



第九章 钢的热处理原理

9-1 金属固态相变有哪些主要特征？哪些因素构成相变的阻力？

答：

固体相变主要特征：

- 1、相变阻力大
- 2、新相晶核与母相晶核存在一定的晶体学位向关系。
- 3、母相中的晶体学缺陷对相变其促进作用。
- 4、相变过程中易出现过渡相。

相变阻力构成：

- 1、表面能的增加。
- 2、弹性应变能的增加，这是由于新旧两相比体积不同，相变时必然发生体积的变化，或者是由于新旧两相相界面的不匹配而引起弹性畸变，都会导致弹性应变能的增加。
- 3、固态相变温度低，原子扩散更困难，例如固态合金中原子的扩散速度为 10^{-7} — 10^{-8} cm/d，而液态金属原子的扩散速度为 10^{-7} cm/s。

9-2 何谓奥氏体晶粒度？说明奥氏体晶粒大小对钢的性能影响？

答：

奥氏体晶粒度：是奥氏体晶粒大小的度量。当以单位面积内晶粒的个数或每个晶粒的平均面积与平均直径来描述晶粒大小时，可以建立晶粒大小的概念。通常采用金相显微镜 100 倍放大倍数下，在 645mm² 范围内观察到的晶粒个数来确定奥氏体晶粒度的级别。

对钢的性能的影响：

奥氏体晶粒小：钢热处理后的组织细小，强度高、塑性好，冲击韧性好。

奥氏体晶粒大：钢热处理后的组织粗大，显著降低钢的冲击韧性，提高钢的韧脆转变温度，增加淬火变形和开裂的倾向。当晶粒大小不均匀时，还显著降低钢的结构强度，引起应力集中，容易产生脆性断裂。

9-3 试述珠光体形成时钢中碳的扩散情况及片、粒状珠光体的形成过程？

答：

珠光体形成时碳的扩散：珠光体形成过程中在奥氏体内或晶界上由于渗碳体和铁素体形核，造成其与原奥氏体形成的相界面两侧形成碳的浓度差，从而造成碳在渗碳体和铁素体中进行扩散，简言之，在奥氏体中由于碳的扩散形成富碳区和贫碳区，从而促使渗碳体和铁素体不断地交替形核长大，直至消耗全部奥氏体。

片状珠光体形成过程：片状珠光体是渗碳体呈片状的珠光体。

首先在奥氏体晶界形成渗碳体晶核，核刚形成时与奥氏体保持共格关系，为减小形核的应变能而呈片状。渗碳体长大的同时，使其两侧的奥氏体出现贫碳区，从而为铁素体在渗碳体两侧形核创造条件，在渗碳体两侧形成铁素体后，铁素体长大的同时造成其与奥氏体体界面处形成富碳区，这又促使形成新的渗碳体片。渗碳体和铁素体如此交替形核长大形成一个片层相间大致平行的珠光体区域，当与其他部位形成的珠光体区域相遇并占据整个奥氏体时，珠光体转变结束，得到片状珠光体组



织。

粒状珠光体的形成过程：粒状珠光体是渗碳体呈颗粒状分布在铁素体基体上。

粒状珠光体可以有冷奥氏体直接分解而成，也可以由片状珠光体球化而成，还可以由淬火组织回火形成。原始组织不同，其形成机理也不同。

这里只介绍由冷奥氏体直接分解得到粒状珠光体的过程：

要由冷奥氏体直接形成粒状珠光体，必须使奥氏体晶粒内形成大量均匀弥散的渗碳体晶核，即控制奥氏体化温度，使奥氏体内残存大量未溶的渗碳体颗粒；同时使奥氏体内碳浓度不均匀，存在高碳区和低碳区。再将奥氏体冷却至略低于 A_{r1} 以下某一温度缓冷，在过冷度较小的情况下就能在奥氏体晶粒内形成大量均匀弥散的渗碳体晶核，每个渗碳体晶核在独立长大的同时，必然使其周围母相奥氏体贫碳而形成铁素体，从而直接形成粒状珠光体。

9-4 试比较贝氏体转变与珠光体转变和马氏体转变的异同。

答：

贝氏体转变：是在珠光体转变温度以下马氏体转变温度以上冷奥氏体所发生的中温转变。

与珠光体转变的异同点：

相同点：相变都有碳的扩散现象；相变产物都是铁素体+碳化物的机械混合物

不同点：贝氏体相变奥氏体晶格向铁素体晶格改组是通过切变完成的，珠光体相变是通过扩散完成的。

与马氏体转变的异同点（可扩展）：

相同点：晶格改组都是通过切变完成的；新相和母相之间存在一定的晶体学位关系。

不同点：贝氏体是两相组织，马氏体是单相组织；贝氏体相变有扩散现象，可以发生碳化物沉淀，而马氏体相变无碳的扩散现象。

9-5 简述钢中板条马氏体和片状马氏体的形貌特征和亚结构，并说明它们在性能上的差异。

答：

板条马氏体的形貌特征：其显微组织是由成群的板条组成。一个奥氏体晶粒可以形成几个位向不同的板条群，板条群由板条束组成，而一个板条束内包含很多近乎平行排列的细长的马氏体板条。每一个板条马氏体为一个单晶体，其立体形态为扁条状，宽度在 0.025-2.2 微米之间。在这些密集的板条之间通常由含碳量较高的残余奥氏体分割开。

板条马氏体的亚结构：高密度的位错，这些位错分布不均匀，形成胞状亚结构，称为位错胞。

片状马氏体的形貌特征：片状马氏体的空间形态呈凸透镜状，由于试样磨面与其相截，因此在光学显微镜下呈针状或竹叶状，而且马氏体片互相不平行，大小不一，越是后形成的马氏体片尺寸越小。片状马氏体周围通常存在残留奥氏体。

片状马氏体的亚结构：主要为孪晶，分布在马氏体片的中部，在马氏体片边缘区的亚结构为高密度的位错。

板条马氏体与片状马氏体性能上的差异：

马氏体的强度取决于马氏体板条或马氏体片的尺寸，尺寸越小，强度越高，这是由于相界面阻碍位错运动造成的。



马氏体的硬度主要取决于其含碳量。

马氏体的塑性和韧性主要取决于马氏体的亚结构。

差异性：

片状马氏体强度高、塑性韧性差，其性能特点是硬而脆。

板条马氏体同时具有较高的强度和良好的塑韧性，并且具有韧脆转变温度低、缺口敏感性和过载敏感性小等优点。

9-6 试述钢中典型的上、下贝氏体的组织形态、立体模型并比较它们的异同。

答：

上贝氏体的组织形态、立体模型：

在光学显微镜下，上贝氏体的典型特征呈羽毛状。在电子显微镜下，上贝氏体由许多从奥氏体晶界向晶内平行生长的条状铁素体和相邻铁素体条间存在的断续的、短杆状的渗碳体组成。其立体形态与板条马氏体相似呈扁条状，亚结构主要为位错。

下贝氏体的组织形态、立体模型：

在光学显微镜下，下贝氏体呈黑色针状。在电子显微镜下，下贝氏体由含碳过饱和的片状铁素体和其内部析出的微细 ϵ -碳化物组成。其立体形态与片状马氏体一样，也是呈双凸透镜状，亚结构为高密度位错。

异同点：

相同点：都是铁素体和碳化物的机械混合物，组织亚结构都是高密度的位错。

不同点：组织形态不同，立体模型不同，铁素体和碳化物的混合方式不同。

9-7 何谓魏氏组织？简述魏氏组织的形成条件、对钢的性能的影响及其消除方法？

答：

魏氏组织：含碳小于 0.6% 的亚共析钢或大于 1.2% 的过共析钢在铸造、锻造、轧制后的空冷，或者是焊缝热影响区的空冷过程中，或者当加热温度过高并以较快速度冷却时，先共析铁素体或先共析渗碳体从奥氏体晶界沿一定的晶面向晶内生长，并且呈针片状析出。在光学显微镜下可以观察到从奥氏体晶界生长出来的近乎平行或其他规则排列的针状铁素体或渗碳体以及其间存在的珠光体组织，这类组织称为魏氏组织。前者称铁素体魏氏组织，后者称渗碳体魏氏组织。

魏氏组织的形成条件：魏氏组织的形成与钢中的含碳量、奥氏体晶粒大小及冷却速度有关。只有在一定含碳范围内并以较快速度冷却时才可能形成魏氏组织，而且当奥氏体晶粒越细小时，形成魏氏组织的含碳量范围越窄。因此魏氏组织通常伴随奥氏体粗晶组织出现。

对钢性能的影响：其为钢的一种过热缺陷组织，使钢的力学性能指标下降，尤其是塑性显著降低，脆性转折温度升高，容易引起脆性断裂。需要指出的是，只有当奥氏体晶粒粗化，出现粗大的铁素体或渗碳体魏氏组织并严重切割基体时降，才使钢的强度和韧性显著降低。

消除方法：可以通过控制塑性变形程度、降低加热温度、降低热加工终止温度，降低热加工后的冷却速度，改变热处理工艺，例如通过细化晶粒的调质、正火、完全退火等工艺来防止或消除魏氏组织。

9-8 简述碳钢的回火转变和回火组织。

答：

碳钢的回火转变过程及回火组织：



- 1、马氏体中碳原子的偏聚，组织为淬火马氏体+残留奥氏体，与淬火组织相同
(马氏体中的碳含量是过饱和的，当回火温度在 100°C 以下时，碳原子可以做短距离的扩散迁移。在板条马氏体中，碳原子偏聚在位错线附近的间隙位置，形成碳的偏聚区，降低马氏体的弹性畸变能。在片状马氏体中，除少量碳原子向位错线偏聚外，大量碳原子将垂直于马氏体 C 轴的 (100) 晶面富集。)
- 2、马氏体分解，组织为回火马氏体+残留奥氏体
(当回火温度超过 100°C 时，马氏体开始发生分解，碳原子偏聚区的碳原子将发生有序化，继而转变成碳化物从过饱和 α 相中析出。将马氏体分解后形成的低碳 α 相和弥散的 ϵ 碳化物组成的双相组织称为回火马氏体)
- 3、残留奥氏体转变，组织为回火马氏体
(钢淬火后总是存在一些残留奥氏体，其含量随淬火加热时奥氏体中碳和合金元素的含量增加而增多。当回火温度高于 200°C 时，残留奥氏体将发生分解。残留奥氏体在贝氏体转变温度范围内回火将转变为贝氏体，在珠光体转变温度范围内回火将先析出先共析碳化物，随后分解为珠光体。)
- 4、碳化物的转变，组织为回火托氏体
(马氏体分解及残留奥氏体转变形成的 ϵ 碳化物是亚稳定相，当回火温度升高至 250°C 以上时，将会形成更稳定的 χ 碳化物直至 θ 碳化物。当回火温度升高至 400°C ，淬火马氏体完全分解，但 α 相仍保持针状外形，之前形成的 ϵ 碳化物和 χ 碳化物全部转变为 θ 碳化物，即渗碳体。这种由针状 α 相和无共格联系的细粒状渗碳体组成的机械混合物称为回火托氏体。)
- 5、渗碳体的聚集长大和 α 相的回复、再结晶，组织为回火索氏体。
(当回火温度升高至 400°C 以上时，已脱离共格关系的渗碳体开始聚集长大，按照细粒溶解，粗粒长大的机制进行。与此同时， α 相的状态也在不断发生变化。马氏体晶格是通过切变方式重组的，晶格缺陷密度很高，自由能高，因此在回火过程中 α 相也会要发生变化来降低自由能。当回火温度升高至 400°C 以上时， α 相开始出现回复现象，使位错密度减少或孪晶消失，但是 α 相晶粒仍保持板条状或针状。当回火温度升高至 600°C 以上时，板条状或针状 α 相消失，形成等轴的 α 相。将淬火钢在 $500-650^{\circ}\text{C}$ 回火得到的回复或再结晶了的 α 相和粗粒状渗碳体的机械混合物称为回火索氏体。)

9-9 比较珠光体、索氏体、托氏体和回火珠光体、回火索氏体、回火托氏体的组织和性能。

答：

组织比较：

珠光体：片状铁素体+片状渗碳体，片间距 $0.6-1\mu\text{m}$ ，形成温度： $A_1-650^{\circ}\text{C}$ 。

索氏体：片状铁素体+片状渗碳体，片间距 $0.25-0.3\mu\text{m}$ ，形成温度： $650-600^{\circ}\text{C}$ 。

托氏体：片状铁素体+片状渗碳体，片间距 $0.1-0.15\mu\text{m}$ ，形成温度： 600°C 以下。

以上三类珠光体是由过冷奥氏体直接转变而得。

回火索氏体：将淬火钢经高温回火后得到的回复或再结晶了的 α 相和粗粒状渗碳体的机械混合物称为回火索氏体。

回火托氏体：将淬火钢经中温回火后得到的由针状 α 相和无共格联系的细粒状渗碳体组成的机械混合物称为回火托氏体。

通过以上分析，可以看到以上珠光体组织主要区别在于碳化物的形状不同，可以分为片状珠光体和粒状珠光体两类组织。



性能比较:

- 1、与片状珠光体相比，粒状珠光体的硬度和强度较低，塑性和韧性较好。
- 2、在相同硬度条件下，片状珠光体和粒状珠光体抗拉强度相近，但粒状珠光体的屈服强度、塑性、韧性等性能都优于片状珠光体组织。（这是因为，片状珠光体受力时，位错的运动被限制在铁素体内，当位错运动至片状碳化物界面时形成较大的平面位错塞积群，使基体产生很大的应力集中，易使碳化物脆断或形成微裂纹。而粒状碳化物对铁素体的变形阻碍作用大大减弱，塑性和韧性得到提高，当粒状碳化物均匀地分布在塑性基体上时，由于位错和第二相粒子的交互作用产生弥散强化或沉淀强化，提高钢的塑性变形抗力，从而提高强度。）
- 3、粒冷珠光体的冷变形性能、可加工性能以及淬火工艺性能都比片状珠光体好。

9-10 为了要获得均匀奥氏体，在相同奥氏体化加热温度下，是原始组织为球状珠光体的保温时间短还是细片状珠光体的保温时间短？试利用奥氏体的形成机制说明之？

答:

细片状珠光体的保温时间短。

原因:

- 1、将钢加热到 AC_1 以上某一温度时，珠光体处于不稳定状态，通常首先在铁素体和渗碳体的相界面上形成奥氏体晶核，这是因为铁素体和渗碳体的相界面上碳浓度不均匀、原子排列不规则，易于产生浓度起伏和结构起伏，为奥氏体形核创造有利条件。
- 2、原始组织为片状珠光体时的相界面面积大于球状珠光体，也就是可供奥氏体形核的位置越多，则奥氏体形核越多，晶核长大速度越快，因此可加速奥氏体的形成，缩短保温时间。

9-11 何为第一类回火脆性和第二类回火脆性？它们产生的原因和消除方法？

答:

定义:

回火脆性: 淬火钢回火时的冲击韧性并不总是随回火温度的升高单调的增高，有些钢在一定的温度范围内回火时，其冲击韧性显著下降，这种脆化现象称为回火脆性。

第一类回火脆性: 钢在 $250-400^{\circ}\text{C}$ 温度范围内回火时出现的回火脆性称为第一类回火脆性，也称低温回火脆性。

第二类回火脆性: 钢在 $450-650^{\circ}\text{C}$ 温度范围内回火时出现的回火脆性称为第二类回火脆性，也叫高温回火脆性。

产生原因:

第一类回火脆性: 低温回火脆性几乎在所有的工业用钢中都会出现。一般认为，其产生是由于马氏体分解时沿马氏体条或片的界面上析出断续的薄壳状碳化物，降低了晶界的断裂强度，使晶界成为裂纹扩展的路径，因而产生脆性。

第二类回火脆性: 高温回火脆性主要在合金结构钢中出现，碳钢中一般不出现这种脆性。其产生原因主要是 As、Sn、Pb、Sb、Bi、P、S 等有害杂质元素在回火冷却过程中向原奥氏体晶界偏聚，减弱了奥氏体晶界上原子间的结合力，降低晶界的断裂强度。Mn、Ni、Cr 等合金元素不但促进这些杂质元



素向晶界偏聚，而且自身也向晶界偏聚，进一步降低了晶界断裂强度，增加回火脆性。

消除方法：

第一类回火脆性：

- A、避开脆化温度范围回火
- B、用等温淬火代替淬火+回火
- C、在钢中加入 Nb、V、Ti 等细化奥氏体晶粒元素，增加晶界面积
- D、降低杂质元素含量

第二类回火脆性：

- A、高温回火后采用快速冷却方法可以抑制回火脆性，但不适用于对回火脆性敏感的较大工件
- B、在钢中加入 Nb、V、Ti 等细化奥氏体晶粒元素，增加晶界面积
- C、降低杂质元素含量
- D、加入适量的 Mo、W 等合金元素可抑制杂质元素向原奥氏体晶界的偏聚
- E、对亚共析钢可采取 A1-A3 临界区的亚温淬火方法，使 P 等杂质元素溶入残留的铁素体中，减轻它们向原奥氏体晶界的偏聚程度
- F、采用形变热处理方法，可以细化晶粒，减轻高温回火脆性

9-12 比较过共析钢的 TTT 曲线和 CCT 曲线的异同点。为什么在连续冷却过程中得不到贝氏体组织？与亚共析钢的 CCT 曲线中 Ms 线相比，过共析钢的 Ms 线有何不同点，为什么？

答：

TTT 曲线和 CCT 曲线的异同点：

相同点：

- 1、都具有渗碳体的先共析线。
- 2、相变都有一定的孕育期。
- 3、曲线中都有一条相变开始线和一条相变完成线。

不同点：

- 1、CCT 曲线中无贝氏体转变区。
- 2、CCT 曲线中发生相变的温度比 TTT 曲线中的低
- 3、CCT 曲线中发生相变的孕育期比 TTT 曲线中长。

得不到贝氏体组织的原因：

在过共析钢的奥氏体中，碳浓度高，使贝氏体孕育期大大延长，在连续冷却转变时贝氏体转变来不及进行便冷却至低温。

Ms 线的不同点及原因：

不同点：亚共析钢的 CCT 曲线中的 Ms 线右端呈下降趋势，而过共析钢的 CCT 曲线中的 Ms 线右端呈上升趋势。

原因：这是因为在亚共析钢中由于先共析铁素体的析出和贝氏体转变，造成周围奥氏体的富碳，从而导致 Ms 线下降。而过共析钢由于先共析渗碳体的析出，而且在连续冷却过程中也无贝氏体转变，使周围奥氏体贫碳，导致 Ms 线上升。

9-13 阐述获得粒状珠光体的两种方法？

答：



粒状珠光体可以有冷奥氏体直接分解而成，也可以由片状珠光体球化而成，还可以由淬火组织回火形成。原始组织不同，其形成机理也不同。

1、由冷奥氏体直接分解得到粒状珠光体的过程：

要由冷奥氏体直接形成粒状珠光体，必须使奥氏体晶粒内形成大量均匀弥散的渗碳体晶核，即控制奥氏体化温度，使奥氏体内残存大量未溶的渗碳体颗粒；同时使奥氏体内碳浓度不均匀，存在高碳区和低碳区。再将奥氏体冷却至略低于 A_{r1} 以下某一温度缓冷，在过冷度较小的情况下就能在奥氏体晶粒内形成大量均匀弥散的渗碳体晶核，每个渗碳体晶核在独立长大的同时，必然使其周围母相奥氏体贫碳而形成铁素体，从而直接形成粒状珠光体。

2、由片状珠光体直接球化而成的过程：

将片状珠光体钢加热至略低于 A_1 温度长时间保温，得到粒状珠光体。此时，片状珠光体球化的驱动力是铁素体和渗碳体之间相界面（或界面能）的减少。

3、由淬火组织回火形成的过程

将淬火马氏体钢加热到一定温度以上回火，使马氏体分解、析出颗粒状渗碳体，得到回复或再结晶的铁素体加粒状渗碳体的组织。

9-14 金属和合金的晶粒大小对力学性能有何影响？获得细晶粒的方法？

答：此题主要是指奥氏体晶粒

晶粒大小对力学性能影响：

奥氏体晶粒小：钢热处理后的组织细小，强度高、塑性好，冲击韧性好。

奥氏体晶粒大：钢热处理后的组织粗大，显著降低钢的冲击韧性，提高钢的韧脆转变温度，增加淬火变形和开裂的倾向。当晶粒大小不均匀时，还显著降低钢的结构强度，引起应力集中，容易产生脆性断裂。

获得细晶粒的方法：

- 1、降低加热温度，加快加热速度，缩短保温时间，采用快速加热短时保温的奥氏体化工艺。
- 2、冶炼过程中用 Al 脱氧或在钢种加入 Zr、Ti、Nb、V 等强碳化物形成元素，能形成高熔点的弥散碳化物和氮化物，可以细化奥氏体晶粒。
- 3、细小的原始组织可以得到细小的奥氏体晶粒，可以采用多次快速加热-冷却的方法细化奥氏体晶粒。
- 4、采用形变热处理可以细化奥氏体晶粒。

9-15 有一共析钢试样，其显微组织为粒状珠光体。问通过何种热处理工序可分别得到片状珠光体、粗片状珠光体和比原始组织更细小的粒状珠光体？

答：

获得片状珠光体工序：

正火：将粒状珠光体钢完全奥氏体化，然后在空气中冷却至室温。

获得粗片状珠光体工序：

完全退火：将粒状珠光体钢完全奥氏体化，然后在随炉缓慢冷却至室温。

获得更小的粒状珠光体工序：

调质（淬火+高温回火）：将粒状珠光体钢完全奥氏体化，淬火成马氏体组织，再将马氏体组织钢加热到一定温度回火使马氏体分解、析出细粒状渗碳体，得到针状铁素体加细粒状渗碳体的粒状珠光体组织



9-16 为了提高过共析钢的强韧性，希望淬火时控制马氏体使其具有较低的含碳量，并希望有部分板条马氏体。试问如何进行热处理才能达到上述目的？

答：

热处理方法：

- 1、采用亚温淬火+预冷淬火的方法，即将过共析钢快速加热至 AC_1-AC_{cm} 之间略高于 AC_1 某一温度短时保温，得到细小的碳浓度不均匀奥氏体晶粒和未溶的渗碳体颗粒。淬火前将奥氏体钢在空气中预冷，使其析出部分先共析渗碳体，降低奥氏体含碳量，然后再淬火可以得到碳含量较低的细小片状马氏体，以及部分板条马氏体，从而得到以片状马氏体为主加粒状碳化物以及部分板条马氏体组织，使钢具有高的强度并且具有良好的韧性。
- 2、适当的降低淬火冷却速度，因为冷却速度越大，形成片状马氏体的含碳量越低，不易形成板条马氏体。

9-17 如何把含碳 0.8% 的碳钢的球化组织转变为：1、细片状珠光体；2、粗片状珠光体；3、比原来组织更小的球化组织。

答：

获得细片状珠光体工序：

正火：将粒状珠光体钢完全奥氏体化，快速冷却至 Ar_1 以下较低温度保温一段时间后缓冷至室温。

获得粗片状珠光体工序：

完全退火：将粒状珠光体钢完全奥氏体化，快速冷却至略低于 Ar_1 以下某一温度保温然后在随炉缓慢冷却至室温。

获得更小的粒状珠光体工序：

调质（亚温淬火+高温回火）：将粒状珠光体钢加热至 AC_1-AC_{cm} 之间某一温度保温，得到细小的奥氏体晶粒和未溶的渗碳体颗粒后，淬火成马氏体组织，再将马氏体组织钢加热到一定温度回火使马氏体分解、析出细粒状渗碳体，得到针状铁素体加细粒状渗碳体的粒状珠光体组织

9-18 如何把含碳 0.4% 的退火碳钢处理成：1、在大块游离铁素体和铁素体基体上分布着细球状碳化物；2、铁素体基体上分布着细球状碳化物。

答：

第 1 种组织热处理工艺：

球化退火：由于是退火亚共析钢，其原始组织为块状先共析铁素体加片状珠光体，因此只需加珠光体中的片状渗碳体处理成球状渗碳体。可以将退火碳钢加热至 AC_1-AC_3 之间保温，保留先共析块状铁素体和部分未溶渗碳体质点，得到碳含量不均匀的奥氏体组织，然后在 Ar_1 以下较高温度保温球化，获得在大块游离铁素体和铁素体基体上分布着细球状碳化物的组织。

第 2 种组织热处理工艺：

调质：将退火碳钢加热到 AC_3 温度以上完全奥氏体化，淬火成马氏体，再将马氏体组织加热到一定温度回火使马氏体分解、析出细粒状渗碳体，得到铁素体基体加细球状渗碳体组织。

9-19 假定将已淬火而未回火的含碳 0.8% 的碳钢件（马氏体组织）放入 800°C 炉内，上述组织对 800°C 奥氏体化时间有什么影响？如果随后淬火发现零件上油裂



纹，试解释裂纹产生的原因。

答：

马氏体组织对奥氏体化时间影响：

会加快奥氏体化时间。原因：因为将淬火钢加热到奥氏体温度时，淬火马氏体处于非常不稳定状态，通常首先在马氏体相界面上形成奥氏体晶核，这是因为相界面上碳浓度不均匀、原子排列不规则易于产生促进形核的浓度起伏和结构起伏。所以当原始组织为片状马氏体时，马氏体片越细，它们的相界面越多，则形成奥氏体的晶核越多，晶核长大速度越快，因此可加速奥氏体的形成，缩短奥氏体化时间。

裂纹产生的原因：

这是因为含碳 0.8% 的碳钢件淬火时形成片状马氏体，马氏体片形成速度很快，在其相互碰撞或与奥氏体晶界相碰撞时产生很大的应力场，片状马氏体本身也很脆，不能通过滑移或孪生变形使应力得到松弛，因此容易产生淬火显微裂纹。这些显微裂纹在随后的再次淬火过程中受到较大内应力的作用，裂纹尖端应力集中，从而使裂纹得到扩展，最终在零件表面形成宏观裂纹。

