定范围？

①高碳、铬、硅、锰等合金元素

②它可以提高淬透性、回火稳定性、硬度、耐磨性、耐蚀性。但如果质量分数过大（大于1.65%）会使残余奥氏体增加，使钢的硬度、尺寸稳定性降低，同时增加碳化物的不均匀性，降低钢的韧性

3-15滚动轴承钢对冶金质量、表面质量和原始组织有那些要求，为什么？

要求：纯净和组织均匀，不允许缺陷存在

    原因：1轴承钢的接触疲劳寿命随钢中的氧化物级别增加而降低；非金属夹杂物可破坏

基体的连续性，容易引起应力集中，可达很高数值；2碳化物的尺寸和分布对轴承的接触疲劳寿命也有很大影响：大颗粒碳化物具有高的硬度和脆性、密集的碳化物影响钢的冷热加工性，降低钢的冲击韧度

3-16滚动轴承钢原始组织中碳化物的不均匀性有哪几种情况？应如何改善或消除？

液析碳化物、带状碳化物和网状碳化物     消除措施：液析碳化物：采用高温扩散退火，一般在1200℃进行扩散退火     带状碳化物：需要长时间退火

    网状碳化物：控制中扎或终锻温度、控制轧制后冷速或正火 3-17在使用状态下，的最佳组织是什么？在工艺上应如何保证？

组织特点：细小均匀的奥氏体晶粒度5~8级；M中含0.5~0.6%C；隐晶M基体上分布细

小均匀的粒状K，体积分数约7~8%， 一般可有少量AR

热处理工艺：球化退火→为最终淬火作组织准备；淬回火工艺参数对疲劳寿命有很大影响；一般采用保护气氛加热或真空加热；160℃保温3h或更长回火，硬度62~66HRC；      如要求消除AR  → 淬火后立即冷处理,而后立即低温回火。

3-18分析机床主轴的服役条件、性能要求。按最终热处理工艺分类机床主轴有哪几种？每

种主轴可选用那些钢号？其冷热加工工艺路线是怎样的？

服役条件：① 传递扭矩，交变性，有时会承受弯曲、拉压负荷；② 都有轴承支承，轴颈处受磨损，需要较高的硬度，耐磨性好；③ 大多数承受一定的冲击和过载      性能要求：足够的强度；一定的韧度和耐磨性

     分类：轻载主轴：采用45钢，整体经正火或调质处理，轴颈处高频感应加热淬火；

中载主轴：一般用40Cr等制造，进行调质处理，轴颈处高频感应加热淬火。如冲击力较大，也可用20Cr等钢进行渗碳淬火

重载主轴：可用20CrMnTi钢制造，渗碳淬火

高精度主轴：一般可用38CrMoAlA氮化钢制造，经调质后氮化处理，可满足要求 冷热加工工艺路线：毛坯→ 预先热处理→机械粗加工→最终热处理（淬火回火或渗碳淬火等)→精加工。

3-19分析齿轮的服役条件、性能要求。在机床、汽车拖拉机及重型机械上，常分别采用哪

些材料做齿轮？应用那些热处理工艺？

服役条件：机床齿轮：载荷不大，工作平稳，一般无大的冲击力，转速也不高

汽车、拖拉机上的变速箱齿轮属于重载荷齿轮。

航空发动机齿轮和一些重型机械上的齿轮承受高速和重载

性能要求：较高的弯曲疲劳强度、高的接触疲劳抗力、足够的塑性和韧度、耐磨性好 机床齿轮：常选用调质钢制造，如45、40Cr、42SiMn等钢，热处理工艺为正火或调质，高频感应加热淬火

汽车、拖拉机上的变速箱齿轮：一般都采用渗碳钢，如20Cr、20CrMnTi等，进行渗碳热处理。

航空发动机齿轮和一些重型机械上的齿轮：一般多采用高淬透性渗碳钢，如12CrNi3A、18Cr2Ni4WA等钢。

3-20高锰耐磨钢有什么特点，如何获得这些特点，在什么情况下适合使用这类钢？

特点：高碳、高锰。铸件使用。

特点获得手段：

1材质方面：控制碳含量、锰含量、加入适量合金元素

2热处理方面：

① 水韧处理加热T应＞Acm，一般为1050 ~1100℃，在一定保温时间下，K全部溶入A中 ② 缓慢加热、避免产生裂纹

③ 铸件出炉至入水时间应尽量缩短，以避免碳化物析出。冷速要快，常采用水冷。水冷前

水温不宜超过30℃，水冷后水温应小 于60℃

④ 水韧处理后不宜再进行250~350℃的回火处理，也不宜在250~350℃以上温度环境中使

用。  应用：广泛应用于承受大冲击载荷、强烈磨损的工况下工作的零件，如各式碎石机的衬板、颚板、磨球，挖掘机斗齿、坦克的履带板等

3-21为什么ZGMn13型高锰耐磨钢咋淬火时能得到全部奥氏体组织，而缓冷却得到了大量的

马氏体？

① 由于高锰钢的铸态组织为奥氏体，碳化物及少量的相变产物珠光体所组成。沿奥氏体晶

界析出的碳化物降低钢的韧性，为消除碳化物，将钢加热至奥氏体区温度（1050-1100℃，

视钢中碳化物的细小或粗大而定）并保温一段时间（每25mm壁厚保温1h），使铸态组织

中的碳化物基本上都固溶到奥氏体中，然后在水中进行淬火，从而得到单一的奥氏体组织                  ②Mn元素的存在降低了Ms点，在冷却过程中Mn元素会析出以使Ms点升高。淬火时冷却速度较快Mn来不及析出，所以Ms点较低，得到的是奥氏体组织；缓慢冷却时Mn可以析出，Ms点上升，得到的就是大量马氏体组织。

3-22一般说硫（S）元素在钢中的有害作用是引起热脆性，而在易切削钢中为什么有有意的加入一定量的S元素？

硫在钢中与锰和铁形成硫化锰夹杂，这类夹杂物能中断基体金属的连续性，在切削时促使断屑形成小而短的卷曲半径，而易于排除，减少刀具磨损，降低加工表面粗糙度，提高刀具寿命。通常钢的被切削性随钢中硫含量的增多而增高。 3-23 20Mn2钢渗碳后是否适合直接淬火，为什么？

不能，原因：20Mn2不是本质细晶粒钢，Mn元素在低碳钢中减小的是珠光体晶粒尺寸，高碳钢中增大的也是珠光体晶粒，而粗晶粒钢是加热时（在一定范围内，对本质晶粒钢是在930以下）随温度升高晶粒变大，细晶粒钢是变小，或者不易长大，Mn虽然可以细化珠光体，但是却可以增大奥氏体长大的倾向，对20Mn2，含锰较高，这样大大增加奥氏体长大的倾向，所以是本质粗晶粒钢，不能直接淬火。

3-24在飞机制造厂中，常用18Cr2Ni4WA钢制造发动机变速箱齿轮。为减少淬火后残余应力

和齿轮的尺寸变化，控制心部硬度不致过高，以保证获得必需的冲击吸收能量，采用如

下工艺：将渗碳后的齿轮加热到850℃左右，保温后淬入200~220℃的第一热浴中，保温10min左右，取出后立即置于500~570℃的第二热浴中，保持1~2h，去出空冷到室温。问此时钢表、里的组织是什么？（已知该钢的Ms是310℃，表面渗碳后的Ms约是80℃） 表层：回火马氏体加少量残余奥氏体 心部：回火索氏体

3-25某精密镗床主轴用38CrMoAl钢制造，某重型齿轮铣床主轴选择了20CrMnTi制造，某

普通车床材料为40Cr钢。试分析说明它们各自采用什么样的热处理工艺及最终的组织和性能特点（不必写出热处理工艺具体参数）。 热处理工艺：

38CrMoAlA氮化钢制造某精密镗床主轴，经调质后氮化处理，可满足要求。 20CrMnTi钢制造某重型齿轮铣床主轴，渗碳淬火。

40Cr钢制造某普通车床材料，进行调质处理，轴颈处高频感应加热淬火 最终组织和性能特点：

38CrMoAlA氮化钢 含氮层，回火索氏体 ；有高的表面硬度、耐磨性及疲劳强度，并具有良好的耐热性及腐蚀性，淬透性不高

20CrMnTi表面一般是残余奥氏体+马氏体+碳化物（有时无）的混合组织，心部是低碳马氏体、低碳马氏体+上贝氏体、或低碳马氏体+上贝氏体+铁素体的混合组织；具有较高的强度和韧性，特别是具有较高的低温冲击韧性良好的加工性，加工变形微小，抗疲劳性能相当好

40Cr钢  表面马氏体，心部回火索氏体；40Cr钢一定的韧性、塑性和耐磨性

3-26试述微合金非调质钢的成分、组织及性能特点

成分：①微合金非调质钢是通过微合金化、控制轧制（锻制）和控制冷却等强韧化方法，取消了调质处理达到或接近调质钢力学性能的一类优质或特殊质量结构钢

②微合金化元素： Ti、Nb、V 、N等元素，V是主要的。多元适量，复合加入原则 组织：主要是F+P+弥散析出K

性能特点：①微合金非调质钢获得了晶内析出铁素体(IGF)组织,细化了晶粒,热锻后的晶粒度可达8级以上。具有高强度、高韧性；②锻后空冷,抗拉强度、冲击韧度都很高 3-27材料选用的基本原则有哪些？ ① 满足使用性能要求； ② 满足工艺性能要求

③ 要经济适用 ④ 其他因素：考虑外形和尺寸特点；合金化基本原则：多元适量，复合加入。 3-28论述选择材料的基本思路和方法。

① 分析材料的工作条件、尺寸形状和应力状态，科学合理的确定零件的技术要求； ② 通过分析分析或实验，结合同类型零件失效分析结果，找出实际工作时零件的主要

和次要失效抗力指标作为选材的基本依据； ③ 根据所要求的主要力学性能，选择材料

④ 综合考虑钢种是否满足次要失效抗力指标的可能性和可能采用的工艺措施

⑤ 审查所选钢种是否满足所有工艺性基本要求和组织生产的可能性，进一步考虑材料的经济性和生产成本

⑥ 尽量选择简化加工工艺的材料、要考虑零件的综合成本、保证淬透性钢的合理选择。

1. **工模具钢**

4-1 在使用性能和工艺性能的要求上，工具钢和机器零件用钢有什么不同？

工具钢使用性能：

（1） 硬度。工具钢制成工具经热处理后具有足够高的硬度。工具在高的切削速度和加工硬材料所产生高温的受热条件下，仍能保持高的硬度和良好的红硬性。

（2） 耐磨性。　工具钢具有良好的耐磨性，即抵抗磨损的能力。工具在承受相当大的压力和摩擦力的条件下，仍能保持其形状和尺寸不变。

（3） 强度和韧性。　工具钢具有一定的强度和韧性，使工具在工作中能够承受负荷、冲击、震动和弯曲等复杂的应力，以保证工具的正常使用。

（4） 其他性能。由于各种工具的工作条件不同，工具用钢还具有一些其他性能，如模具用钢还应具有一定的高温力学性能、热疲劳性、导热性和耐磨腐蚀性能等。

工艺性能:

（1） 加工性.工具钢应具有良好的热压力加工性能和机械加工性能，才能保证工具的制造和使用。钢的加工性取决于化学成分、组织的质量。

（2） 淬火温度范围.工具钢的淬火温度应足够宽，以减少过热的可能性。

（3） 淬硬性和淬透性.　淬硬性是钢在淬火后所能达到最高硬度的性能。淬硬性主要与钢的化学成分特别是碳含量有关，碳含量越高，则钢的淬硬性越高。淬透性表示钢在淬火后从表面到内部的硬度分布状况。淬透性的高低与钢的化学成分、纯洁度、晶粒度有关。根据用于制造不同的工具，对这两种性能各有一定的要求。

（4） 脱碳敏感性.　工具表面发生脱碳，将使表面层硬度降低，因此要求工具钢的脱碳敏感性低。在相同的加条件下，钢的脱碳敏感性取决于其化学成分。

（5） 热处理变形性.　工具在热处理时，要求其尺寸和外形稳定。

（6） 耐削性.对很制造刀具和量具用钢。要求具有良好的磨削性。钢的磨削性与其化学成分有关，特别是钒含量，如果钒质量分数不小于0.50%则磨削性变坏。

机器零件用钢使用性能：

（1）较高的疲劳强度和耐久强度。

（2）高的屈服强、抗拉强度以及较高的断裂抗力。

（3）良好的耐磨性和接触疲劳强度。

（4）较高的韧性，以降低缺口敏感性。

工艺性能：

通常机器零件的生产工艺： 型材→改锻→毛坯热处理→切削加工→最终热处理→磨削

以切削加工性能和热处理工艺性能为机器零件用钢的主要工艺性能。

4-2工具钢常要做那些力学性能试验？测定哪些性能指标？为什么？

强度、塑性：静弯或扭转试验→弯曲强度、挠度和扭转强度、扭转角；

韧度：一般采用无缺口式样；

硬度：一般硬度60HRC以上，钢中存在的大量碳化物可提高2~3HRC;

淬透性：断口法→碳素工具钢和低合金工具钢；端淬法→合金工具钢，以端淬曲线上60HRC处距水冷端距离表示。淬透性作用强弱顺序： Si、Mn、Mo、Cr、Ni

热稳定性：（钢在较高温度下保持一定强度的性质）对高速钢，通常是红硬性；

变形开裂倾向：主要原因是热应力组织应力。

4-3试用合金化原理分析说明9SiCr、9Mn2V、CrWMn钢的优缺点。

9SiCr① Si、Cr提高淬透性，油淬临界直径D油<40mm；

② Si、Cr提高回火稳定性，经250℃回火，硬度>60HRC；

③ K细小、均 匀→不容易崩刃；

④ 通过分级淬火或等温淬火处理，变形较小；

⑤ Si使钢的脱碳倾向较大。

CrWMn① Cr、W、Mn复合，有较高淬透性，D油=50~70mm；

② 淬火后AR在18~20%，淬火后变形小；

③ 含Cr、W碳化物较多且较稳定，晶粒细小→高硬度、高耐磨性；

④ 回稳性较好，当回火温度>250℃，硬度才<60HRC；

⑤ W使碳化物易形成网状。

9Mn2V

1）Mn↑淬透性，D油 = ~30mm；

2）Mn↓↓ MS，淬火后AR较多，约20~22%，使工件变形较小；

3）V能克服Mn的缺点，↓过热敏感性，且能细化晶粒；

4）含0.9%C左右，K细小均匀，但钢的硬度稍低，回火稳定性较差，宜在200℃以下回火；

5）钢中的VC使钢的磨削性能变差。9Mn2V广泛用于各类轻载、中小型冷作模具。

4-4 9SiCr和60Si2Mn都有不同程度的脱C倾向，为什么?

两者均含Si元素，Si是促进石墨化的元素，因此加热时易脱碳。

4-5 分析比较T9和9SiCr:

1）为什么9SiCr钢的热处理加热温度比T9钢高?

2）直径为φ30 ~ 40mm的9SiCr钢在油中能淬透，相同尺寸的T9钢能否淬透? 为什么?

3）T9钢制造的刀具刃部受热到200-250℃，其硬度和耐磨性已迅速下降而失效；9SiCr钢制造的刀具，其刃部受热至230-250℃，硬度仍不低于60HRC，耐磨性良好，还可正常工作。为什么?

4）为什么9SiCr钢适宜制作要求变形小、硬度较高和耐磨性较高的圆板牙等薄刃工具?

1) 9SiCr中合金元素比T9多，加热奥实体化时，要想使合金元素熔入奥氏体中并且还能成分均匀，需要更高的温度。

2）不能。因为9SiCr中Si、Cr提高了钢的淬透性，比T9的淬透性好，9SiCr的油淬临界直径D油<40mm，所以相同尺寸的T9钢不能淬透。

3）Si、Cr提高回火稳定性，经250℃回火，硬度>60HRC；

4）Cr、Si的加入提高了淬透性并使钢中碳化物细小均匀，使用时刃口部位不易崩刀；Si抑制低温回火时的组织转变非常有效，所以该钢的低温回火稳定性好，热处理是的变形也很小。缺点是脱碳敏感性比较大。因此，如果采用合适的工艺措施，控制脱碳现象，适合制造圆板牙等薄刃工具。

4-6 简述高速钢铸态组织特征。

高速钢的铸态组织常常由鱼骨状莱氏体（Ld）、黑色组织（δ共析体等）和白亮组织（M+AR）组成。组织不均匀，可能含粗大的共晶碳化物，必须通过锻轧将其破碎，莱氏体网是任何热处理方法所不能消除的，只有通过热压力加工达到一定的变形量之后才能改善。

4-7在高速钢中，合金元素W、Cr、V的主要作用是什么?

W：钨是钢获得红硬性的主要元素。主要形成M6C型K，回火时析出W2C；W强烈降低热导率→钢导热性差

Cr 加热时全溶于奥氏体，保证钢淬透性 ，大部分高速钢含4％Cr 。增加耐蚀性，改善抗氧化能力、切削能力。

V 显著提高红硬性、提高硬度和耐磨性，细化晶粒，降低过热敏感性。以VC存在.

4-8 高速钢在淬火加热时，如产生欠热、过热和过烧现象，在金相组织上各有什么特征？

欠热：淬火温度较低，大量K未溶, 且晶粒特别细小。

过热：淬火温度过高，晶粒长大，K溶解过多，未溶K发生角状化；奥氏体中合金度过高，冷却时易在晶界上析出网状K。

过烧：如果温度再高，合金元素分布不均匀，晶界熔化，从而出现铸态组织特征，主要为鱼骨状共晶莱氏体及黑色组织。

4-9 高速钢（如W18Cr4V）在淬火后，一般常采用在560摄氏度左右回火3次的工艺，为什么？

高速钢淬火后三次560℃回火主要目的是：促进残余奥氏体转变为马氏体，未回火马氏体转变为回火马氏体；减少残余应力。

高速钢淬火后大部分转变为马氏体，残留奥氏体量是20—25%，甚至更高。第一次回火后，又有15%左右的残留奥氏体转变为马氏体，还有10%左右的残留奥氏体，15%左右新转变未经回火的马氏体，还会产生新的应力，对性能还有一定的影响。为此，要进行二次回火，这时又有5—6%的残留奥氏体转变为马氏体，同样原因为了使剩余的残留奥氏体发生转变，和使淬火马氏体转变为回火马氏体并消除应力，需进行第三次回火。经过三次回火残留奥氏体约剩1—3%左右。

4-10高速钢每次回火为什么一定要冷到室温再进行下一次回火? 为什么不能用较长时间的一次回火来代替多次回火?

这是因为残余奥氏体转变为马氏体是在回火冷却过程中进行的。因此，在每次回火后，都要空冷至室温，再进行下一次回火。否则，容易产生回火不足的现象（回火不足是指钢中残余奥氏体未完全消除）。

不能:因为高速钢合金元素多而导致残余奥氏体多，淬火后的组织是马氏体+残余奥氏体，第一次回火使得马氏体回火变成为回火马氏体，而残余奥氏体转变为马氏体，这部分马氏体却在第一次回火中没有得到回火，因此，高速钢一次回火不能使所有的残余奥氏体转变成为马氏体。由于多次回火可以较完全消除奥氏体以及残余奥氏体转变成为马氏体时产生的应力，必须多次回火，一般3次。

4-11高速钢在退火态、淬火态和回火态各有什么类型的碳化物? 这些不同类型的碳化物对钢的性能起什么作用?

退火态：退火后的显微组织为索氏体基体上分布着均匀、细小的碳化物颗粒，碳化物类型为M6C型、M23C6型及MC型。

淬火态：加热时，K溶解顺序为：M7C3\M23C6型在1000℃左右溶解完 →M6C型在1200℃时部分溶解 → MC型比较稳定，在1200℃时开始少量溶解。

回火态：主要为M6C(淬火残留)、MC(回火时析出和淬火残留)、M2C (回火析出)等K.

4-12 高速钢W6Mo5Cr4V2的A1温度在800摄氏度左右，为什么常用的淬火加热温度却高达1200摄氏度以上？

高速钢淬火的目的是获得高合金度的奥氏体，淬火后得到高合金马氏体，具有高的回火稳定性，在高温回火时弥散出合金碳化物而产生二次硬化，使钢具有高硬度和红硬性。高速钢的合金碳化物比较稳定，必须在高温下才能将其溶解。所以，虽然高速钢的A1在800摄氏度左右，但其淬火温度必须在A1+400摄氏度以上。

4-13 高速钢在淬火加热时，常需要进行一次或二次预热，为什么？预热有什么作用？

高速钢导热性差,淬火加热温度又高,所以要预热。可根据情况采用一次预热和二次预热。预热可① 减少淬火加热过程中的变形开裂倾向；② 缩短高温保温时间，减少氧化脱碳； ③ 准确地控制炉温稳定性。

4-14高速钢在分级淬火时，为什么不宜在950-675摄氏度温度范围内停留过长时间？

高速钢在高温加热奥氏体化后，奥氏体中合金度比较高，具有较高的稳定性。由于合金度高，所以有碳化物析出的趋势。如果冷却时在760摄氏度以上的范围停留，或缓慢地冷却到760摄氏度，奥氏体中会析出二次碳化物，在760摄氏度左右会析出特别强烈。在冷却过程中析出碳化物，降低了奥氏体中的合金度，从而影响了高速钢的红硬性。所以，从工艺上看，对某些需要做空气预冷或在800摄氏度左右作短时停留的工具，应特别注意控制预冷时间，停留时间不宜过长。实验表明，在625摄氏度进行10min的停留就会降低红硬性。所以，高速钢为了防止开裂和减少变形，通常采用在600摄氏度左右分级淬火，其停留时间也应严格控制，一般不超过15min.(书上P104最后一段)

4-15 Cr12MoV钢的主要优缺点是什么?

属于高耐磨微变形冷作模具钢，其特点是具有高的耐磨性、硬度、淬透性、微变形、高热稳定性、高抗弯强度，仅次于高速钢，是冲模、冷镦模等的重要材料，其消耗量在冷作模具钢中居首位。该钢虽然强度、硬度高，耐磨性好，但其韧度较差，对热加工工艺和热处理工艺要求较高，处理工艺不当，很容易造成模具的过早失效。

4-16为减少Cr12MoV钢淬火变形开裂，只淬火到200℃左右就出油，出油后不空冷，立即低温回火，而且只回火一次。这样做有什么不好? 为什么?

此题实在不会，能百度到的相关资料如下

Cr12MoV淬火、回火工艺选择

①Cr12MoV分级淬火（减少变形、防止开裂）：加热温度采用1020℃，保温后放入260~280℃硝盐炉中分级3~10min，转入温度为Ms-(10~20)℃硝盐炉中停留5~10min后空冷。或者直接淬入160~180℃的硝盐炉中停留5~10min后空冷。

空冷到120℃左右转入回火工序。

②Cr12MoV等温淬火（增加强韧度）：加热温度采用1020℃，保温后放入Ms-(10~20)℃的硝盐炉中均温3~10min，转入260~280℃保温2~3h空冷后到120℃左右转入回火工序。

③Cr12MoV钢降温淬火（减少淬火变形）：Cr12MoV钢制造的压胶木粉的成型模，形状复杂、尺寸变形要求严格，要求有一定的韧性，但硬度要求一般为45~50HRC。采用1020℃加热淬火，就必须用高温回火，这样变形难以控制。现在某些工厂采用880℃加热后，油冷到150~200℃立即转入300℃等温3~4h，200℃回火。这样处理的模具变形极小，韧性也好，硬度在45HRC左右。缺陷是热处理组织中有少量的屈氏体存在。

④Cr12MoV钢回火温度的选择：淬火加热采用1020~1050℃，要求高硬度可用180~200℃回火；为防止线切割开裂可选用400~420℃回火。因淬火冷却发生变形，采用480℃回火可使尺寸有少量的收缩；采用510℃回火可使尺寸有少量的胀大。

⑤模具的深冷处理：提高耐磨性，增加尺寸稳定性。

把淬火后的模具放入液氮中1~2h进行深冷处理，然后进行回火，也可以在回火后进行深冷处理。Cr12MoV模具经深冷处理后硬度有1~2HRC的提高。

4-17简述冷作模具、热作模具的服役条件及对钢性能的要求。

冷作模具服役条件：工作T不高，模具主要承受高压力或冲击力，有强烈的摩擦。

主要技术要求为具有高硬度和耐磨性，有一定韧性。

热作模具服役条件：模具是在反复受热和冷却条件下工作.模具受热时间越长，受热程度就越严重.许多模具还受到较大冲击力。工作条件苛刻 。

热作模具钢应具有高抗热塑性变形能力、高韧性、高抗热疲劳、良好的抗热烧蚀性

4-18高速钢和经过二次硬化的Cr12型钢都有很高的红硬性，能否作为热作模具使用? 为什么?

不能。高速钢虽有高的耐磨性、红硬性，但韧性比较差、在较大冲击力下抗热疲劳性能比较差，高速钢没有能满足热锤锻模服役条件所需要高韧性和良好热疲劳性能的要求。

4-19 对热锤锻模的回火硬度要求是：小型模具硬度略高，大型模具硬度略低；模面硬度较高，模尾硬度较低。为什么?

小型锻模由于锻件冷却比较快，硬度相对较高，所以小型锻模应具有较高的耐磨性，硬度要求也应在40-44HRC.如果型腔浅而简单，硬度要求还应再提高。大型锻模由于锻模尺寸很大，淬火是的应力和变形比较大，此外工作时应力分布也不均匀，需要有较高的韧度，并且锻件的温度也相对较高，硬度较低，大型锻模的硬度以35-38HRC为宜.

锻模模面和模尾硬度要求不同，模尾部分应力集中、承受冲击，硬度要求低。

4-20热锤锻模、热挤压模和压铸模的主要性能要求有什么异同点?

同：较高的高温强度与耐磨性，良好的耐热疲劳和导热性，

异：热锻模钢还要有高的淬透性，良好的冲击韧度和低的回火脆性倾向

热挤压钢要求高的热稳定性。

压铸模钢要求耐蚀性。

4-21形状复杂的5Cr06NiMo(5Cr08MnMo)钢制造的热锤锻模，为减少变形、防止开裂，在淬火工艺操作上应该采取哪些措施?

（1）预热。为了减小热应力而造成的变形，热锻模一般均经550一6O0℃预热(箱式炉)保温。

（2）采用油冷。油冷的特点是高温区的冷却能力低，低温区的冷却速度合适，可以大大降低淬火工件的组织应力，减小工件变形和开裂的倾向。适用于过冷Ａ比较稳定的合金钢。

4-22 5CrW2Si钢中的合金元素有什么作用? 该钢常用作什么工具?

W：进一步提高耐磨性和细化晶粒，W还能有效地削弱第二类回火脆性，所以含W钢可在430~470℃回火，可得到更好的韧度。

Si、Cr：提高低温回火稳定性，并推迟低回脆性区，因此可提高回火温度到280℃，而得到较高的韧度，特别是Si元素更为有效；这些元素都提高淬透性、强度和耐磨性。

4-23 常用哪些热处理措施来保证量具的尺寸稳定性?

（1）调质处理。获得回火索氏体，减少淬火变形和提高机械交工的光洁度。

（2）淬火和低温回火。常采用不完全淬火+低温回火，保证硬度的前提下，尽量降低淬火温度并进行预热，以减少加热和冷却过程中的温差和淬火应力。

（3）冷处理。高精度量具淬火后必须进行冷处理，以减少残余奥氏体量，从而增加尺寸稳定性。

（4）时效处理。淬火回火后，在120-150摄氏度进行24-36 h的失效处理，消除残余内应力，大大增加尺寸稳定性而不降低其硬度。

4-24 试总结合金元素Si、Mn、Mo、V、Cr、Ni在合金钢中的作用，并能简述其原理。

Si的作用如下：

1）提高钢强度； Si是铁素体形成元素，有较强的固溶强化作用；

2）提高钢的淬透性；可阻止铁素体形核和长大，使“C”曲线右移；

3）提高低温回火稳定性；因Si可以抑制回火时K的形核、长大及转变；

4）提高淬火加热温度；，Si提高A1温度。

5）提高抗氧化性，因为它可以形成致密稳定的氧化膜，同时可以提高FeO的形成温度。

6）加热时易脱碳；Si是促进石墨化的元素。

Mo元素在合金中的主要作用归结如下：

（1）降低回火脆性，一般认为Mo可以抑制有害元素在晶界的偏聚；

（2）提高贝氏体的淬透性，因为Mo大大推迟珠光体的转变而对贝氏体转变影响较小；

（3）细化晶粒，提高回火稳定性。Mo是强碳化物形成元素，与碳的结合力较大形成的碳化物稳定，不易长大。

（4）提高热强性，因为Mo可以较强地提高固溶体原子的结合力。

（5）提高防腐性，特别是对于非氧化性介质。因为Mo可以形成致密而稳定的MoO3 膜；

（6）提高红硬性，因Mo与C原子结合力强，故回火稳定性比较好并且形成的在高温下碳化物稳定。

Ni元素在合金钢中的作用：

1）↑基体韧度 → Ni↓位错运动阻力，使应力松弛；

2）稳定A，→ Ni↓A1 ，扩大γ区，量大时，室温为A组织；

3）↑淬透性→↓ΔG，使“C”线右移，Cr-Ni复合效果更好；

4）↑回火脆性 → Ni促进有害元素偏聚；

5）↓Ms ，↑Ar → ↓马氏体相变驱动力。

Mn：强化F 提高淬透性 促进晶粒长大 提高残余A含量，降低Ms点 提高回火稳定性 降低热脆性-脱硫

V：提高热强性 细化晶粒 提高红硬性、耐磨性 降低过热倾向 降低磨削性

Cr：提高淬透性 提高回火稳定性 提高抗氧化性，热强性 提高耐蚀性 细化晶粒 降低Ms点

（合金元素作用归纳：

Cr：提高淬透性 提高回火稳定性 提高抗氧化性，热强性 提高耐蚀性 细化晶粒 降低Ms点

Mn：强化F 提高淬透性 促进晶粒长大 提高残余A含量，降低Ms点 提高回火稳定性 降低热脆性-脱硫

Si：提高δ，降低可切削性 提高低温回火稳定性 提高抗氧化性 提高淬透性 提高淬火温度 提高脱C，石墨化倾向

Mo：提高淬透性 提高热强性 降低回火脆性 提高回火稳定性 细化晶粒 提高非氧化性酸的耐蚀性，防止点蚀

Ni：提高基体韧度 稳定A组织 提高淬透性 提高回火脆性 降低Ms点-提高残余A含量

V：提高热强性 细化晶粒 提高红硬性、耐磨性 降低过热倾向 降低磨削性

Pb:提高切削性能 ）

4-25 在工具钢中，讨论合金元素起淬透性作用时，应注意什么问题?

Me提高淬透性,只有溶入A中，才起作用；

Me的作用随钢中含碳量而变化，如Si。

工具钢淬透性随热处理条件而变化,如V

**第六章耐热钢**

1.在耐热钢的常用合金元素中，哪些是抗氧化元素？哪些是强化元素？哪些是奥氏体形成元素？说明其作用机理。

答：①Cr：提高钢抗氧化性的主要元素，Cr能形成附着性很强的致密而稳定的氧化物Cr2O3，提高钢的抗氧化性。

②Al：是提高钢抗氧化性的主要元素，含铝的耐热钢在其表面上能形成一层保护性良好的Al2O3膜，它的抗氧化性能优于Cr2O3膜。

③Si：是提高抗氧化性的辅助元素，效果比Al还要有效。高温下，在含硅的耐热钢表面上形成一层保护性好、致密的SiO2膜。钢中含硅量达1％～2％时，就有较明显的抗氧化效果。 ④Mo、W：是提高低合金耐热钢热强性能的重要元素，Mo溶入基体起固溶强化作用，能提高钢的再结晶温度，也能析出稳定相，从而提高热强性。W的作用于Mo相似。

⑤Ti、Nb、V：是强碳化物形成元素，能形成稳定的碳化物，提高钢的松弛稳定性，也提高热强性。当钢中有Mo、Cr等元素时，能促进这些元素进入固溶体，提高高温强度。 ⑥Ni：是奥氏体形成元素，获得奥氏体组织。 2.为什么锅炉管子用珠光体热强钢的含C量都较低（<0.2%）？有一锅炉管子经运行两年后，发现有“起瘤”现象，试分析原因，并提出改进设想。

答：因为含碳量高了，使珠光体球化和聚集速度加快，石墨化倾向增大，合金元素的再分配加速，并且钢的焊接、成型等工艺性能有所降低。在保证有足够强度的前提下，尽可能降低碳量。

3.提高钢热强性的途径有哪些？

答：(1)强化基体：耐热温度要求越高，就要选用熔点越高的金属作基体。合金元素的多元适量复合加入，可显著提高热强性。

(2)强化晶界:①净化晶界:在钢中加入稀土、硼等化学性质比较活泼的元素；②填充晶界空位：晶界上空位较多，原子易快速扩散。B易偏聚于晶界，减少晶界空位。

(3)弥散相强化：金属基体上分布着细小、稳定、弥散分布的第二相质点，能有效地阻止位错运动，而提高强度。获得弥散相的方法有直接加入难熔质点和时效析出两种。

(4)热处理：珠光体耐热钢进行热处理，一方面可获得需要的晶粒度，另一方面可以提高珠光体热强钢的蠕变强度。

4.为什么y-Fe基热强钢比a-Fe基热强钢的热强性要高？

答：因为金属或合金的晶格类型也影响原子间结合力。对Fe基合金来说，面心立方晶体的原子间结合力较强，体心立方晶体较弱。所以奥氏体型钢要比铁素体型钢、马氏体型钢、珠光体型钢的蠕变抗力高。因为奥氏体晶体y-Fe的原子排列比较致密，合金元素在y-Fe晶体中不容易扩散，并且y-Fe晶界上原子有序度比较好，晶界强度较高。

 5.什么叫抗氧化钢？常用在什么地方？

答：抗氧化钢：在高温下有较好的抗氧化能力且具有一定强度的钢。 常用于工业炉子中的构件、炉底板、料架、炉罐等。

6.为什么低合金热强钢都用Cr、Mo、V合金化？

答:因为Cr是提高钢抗氧化性的主要元素，Cr能形成附着性很强的致密而稳定的氧化物Cr2O3，提高钢的抗氧化性。Cr也能固溶强化，提高钢的持久强度和蠕变极限。Mo是提高低合金耐热钢热强性能的重要元素，Mo溶入基体起固溶强化作用，能提高钢的再结晶温度，也能析出稳定相，从而提高热强性。V是强碳化物形成元素，能形成稳定的碳化物，提高钢的松弛稳定性，也提高热强性。当钢中有Mo、Cr等元素时，能促进这些元素进入固溶体，提高高温强度。

**第八章 铸铁**

1. **铸铁与碳钢相比，在成分、组织和性能上有什么区别？**

（1）白口铸铁：含碳量约2.5%,硅在1%以下白口铸铁中的碳全部以渗透碳体（Fe3c）形式存在，因断口呈亮白色。故称白口铸铁，由于有大量硬而脆的Fe3c，白口铸铁硬度高、脆性大、很难加工。因此，在工业应用方面很少直接使用，只用于少数要求耐磨而不受冲击的制件，如拔丝模、球磨机铁球等。大多用作炼钢和可锻铸铁的坯料

（2）灰口铸铁；含碳量大于4.3％，铸铁中的碳大部或全部以自由状态片状石墨存在。断口呈灰色。它具有良好铸造性能、切削加工性好，减磨性，耐磨性好、加上它熔化配料简单，成本低、广泛用于制造结构复杂铸件和耐磨件。

（3）钢的成分要复杂的多，而且性能也是各不相同 钢是含碳量在0.04%-2.3%之间的铁碳合金。我们通常将其与铁合称为钢铁，为了保证其韧性和塑性，含碳量一般不超过1.7%。钢的主要元素除铁、碳外，还有硅、锰、硫、磷等，而且钢还根据品质分类为①普通钢（P≤0.045%，S≤0.050%）② 优质钢（P、S均≤0.035%）③ 高级优质钢（P≤0.035%，S≤0.030%） 按照化学成分又分 ①碳素钢：.低碳钢（C≤0.25%）.中碳钢（C≤0.25~0.60%）.高碳钢（C≤0.60%）。②合金钢：低合金钢（合金元素总含量≤5%）.中合金钢（合金元素总含量＞5~10%）.高合金钢（合金元素总含量＞10%）。

**2、C、Si、Mn、P、S元素对铸铁石墨化有什么影响？为什么三低（C、Si、Mn低）一高（S高）的铸铁易出现白口？**

（1）合金元素可以分为促进石墨化元素和阻碍石墨化元素，顺序为：

Al、C、Si、Ti、Ni、P、Co、Zr、Nb、W、Mn、S、Cr、V、Fe、Mg、Ce、B等。其中，Nb为中性元素，向左促进程度加强，向右阻碍程度加强。C和Si是铸铁中主要的强烈促进石墨化元素，为综合考虑它们的影响，引入碳当量CE = C% + 1/3Si%，一般CE≈4%，接近共晶点。S是强烈阻碍石墨化元素，降低铸铁的铸造和力学性能，控制其含量。

（2）铸铁的含碳量高，脆性大，焊接性很差，在焊 接过程中易产生白口组织和裂纹。  
白口组织是由于在铸铁补焊时，碳、硅等促进石墨化元素大量烧损，且补焊区冷速快，在焊缝区石墨化过程来不及进行而产生的。白口铸铁硬而脆，切削加工性能很差。采用含碳、硅量高的铸铁焊接材料或镍基合金、铜镍合金、高钒钢等非铸铁焊接材料，或补焊时进行预热缓冷使石墨充分析出，或采用钎焊，可避免出现白口组织，。

**3、铸铁壁厚对石墨化有什么影响？**冷速越快，不利于铸铁的石墨化，这主要取决于浇注温度、铸型材料的导热能力及铸件壁厚等因素。冷速过快，第二阶段石墨化难以充分进行。

**4、石墨形态是铸铁性能特点的主要矛盾因素，试分别比较说明石墨形态对灰铸铁和球墨铸铁力学性能及热处理工艺的影响。**墨的数量、大小和分布对铸铁的性能有显著影响。如片状石墨 ，数量越多对基体的削弱作用和应力集中程度越大。

石墨形状影响铸铁性能：片状、团絮状、球状。对于灰铸铁，热处理仅能改变基体组织，改变不了石墨形态，热处理不能明显改善灰铸铁的力学性能。

球墨铸铁是石墨呈球体的灰铸铁，简称球铁。由于球墨铸铁中的石墨呈球状，对基体的割裂作用大为减少，球铁比灰铸铁及可锻铸铁具有高得多的强度、塑性和韧性。

**5、球墨铸铁的性能特点及用途是什么？**

球墨铸铁。将灰口铸铁铁水经球化处理后获得，析出的石墨呈球状，简称球铁。比普通灰口铸铁有较高强度、较好韧性和塑性。用于制造内燃机、汽车零部件及农机具等.。

珠光体型球墨铸铁——柴油机的曲轴、连杆、齿轮；机床主轴、蜗轮、蜗杆；轧钢机的轧辊；水压机的工作缸、缸套、活塞等。 铁素体型球墨铸铁——受压阀门、机器底座、汽车后桥壳等。

**6、和刚相比，球墨铸铁的热处理原理有什么异同？**

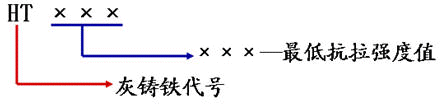
球墨铸铁的热处理主要有退火、正火、淬火加回火、等温淬火等。

**7、HT200、HT350、KTH300-06、QT400、QT600各是什么铸铁？数字代表什么意义？各具有什么样的基体和石墨形态？说明他们的力学性能特点及用途。**

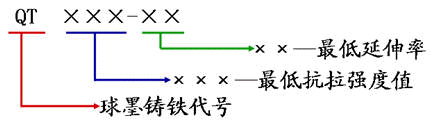
（1）灰铸铁常用型号为HT100/HT150/HT200/HT250/HT300/HT350

球墨铸铁常用型号为QT400-18/QT400-15/QT450-10/QT500-7/QT600-3/QT700-2/QT800-2/QT900-2

黑心可锻铸铁常用牌号为KTH300-06/KTH350-10/KTZ450-06/KTZ550-04/KTZ650-02/KTZ700-02,其中KTH300-06适用于气密性零件,KTH380-08适用于水暖件，KTH350-10适用于阀门、汽车底盘。

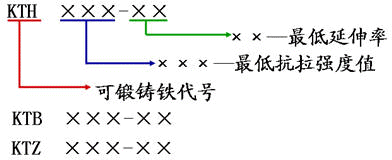
（2）牌号中代号后面只有一组数字时，表示抗拉强度值；有两组数字时，第一组表示抗拉强度值，第二组表示延伸率值。两组数字中间用“一”隔开。抗拉强度随壁厚而变化，壁厚越大抗拉强度越小。**3）**①**灰口铸铁**：灰铸铁是指石墨呈片状分布的灰口铸铁。灰铸铁价格便宜，应用广泛，其产量约占铸铁总产量的80%以上。  
1.牌号：常用的牌号为HT100、HT150、HT200、……、HT350  
  
2.组织  
灰铸铁的组织是由液态铁水缓慢冷却时通过石墨化过程形成的，其基体组织有铁素体、珠光体和铁素体加珠光体三种。灰铸铁的显微组织如下图所示。为提高灰铸铁的性能，常对灰铸铁进行孕育处理，以细化片状石墨，常用的孕育剂有硅铁和硅钙合金。经孕育处理的灰铸铁称为孕育铸铁。  
3.热处理  
热处理只能改变铸铁的基体组织，但不能改变石墨的形态和分布。由于石墨片对基体的连续性的破坏严重，产生应力集中大，因而热处理对灰铸铁的强化效果不大，其基体强度利用率只有30%-50%。灰铸铁常用的热处理有：消除内应力退火、消除白口组织退火和表面淬火。  
4.用途

灰铸铁主要用于制造承受压力和振动的零部件，如机床床身、各种箱体、壳体、泵体、缸体等。

②**球墨铸铁**：球墨铸铁是指石墨呈球形的灰口铸铁，是由液态铁水经石墨化后得到的。与灰铸铁相比，它的碳当量较高，一般为过共晶成分，这有利于石墨球化。  
1.牌号：QT400-17、QT420-10、QT500-05、QT600-02、 QT700-02、QT800-02、QT1200-01  


2.组织  
球墨铸铁是由基体+球状石墨组成，铸态下的基体组织有铁素体、铁素体加珠光体和珠光体3种。球状石墨是液态铁水经球化处理得到的。加入到铁水中能使石墨结晶成球形的物质称为球化剂，常用的球化剂为镁、稀土和稀土镁。镁是阻碍石墨化的元素，为了避免白口，并使石墨细小且分布均匀，在球化处理的同时还必须进行孕育处理，常用的孕育剂为硅铁和硅钙合金。  
3.性能  
由于球状石墨圆整程度高，对基体的割裂作用和产生的应力集中更小，基体强度利用率可达70%-90%。接近于碳钢，塑性和韧性比灰铸铁和可锻铸铁都高。  
4.热处理  
由于球状石墨危害程度小，因而可以对球墨铸铁进行各种热处理强化。球墨铸铁的热处理主要有退火、正火、淬火加回火、等温淬火等。  
5.用途  
球墨铸铁在汽车、机车、机床、矿山机械、动力机械、工程机械、冶金机械、机械工具、管道等方面得到广泛应用，可代替部分碳钢制造受力复杂，强度、韧性和耐磨性要求高的零件。

③**可锻铸铁**：可锻铸铁是由白口铸铁经石墨化退火后获得的，其石墨呈团絮状。可锻铸铁中要求碳、硅含量不能太高，以保证浇注后获得白口组织，但又不能太低，否则将延长石墨化退火周期。  
1.牌号：KTH KTB KTZ分别表示黑心、白心、珠光体可锻铸铁代号



2.组织  
可锻铸铁的组织与第二阶段石墨化退火的程度有关。当第一阶段石墨化充分进行后（组织为奥氏体+团絮状石墨），在共析温度附近长时间保温，使第二阶段石墨化也充分进行，则得到铁素体+团絮状石墨组织，由于表层脱碳而使心部的石墨多于表层，断口心部呈灰黑色，表层呈灰白色，故称为黑心可锻铸铁。若通过共析转变区时，冷却较快，第二阶段石墨化未能进行，使奥氏体转变为珠光体，得到珠光体+团絮状石墨的组织，称为珠光体可锻铸铁。  
3.性能  
由于可锻铸铁中的团絮状石墨对基体的割裂程度及引起的应力集中比灰铸铁要小，因而其强度、塑性和韧性均比灰铸铁高，接近于铸钢，但不能锻造，其强度利用率达到基体的40%-70%。  
4.用途  
可锻铸铁常用于制造形状复杂且承受振动载荷的薄壁小型件，如汽车、拖拉机的前后轮壳、管接头、低压阀门等。这些零件如用铸钢制造则铸造性能差，用灰铸铁则韧性等性能达不到要求。

**8、如何理解铸铁在一般的热处理过程中，石墨参与相变，但是热处理并不能改变石墨的形态和分布。**

铸铁的热处理目的在于两方面：一是改变基体组织，改善铸铁性能，二是消除铸件应力。值得注意的是：铸件的热处理不能改变铸件原来的石墨形态及分布，即原来是片状或球状的石墨热处理后仍为片状或球状，同时它的尺寸不会变化，分布状况不会变化。

铸铁件热处理只能改变基体组织，不能改变石墨的形态及分布，机械性能的变化是基体组织的变化所致。普通灰口铸铁(包括孕育铸铁)石墨片对机械性能(强度、延性)影响很大，灰口铸铁经热处理改善机械性能不显着。还需要注意的是铸铁的导热性较钢差，石墨的存在导致缺口敏感性较钢高，因此铸铁热处理中冷却速度(尤其淬火)要严格控制。

**9、某厂生产球墨铸铁曲拐。经浇注后，表面常出现“白口”，为什么？为消除白口，并希望得到珠光体基体组织，应采用什么样的热处理工艺？**

铸件冷却时，表层及薄截面处，往往产生白口。白口组织硬而脆、加工性能差、易剥落。因此必须采用退火（或正火）的方法消除白口组织。退火工艺为：加热到550－950℃保温2～5 h，随后炉冷到500—550℃再出炉空冷。在高温保温期间 ，游高渗碳体和共晶渗碳体分解为石墨和A，在随后护冷过程中二次渗碳体和共析渗碳体也分解，发生石墨化过程。由于渗碳体的分解，导致硬度下降，从而提高了切削加工性。

**10、解释机床底座常用灰铸铁制造的原因。**

工艺问题,这些零件形状复杂,除铸造用其他方法难以得到毛坯,而灰口铸铁具有十分优秀的铸造性能.而钢的铸造性很差. 其一,价格便宜,这些产品的重量很重. 其二,减震,灰铸铁中含碳量比较高，石墨在铸铁中的吸振能力或阻止振动传播的作用，使灰铸铁有优良的减振性，钢材没有这个特性. 其三,减磨.灰铸铁中石墨有储油的作用，在有润滑的条件下，加上石墨本身是良好的润滑剂和冷却剂，所以灰铸铁有很好的减磨作用，从而灰铸铁比结构钢耐。其四,对缺口敏感性很低,灰铸铁本身的显微结构石墨是呈现细片状结构，千疮百孔的,再加几个缺口不要紧.钢要是有缺口,十分容易在缺口处疲劳破坏。

**11、影响铸态组织的主要因素是什么？**

铸铁的组织取决于石墨化进行的程度，为了获得所需要的组织，关键在于控制石墨化进行的程度。实践表明，铸铁的化学成分和结晶时的冷却速度是主要因素。

**第九章 铝合金**

**1、试述铝合金的合金化原则。为什么以硅、铜、镁、锰、锌等元素为主加元素，而以钛、硼、稀土等作为辅加元素。**

铝具有一系列比其他有色金属、钢铁和塑性等更优良的性能，如密度小，仅为2.7，约为钢或铜的1/3；优良的导电性、导热性；良好的耐蚀性；优良的塑性和加工性能等。但纯铝的力学性能不高，不适合作为承受较大载何的结构零件。为了提高铝的力学性能，在纯铝中加入某些合金元素，制成铝合金。铝合金仍保持纯铝的密度小和耐蚀性好的特点，且力学性能比纯铝高得多。经热处理后的铝合金的力学性能可以和钢铁材料相媲美。 铝合金中常加入的元素为硅、铜、镁、锰、锌元素等。这些合金元素在固态铝中的溶解度一般都是有限的。

**2、铝合金热处理强化和钢淬火强化的主要区别是什么？**

铝合金的热处理强化不发生同素异构转变。铝合金的淬火处理称为固溶处理，由于硬脆的第二相消失，所以塑性有所提高。过饱和的ａ固溶体虽有强化作用，但是单相的固溶强化作用是有限的，所以铝合金固溶处理强度、硬度提高并不明显，而塑性却有明显提高。铝合金经固溶处理后，获得过饱和固溶体。在随后的室温放置或低温加热保温时，第二相从过饱和固溶体中析出，引起温度、硬度以及物理和化学性能的显著变化，这一过程称为时效。铝合金的热处理强化实际上包括了固溶处理与时效处理两部分。

**3、以Al-Cu合金为例，简要说明铝合金时效的基本过程。**

①形成溶质原子偏聚区－G·P（Ⅰ）区。在新淬火状态的过饱和固溶体中，铜原子在铝晶格中的分布是任意的、无序的。时效初期，即时效温度低或时效时间短时，铜原子在铝基体上的某些晶面上聚集，形成溶质原子偏聚区，称G·P（Ⅰ）区。G·P（Ⅰ）区与基体α保持共格关系，这些聚合体构成了提高抗变形的共格应变区，故 使合金的强度、硬度升高。②G·P区有序化－形成G·P（Ⅱ）区。随着时效温度升高或时效时间延长，铜原子继续偏聚并发生有序化，即形成G·P（Ⅱ）区。它与基体α仍保持共格关系，但尺寸较G·P（Ⅰ）区大。它可视为中间过渡相，常用θ”表示。它比G·P（Ⅰ）区周围的畸变更大，对位错运动的阻碍进一步增大，因此时效强化作用更大，θ”相析出阶段为合金达到最大强化的阶段。③形成过渡相θ′。 随着时效过程的进一步发展，铜原子在G·P（Ⅱ）区继续偏聚，当铜原子与铝原子比为1：2时，形成过渡相θ′。由于θ′的点阵常数发生较大的变化，故当其形成时与基体共格关系开始破坏，即由完全共格变为局部共格，因此θ′相周围基体的共格畸变减弱，对位错运动的阻碍作用亦减小，表现在合金性能上硬度开始下降。由此可见，共格畸变的存在是造成合金时效强化的重要因素。④形成稳定的θ相。过渡相从铝基固溶体中完全脱溶，形成与基体有明显界面的独立的稳定相Al2Cu，称为θ相此时θ相与基体的共格关系完全破坏，并有自己独立的晶格，其畸变也随之消失，并随时效温度的提高或时间的延长，θ相的质点聚集长大，合金的强度、硬度进一步下降，合金就软化并称为“过时效”。θ相聚集长大而变得粗大。

**4、铝合金的成分设计要满足哪些条件才能有时效强化？**

一种合金能否通过时效强化，首先取决于组成合金的元素能否溶解于固溶体以及固溶度随温度变化的程度。如硅、锰在铝中的固溶度比较小，且随温度变化不大，而镁、锌虽然在铝基固溶体中有较大的固溶度，但它们与铝形成的化合物的结构与基体差异不大，强化效果甚微。因此，二元铝－硅、铝－锰、铝－镁、铝－锌通常都不采用时效强化处理。而有些二元合金，如铝－铜合金，及三元合金或多元合金，如铝－镁－硅、铝－铜－镁－硅合金等，它们在热处理过程中有溶解度和固态相变，则可通过热处理进行强化。

为获得良好的时效强化效果，在不发生过热、过烧及晶粒长大的条件下，淬火加热温度高些，保温时间长些，有利于获得最大过饱和度的均匀固溶体。另外在淬火冷却过程不析出第二相，否则在随后时效处理时，已析出相将起晶核作用，造成局部不均匀析出而降低时效强化效果。

**5、硬铝合金有哪些优缺点？说明2A12（LY12）的热处理特点。**

硬铝属于Al-Cu-Mg系合金，具有强烈的时效强化作用，经时效处理后具有很高的硬度、强度，故Al-Cu-Mg系合金总称为硬铝合金。这类合金具有优良的加工性能和耐热性，但塑性、韧性低，耐蚀性差，常用来制作飞机大梁、空气螺旋桨等。

硬铝合金的热处理特性是强化相的充分固溶温度与（α+β+S）三元共晶的熔点507℃.因此，硬铝淬火加热的过烧敏感性很大，为了获得最大固溶度的过饱和固溶体，2A12合金最理想的淬火温度为500℃±3℃，但实际生产条件很难做到，所以2A12合金常用的淬火温度为495～500℃。

**6、试述铸造铝合金的类型、特点和用途。**

铸造铝合金一般分为以下 4 个系列 :

Al-Si 合金该系合金又称为硅铝明 , 一般 Si 的质量分数为 4%-22%。Al-Si 合金具有优良的铸造性能 , 如流动性好、气密性好、收缩率小和热裂倾向小 , 经过变质和热处理之后 , 具有良好的力学性 能、物理性能、耐腐蚀性能和中等的机加工性能 , 是铸造铝合金中品种最多 , 用途最广的一类合金。

Al-Cu 合金该系合金中 Cu 的质量分数为 3%-11% , 加人其他元素使室温和高温力学性能大幅度提高 , 如 ZL205A (T6) 合金的标准性能σb 为 490MPa, 是目前世界上强度最高的铸造铝合金之一 , ZL206 、 ZL207 和 ZL208 合金具有很高的 耐热性能。 ZL207 中添加了混合稀土 , 提高了合金的高温强度和热稳定性 , 可用于 350-400 ℃ 下工作的零件 , 缺点是室温力学性能较差 , 特别是伸长率很低。 Al-Cu 合金具有良好的切削加工和焊接性能 , 但铸造性能和耐腐蚀性能较差。这类合金在航空产品上应用较广 , 主要用作承受大载荷的结构件和耐热零件。

Al-Mg 合金该系合金中 Mg 的质量分数为 4%-11% , 密度小 , 具有较高的力学性能 , 优异的耐腐蚀性能 , 良好的切削加工性能 , 加工表面光亮美观。该类合金熔炼和铸造工艺较复杂 , 除用作耐蚀合金外 , 也用作装饰用合金。

Al-Zn 合金 Zn 在 Al 中的溶解度大 , 当 Al 中加人 Zn 的质量分数大于 10% 时 , 能显著提高合金的强度 , 该类合金自然时效倾向大 , 不需要热处理就能得到较高的强度。这类合金的缺点是耐腐蚀性能差 , 密度大 , 铸造时容易产生热裂 , 主要用做压铸仪表壳体类零件。

**7、试解释：铝合金的晶粒粗大，不能靠重新加热处理来细化。**由于铝合金不象钢基体在加热或冷却时可以发生同素异构转变，因此不能像钢一样可以通过加热和冷却发生重结晶而细化晶粒。

**8、Al-Zn-Cu-Mg系合金的最高强度是怎样通过化学成分和热处理获得的？**

热处理可强化型铝合金**：**AL—Zn--Mg--Cu系合金--7XXX系，如7075合金，以 Mg和Si为主要合金元素并以Zn为主要合金元素的铝合金。

7XXX系合金中含铜的AL—Zn--Mg--Cu，还有一些其他微量元素，它有较强的韧性和强度，为代表的7075合金，用于飞机及航空制造业。这类合金有抗应力腐蚀性和抗剥落腐蚀的能力会随之下降。如果对成份和热处理以及显微组织进行全面设计，可以得到综合性能良好的高强度合金，该系合金中主要强化相为Mn Zn z(n)与Al2 Mg3 Zn3(T)相。用于制作轮椅的材料7003-C合金主要强化相为ŋ相和Mg2Si.。有很好的抗应力腐蚀性能和焊接性能，又有比6XXX系列高的强度和塑性，便于热成形和冷加工，在冷加工和焊接后不需再进行热处理。

研究2种不同热处理方式对喷射成形超高强度Al-Zn-Mg-Cu系铝合金的显微组织和力学性能的影响。观察沉积态、挤压态、固溶及时效处理后样品的显微组织，对经时效处理的样品进行了力学性能测试。结果表明：沉积态合金晶粒均匀细小；挤压态合金存在大量的第二相颗粒，为富铜相；固溶处理后，合金出现了再结晶现象。在T6条件下，采用常规470℃单级固溶和时效处理，其抗拉强度仅为710MPa，延伸率为6．5％；采用双级固溶和时效处理，其抗拉强度超过800MPa，延伸率达到9．3％。（T6：固溶热处理后进行人工时效的状态）

**9、不同铝合金可通过哪些途径达到强化的目的？**

代号 名称 说明与应用

F 自由加工状态 适用于在成形过程中，对于加工硬化和热处理条件无特殊要求的产品，对该状态产品的力学性能不作规定

O 退火状态 适用于经完全退火获得最低强度的加工产品

H 加工硬化状态 适用于通过加工硬化提高强度的产品，产品在加工硬化后要经过（也可不经过）使强度有所降低的附加热处理。H代号后面必须跟有两位或三位何拉伯数字

W 固溶热处理状态 一种不稳定状态，仅适用于经固溶热处理后，室温下自然时效的合金，该状态代号仅表示产品处于自然时效阶段

T 热处理状态 适用于热处理后，经过（或不经过）加工硬化达到稳定状态（不同于F、O、H状态） 的产品，

T代号后面必须跟有一位或多位阿拉伯数字。

TO 固溶热处理后，经自然时效再经过冷加工的状态。适用于经冷加工提高强度的产品

T1 由高温成形冷却，然后自然时效至基本稳定的状态。适用于由高温成形过程冷却后，不再进行冷加工（可进行矫直、矫平，但不影响力学性能极限）的产品

T2 由高温成形冷却，经冷加工后自然时效至基本稳定的状态。适用于由高温成形过程冷却后，进行冷加工或矫直、矫平以提高强度的产品

T3 固溶热处理后进行冷加工，再经自然时效至基本稳定的状态。适用于在固溶热处理后，进行冷加工或矫直、矫平以提高强度的产品

T4 固溶热处理后自然时效至基本稳定的状态。适用于固溶热处理后，不再进行冷加工（可进行矫直、矫平，但不影响力学性能极限）的产品

T5 由高温成形过程冷却，然后进行人工时效的状态。（不经过冷加工可进行矫直、矫平但不影响力学性能极限），予以人工时效的产品

T6 固溶热处理后进行人工时效的状态

T7 固溶热处理后进行过时效的状态。适用于固溶热处理后，为获取某些重要特性，在人工时效时强度在时效曲线上越过了最高峰点的产品

T8 固溶热处理后经冷加工，然后进行人工时效的状态。适用于经冷加工或矫直、矫平以提高强度的产品

T9 固溶热处理后人工时效，然后进行冷加工的状态。适用于经冷加工提高强度产品

T10 由高温成形过程冷却后，进行冷加工，然后人工时效的状态

**10、为什么大多数铝硅铸造合金都要进行变质处理？铝硅铸造合金当硅含量为多少时一般不进行变质处理，原因是什么？铝硅铸造合金中加入镁、铜等元素作用是什么？**

一般情况下，铝硅合金的共晶体由粗针状硅晶体和α固溶体构成，强度和塑性都较差；经变质处理后的组织是细小均匀的共晶体加初生α固溶体，合金的强度和塑性显著提高，因此，铝硅合金要进行变质处理。

铸造硅铝合金一般需要采用变质处理，以改变共晶硅的形态。常用的变质剂为钠盐。钠盐变质剂易与熔融合金中的气体起反应，使变质处理后的铝合金铸件产生气孔等铸造缺陷，为了消除这种铸造缺陷，浇注前必须进行精炼脱气，导致铸造工艺复杂化。故一般对于Si小于7%--8%的合金不进行变质处理。

若适当减少硅含量而加入铜和镁可进一步改善合金的耐热性，获得铝硅铜镁系铸造合金，其强化相除了Mg2Si、CuAl2外，还有Al2CuMg、AlxCu4Mg5Si4等相，常用的铝硅铜镁系铸造合金有ZL103、ZL105、ZL111等合金。它们经过时效处理后，可制作受力较大的零件，如ZL105可制作在250℃以下工作的耐热零件，ZL111可铸造形状复杂的内燃机汽缸等。

**11、铸造铝合金的热处理与变形铝合金的热处理相比有什么特点？为什么？**

铝合金分两大类：铸造铝合金，在铸态下使用；变形铝合金，能承受压力加工，力学性能高于铸态。可加工成各种形态、规格的铝合金材。主要用于制造航空器材、日常生活用品、建筑用门窗等。

铝合金按加工方法可以分为变形铝合金和铸造铝合金。变形铝合金又分为不可热处理强化型铝合金和可热处理强化型铝合金。不可热处理强化型不能通过热处理来提高机械性能，只能通过冷加工变形来实现强化，它主要包括高纯铝、工业高纯铝、工业纯铝以及防锈铝等。可热处理强化型铝合金可以通过淬火和时效等热处理手段来提高机械性能，它可分为硬铝、锻铝、超硬铝和特殊铝合金等。 铝合金可以采用热处理获得良好的机械性能，物理性能和抗腐蚀性能。 铸造铝合金按化学成分可分为铝硅合金，铝铜合金，铝镁合金和铝锌合金。

**第十章 铜合金**

**1、锌含量对黄铜性能有什么影响？**

（1）**普通黄铜的室温组织** 普通黄铜是铜锌二元合金，其含锌量变化范围较大，因此其室温组织也有很大不同。根据Cu－Zn二元状态图（图6），黄铜的室温组织有三种：含锌量在35%以下的黄铜，室温下的显微组织由单相的α固溶体组成，称为α黄铜；含锌量在36%～46%范围内的黄铜，室温下的显微组织由（α+β）两相组成，称为（α+β）黄铜（两相黄铜）；含锌量超过46%～50%的黄铜，室温下的显微组织仅由β相组成，称为β黄铜。

（2）**压力加工性能** α单相黄铜（从H96至H65）具有良好的塑性，能承受冷热加工，但α单相黄铜在锻造等热加工时易出现中温脆性，其具体温度范围随含Zn量不同而有所变化，一般在200～700℃之间。因此，热加工时温度应高于700℃。单相α黄铜中温脆性区产生的原因主要是在Cu-Zn合金系α相区内存在着Cu3Zn和Cu9Zn两个有序化合物，在中低温加热时发生有序转变，使合金变脆；另外，合金中存在微量的铅、铋有害杂质与铜形成低熔点共晶薄膜分布在晶界上，热加工时产生晶间破裂。实践表明，加入微量的铈可以有效地消除中温脆性。  
　　两相黄铜（从H63至H59），合金组织中除了具有塑性良好的α相外，还出现了由电子化合物CuZn为基的β固溶体。β相在高温下具有很高的塑性，而低温下的β′相（有序固溶体）性质硬脆。故（α+β）黄铜应在热态下进行锻造。含锌量大于46%～50%的β黄铜因性能硬脆，不能进行压力加工。

（3）**力学性能** 黄铜中由于含锌量不同，机械性能也不一样。对于α黄铜，随着含锌量的增多，σb和δ均不断增高。对于（α+β）黄铜，当含锌量增加到约为45%之前，室温强度不断提高。若再进一步增加含锌量，则由于合金组织中出现了脆性更大的r相（以Cu5Zn8化合物为基的固溶体），强度急剧降低。（α+β）黄铜的室温塑性则始终随含锌量的增加而降低。所以含锌量超过45%的铜锌合金无实用价值。  
　　普通黄铜的用途极为广泛,如水箱带、供排水管、奖章、波纹管、蛇形管、冷凝管、弹壳及各种形状复杂的冲制品、小五金件等。随着锌含量的增加从H63到H59，它们均能很好地承受热态加工，多用于机械及电器的各种零件、冲压件及乐器等处。

**2、单相α黄铜中温脆性产生的原因是什么？如何消除？**

单相黄铜（从H96至H65）具有良好的塑性，能承受冷热加工，但α单相黄铜在锻造等热加工时易出现中温脆性，其具体温度范围随含Zn量不同而有所变化，一般在200～700℃之间。因此，热加工时温度应高于700℃。单相α黄铜中温脆性区产生的原因主要是在Cu-Zn合金系α相区内存在着Cu3Zn和Cu9Zn两个有序化合物，在中低温加热时发生有序转变，使合金变脆；另外，合金中存在微量的铅、铋有害杂质与铜形成低熔点共晶薄膜分布在晶界上，热加工时产生晶间破裂。实践表明，加入微量的铈可以有效地消除中温脆性。

**3、什么是黄铜的“自裂”？产生的原因是什么？通常采用什么方法消除？**

黄铜经压力加工而内部有残余应力时，若在大气中，特别是在有氨气、氨溶液、汞、汞蒸气、汞盐溶液和海水中易产生腐蚀，致使黄铜破裂，这种现象称：“自裂”（季裂、应力腐蚀）。

为了防止黄铜的应力腐蚀开裂，可将冷加工后的黄铜零件用260--300℃保温1—3小时的低温退火来消除内应力或向黄铜中加入一定量的Sn、Si、Al、Mn和Ni等，可显著降低应力腐蚀倾向，也可采用镀锌和镀锡等电镀层加以保护，以防止自裂。

**4、锡青铜的铸造性能为什么比较差？**

铸造锡青铜在一般铸造条件下,容易产生反偏析,使铸件成分不均匀,内部形成许多小孔洞,降低铸件的力学性能和气密性。

**5、简述合金元素在铝青铜中的作用。**

Ti、Al的含量影响高锰铝青铜的机械性能，Al含量变化对材料硬度的影响比Ti明显。  
在生产高锰铝青铜冶金备件时，Ti含量应控制在0.2%0.25%、Al在7.5%～8.2%之间，可将产品硬度控制在HB(200±20)的范围内。Ti、Al含量在一定范围内增加，可以提高产品硬度。为获得稳定的产品硬度，必须严格控制各种元素的加入量及其成分波动范围。

**6、铍青铜在热处理和性能上有何特点？试写出一中牌号，并说明用途。**

⑴铍青铜是一种用途极广的沉淀硬化型合金。经固溶及时效处理后，强度可达1250-1500MPa(1250-1500公斤)。其热处理特点是：固溶处理后具有良好的塑性，可进行冷加工变形。但再进行时效处理后，却具有极好的弹性极限，同时硬度、强度也得到提高。    
①铍青铜的固溶处理    
一般固溶处理的加热温度在780-820℃之间，对用作弹性元件的材料，采用760-780℃，主要是防止晶粒粗大影响强度。固溶处理炉温均匀度应严格控制在±5℃。保温时间一般可按1小时/25mm计算，铍青铜在空气或氧化性气氛中进行固溶加热处理时，表面会形成氧化膜。虽然对时效强化后的力学性能影响不大，但会影响其冷加工时工模具的使用寿命。为避免氧化应在真空炉或氨分解、惰性气体、还原性气氛（如氢气、一氧化碳等）中加热，从而获得光亮的热处理效果。此外，还要注意尽量缩短转移时间（此淬水时），否则会影响时效后的机械性能。薄形材料不得超过3秒,一般零件不超过5秒。淬火介质一般采用水（无加热的要求），当然形状复杂的零件为了避免变形也可采用油。    
② **铍青铜的时效处理**  铍青铜的时效温度与Be的含量有关，含Be小于2.1%的合金均宜进行时效处理。对于Be大于1.7%的合金，最佳时效温度为300-330℃，保温时间1-3小时（根据零件形状及厚度）。Be低于0.5%的高导电性电极合金，由于溶点升高，最佳时效温度为450-480℃，保温时间1-3小时。近年来还发展出了双级和多级时效，即先在高温短时时效，而后在低温下长时间保温时效，这样做的优点是性能提高但变形量减小。为了提高铍青铜时效后的尺寸精度，可采用夹具夹持进行时效，有时还可采用两段分开时效处理。  
③ **铍青铜的去应力处理**  铍青铜去应力退火温度为150-200℃，保温时间1-1.5小时，可用于消除因金属切削加工、校直处理、冷成形等产生的残余应力，稳定零件在长期使用时的形状及尺寸精度。

⑵常用的铍青铜wBe=1.7%~2.5%。铍在铜中的最大溶解度为2.7%，到室温时降至0.2%，所以，铍青铜经固溶热处理和时效后有较高的强度、硬度。同时，铍青铜还具有良好的耐蚀性、耐疲劳性、导电性、导热性，且无磁性，受冲击不产生火花等，是一种综合性能较好的结构材料，主要用于制造各种精密仪器、仪表中的弹性零件和耐蚀、耐磨零件，如钟表齿轮、航海罗盘、电焊机电极、防爆工具等。铍青铜价格贵，工艺复杂，应用受到限制。

如牌号：QBe2，用途：重要仪表的弹簧、齿轮等。耐磨零件，高速、高压、高温下的轴承。

**7、什么叫“弹壳黄铜”、“商业黄铜”、“金色黄铜”、“易切黄铜”、“海军黄铜”？写出其主要牌号及用途。**

①黄铜以锌作主要添加元素的铜合金﹐具有美观的黄色﹐统称黄铜。铜锌二元合金称普通黄铜或称简单黄铜。三元以上的黄铜称特殊黄铜或称复杂黄铜。含锌低於36％的黄铜合金由固溶体组成﹐具有良好的冷加工性能﹐如含锌30％的黄铜常用来制作弹壳﹐俗称弹壳黄铜或七三黄铜。含锌在36～42％之间的黄铜合金由和固溶体组成﹐其中最常用的是含锌40％的六四黄铜。为了改善普通黄铜的性能﹐常添加其他元素﹐如铝﹑镍﹑锰﹑锡﹑硅﹑铅等。铝能提高黄铜的强度﹑硬度和耐蚀性﹐但使塑性降低﹐适合作海轮冷凝管及其他耐蚀零件。锡能提高黄铜的强度和对海水的耐腐性﹐故称海军黄铜﹐用作船舶热工设备和螺旋桨等。铅能改善黄铜的切削性能﹔这种易切削黄铜常用作钟表零件，称为易切黄铜。黄铜铸件常用来制作阀门和管道配件等。

②特殊黄铜：在普通黄铜中加入其它合金元素所组成的多元合金称为黄铜。常加入的元素有铅、锡、 铝等，相应地可称为铅黄铜 、锡黄铜、铝黄铜。加合金元素的目的。主要是提高抗拉强度改善工艺性。   
代号：为“ H ＋主加元素符号（除锌外）＋铜的质量分数＋主加元素质量分数＋其它元素质量分数”表示。

如： HPb59-1 表示铜的质量分数为 59% ，含主加元素铅的质量分数为 1% ，余量为锌的铅黄铜。   
③青铜：除黄铜 白铜外，其余的铜的合金统称青铜，青铜又可分为锡青铜和特殊青铜（即无锡青铜）两类。   
代号：表示方法为“ Q+ 主加元素符号及质量分数 + 其它元素的质量分数”所组成。铸造产品则在代号前加“ Z ”字， 如： Qal7 表示含铝为 5% ，其余为铜的铝青铜 ZQsn10-1 表示含锡量为 10% ，其它合金元素含量为 1% ，余量为铜的的铸造锡青铜   
④锡青铜：是由锡为主加元素的铜锡合金，也称为锡青铜。当含锡量小于 5~6% ，锡溶于铜中形成 a 固溶体，塑性上升，当含锡量大于 5~6% 时，由于出现了 Cu31sb8 为基的固溶体，抗拉强度下降，所以秤的锡青铜含锡量大多在 3~14% 之间， 当含锡量小于 5% ，适用于冷变形加工，当含锡量为 5~7% 时的适用于热变形加工。当含锡量大于 10% 时，适用于铸造。 由于 a 与 & 电极电位相近，且成分中的锡氮化后生成致密的二氧化锡薄膜，耐大气、耐海水等的耐蚀性上升，只是耐酸性较差。因为锡青铜结晶温度范围较宽，流动性差，不易形成集中缩孔，而易形成枝晶偏析和分散缩孔，铸造收缩率小，有利于得尺寸极接近于铸型的铸件，所以适于铸造形状复杂。壁厚较大的条件，而不适宜铸造要求致密度高和密封性好的铸件。锡青铜有良好的减摩性，抗磁性及低温韧性。   
锡青铜按生产方法可分为压力加工锡青铜与铸造锡青铜两大类。   
特殊青铜：加入其它元素以取代锡，或为无锡青铜，多数特殊青铜都比锡青铜具有更高的机性，耐磨性与耐蚀性，常用的有铝青铜（ QAL7 QAL5 ）铅青铜（ ZQPB30 ）等。 以镍为主要添加元素的铜基合金呈银白色，称为白铜。镍含量通常为10%、15%、20%，含量越高，颜色越白。铜镍二元合金称普通白铜，加锰、铁、锌和铝等元素的铜镍合金称为复杂白铜，纯铜加镍能显著提高强度、耐蚀性、电阻和热电性。工业用白铜根据性能特点和用途不同分为结构用白铜和电工用白铜两种，分别满足各种耐蚀和特殊的电、热性能。   
**8、为什么炮弹弹壳常用H70、H68黄铜材料制造？**

黄铜（又叫青铜），黄铜是主要由铜和锌形成的合金，用途甚广，其性质取决于铜和锌的比例。含铜达63%以上的黄铜，可以冷加工，可以退火，有延展性；而含铜较少、含锌较多的合金，则应热加工，强度较高。

H70（C2600）：含铜量70%，又称弹壳黄铜。具有良好光泽、加工性、延展性、适合伸抽，易于电镀或涂装。可应用于深伸抽加工，如子弹壳，炮弹壳、喇叭锁、电子零件、汽车水箱、铜管。

H68（C2620）：含铜量68%，又称弹壳黄铜。延展性，可焊性，深冲性，可镀性，耐蚀性能均佳，应用于各种复杂冷深冲件，散热器壳等。

**9、氧、硫、磷、铋等常见杂质元素对纯铜性能产生哪些不良影响**

紫铜中的微量杂质对铜的导电、导热性能有严重影响。氧、硫、硒、碲等在铜中的固溶度很小,可与铜生成脆性化合物,对导电性影响不大，但能降低加工塑性。氧对铜的焊接性有害。铋或铅与铜生成低熔点共晶，使铜产生热脆。

**第十一章 钛合金**

**1、钛合金的合金化原则是怎样的?为什么几乎在所有钛合金中，均有一定含量的合金元素铝？为什么铝的加入量都控制在6%—7%以下？**

①钛合金是以钛为基加入其他元素组成的合金。钛有两种同质异晶体：882℃以下为密排六方结构α钛，882℃以上为体心立方的β钛。

②铝是钛合金主要合金元素，它对提高合金的常温和高温强度、降低比重、增加弹性模量有明显效果。

③钛-铝系合金的强度随铝合金含量的增加而升高。但Al含量>6%后，由于出现与α相共格的有序相α2相（Ti3Al）而变脆，甚至会使热加工发生困难。因此，一般工业用Ti合金的Al含量很少超过6%。

**2、为什么国内外目前应用最广泛的钛合金是Ti-Al-V系的Ti-6Al-4V即TC4合金？**

钛合金具有强度高而密度又小，机械性能好，韧性和抗蚀性能很好。另外，钛合金的工艺性能差，切削加工困难，在热加工中，非常容易吸收氢氧氮碳等杂质。还有抗磨性差，生产工艺复杂。钛的[工业化](http://baike.baidu.com/view/143403.htm)生产是1948年开始的。航空工业发展的需要，使钛工业以平均每年约 8％的增长速度发展。目前世界钛合金加工材年产量已达4万余吨,钛合金牌号近30种。第一个实用的钛合金是1954年美国研制成功的Ti-6Al-4V合金，由于它的耐热性、强度、塑性、韧性、成形性、可焊性、耐蚀性和生物相容性均较好，而成为钛合金工业中的王牌合金，该合金使用量已占全部钛合金的75％～85％。其他许多钛合金都可以看做是Ti-6Al-4V合金的改型。

**3、简述铝和锡在α钛合金中的作用。**

铝和锡是提高相转变温度的元素为α稳定元素。

**4、如何改善钛合金的生产工艺？**

要提高质量，首先要提高钛的纯净度，这取决于两方面的因素，一方面要改善工艺，另一方面要改善无损探伤技术。通常钛合金的熔炼采用自耗炉冶炼。这种熔炼方法的主要问题是合金锭的均匀性和夹杂物。20世纪90年代以前，工业生产的钛缺陷率大，现已有所降低。主要是因为发展了电子束重熔技术（EBCHM）。这种方法有利于解决偏析及制备不同截面的锭子，并且对去除高密度缺陷很有效。此外，还可用三次真空冶炼方法来改善工艺。

**5、要扩大钛合金在民品工业中的应用，首要的任务是什么？通过什么途径可以实现？**

①要扩大钛合金在民品工业中的应用，首要的任务是:降低成本。

②发展一些低成本合金。此外，可用钛合金回收碎屑和采用Fe-Mo中间合金降低成本，性能也能满足要求。

**第十二章 其它有色金属合金**

**1、镁合金的最大特点是什么？为什么被称为“绿色工程材料”？**

⑴①在实用金属中是最轻的金属。镁的比重大约是铝的2/3，是铁的1/4。它是实用金属中的最轻的金属。 应用范围:镁合金广泛用于携带式的器械和汽车行业中，达到轻量化的目的。   
②高强度、高刚性。镁合金的比重虽然比塑料重，但是，单位重量的强度和弹性率比塑料高，所以，在同样的强度零部件的情况下，镁合金的零部件能做得比塑料的薄而且轻。另外，由于镁合金的比强度也比铝合金和铁高，因此，在不减少零部件的强度下，可减轻铝或铁的零部件的重量。应用范围:手机电话，笔记本电脑上的液晶屏幕的尺寸年年增大，在它们的枝撑框架和背面的壳体上使用了镁合金。   
③传热性好。虽然镁合金的导热系数不及铝合金，但是，比塑料高出数十倍，因此，镁合金用于电器产品上，可有效地将内部的热散发到外面。应用范围:在内部产生高温的电脑和投影仪等的外壳和散热部件上使用镁合金。电视机的外壳上使用镁合金可做到无散热孔。   
④电磁波屏蔽性好。镁合金的电磁波屏蔽性能比在塑料上电镀屏蔽膜的效果好，因此，使用镁合金可省去电磁波屏蔽膜的电镀工序。   
应用范围:在手机电话的壳体和屏蔽材料上使用了镁合金。   
⑤机械加工性能好。镁合金比其他金属的切削阻力小，在机械加工时，可以较快的速度加工。

耐凹陷性好。镁合金与其他金属相比抗变形力大，由冲撞而引起的凹陷小于其他金属。   
⑥对振动•冲击的吸收性高。由于镁合金对振动能量的吸收性能好，使用在驱动和传动的部件上可减少振动。另外，冲击能量。  
⑦吸收性能好，比铝合金具有更好的延伸率的镁合金，受到冲击后，能吸收冲击能量而不会产生断裂。应用范围:在硬盘驱动器的读出装置等的振动源附近的零件上使用镁合金。若在风扇的风叶上使用镁合金，可减小振动达到低骚音。此外，为了在汽车受到撞击后提高吸收冲击力和轻量化，在方向盘和坐椅上使用镁合金。   
⑧抗蠕变性能好。镁随着时间和温度的变化在尺寸上蠕变少。   
⑨再生。镁合金与塑料不同，它可以简单地再生使用且不降低其机械性能，而塑料很难在不降低其机械性能再生使用。镁合金与其他金属相比，熔点低，比热小，在再生熔解时所消耗的能源是新材料制造所消耗的能源的4%。 ⑵因为再生的特点，镁合金被称为21世纪的绿色工程材料。且镁是地球上最丰富的资源，从海水、菱镁矿石、白云石都能提炼出镁。中国的镁蕴藏量居世界第一位。镁原料出口居世界第二位。

**2、镁合金中的主要合金元素有哪些？它们的作用是什么？**

镁合金的主要合金元素有Al、Zn、Mn和Zr等。

①铝可改善压铸件的铸造性能，提高铸件强度。

②锌可以提高铸件抗蠕变性能。

③在镁中加入镁对合金的力学性能影响不大，但降低塑性。

④锆可以细化晶粒，锆可减少热裂倾向和提高力学性能及耐蚀性，降低应力腐蚀敏感性。

**3、在铸造镁合金中，稀土元素的作用是什么？哪一种稀土元素应用效果最佳？为什么？**

在铸造镁合金中，稀土元素是改善耐热性最有效最有效和最具实用价值的金属。在稀土金属中，Nd的作用最佳。Nd在镁合金中可导致在高温和常温下同时获得强化。

**4、镁合金的热处理特点是什么？在什么情况下，镁合金需要进行二次热处理？**

镁合金热处理的主要特点是固熔和时效处理时间较长，并且镁合金淬火时不必快速冷却，通常在静止的空气或人工强制流动的气流中冷却即可。

镁合金铸件热处理后的显微组织中化合物含量过高，或者在固熔处理后的缓冷过程中出现了过时效现象，那么就要进行二次热处理。

**5、锌合金有哪些特点？锌合金中普遍存在的问题是什么？可通过什么途径来改善它？**

⑴锌合金的主要特点如下：

①锌合金具有较低的摩擦系数、较高的承载能力、较高的耐磨性。

②成本低，能量消耗少，在制成铸件时熔化的能耗也较低。

③生产周期短。④较高的导电、导热性。

⑤良好的铸造成形性能。

⑥非磁性及抗火花性。

⑵①Zn-Cu系合金。存在体积不稳定的现象。可通过加入少量的Mg或Mn的办法来改善。

②Zn-Al系合金。缺点：在潮湿大气中容易发生晶间腐蚀。加入少量镁能抵消杂质Pb的有害作用。

③Zn-Al-Cu系合金。缺点：晶间腐蚀敏感性高。加入0.02%—0.05%镁能减轻晶间腐蚀和杂质（Pb、Sn、Cd）对晶间腐蚀的不利影响。

④Zn-Ti系合金。缺点：耐蚀性和铸造性能低。加入0.5%Cu和少量Mn和Cr能改善耐蚀性，加入微量（0.01%0.04%）Al能改善铸造性能。