

辽 宁 工 业 大 学

热处理工艺 课程设计（论文）

题目： 9SiCr 钢圆板牙热处理工艺设计

院（系）： 新能源学院

专业班级： 光电 141

学 号： *****

学生姓名： **

指导教师： ***

起止时间： 2017-7-3~2017-7-14

课程设计（论文）任务及评语

院（系）：新能源学院

教研室：材料物理教研室

学号	140204002	学生姓名	娄琦	专业班级	光电141
课程设计题目	9SiCr 钢圆板牙热处理工艺设计				
课程设计任务	<p>一、课设要求</p> <p>熟悉设计题目，查阅相关资料，概述相关零件的热处理工艺，进行零件的服役条件与失效形式分析，提出硬度、耐磨性、强度等要求，设计热处理工艺</p> <p>课程设计阐述9SiCr要求淬火，低温回火热处理工艺理论基础，选择设备和工夹具，阐述圆板牙热处理质量检验项目、内容及要求；阐明圆板牙热处理常见缺陷的预防及补救方法；给出参考文献。</p> <p>二、课设任务</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.圆板牙材料的选择（要求在满足工件使用性能的前提下，兼顾经济性和工艺性，合理选择材料）； 2.给出9SiCr的C曲线； 3.给出9SiCr圆板牙冷热加工工艺流程图； 4.制定9SiCr圆板牙退火-淬火-回火热处理工艺。 <p>三、设计说明书要求</p> <p>设计说明书包括三部分：1) 概述；2) 工艺设计；3) 热处理工艺卡；4) 参考文献。设计说明书结构见《热处理工艺设计模板》。</p>				
进度安排	<p>集中学习0.5天，资料查阅与学习，讨论1.5天，设计7天：1) 概述0.5天，2) 服役条件与性能要求0.5天，3) 失效形式、材料的选择0.5天，4) 结构形状与热处理工艺性0.5天，5) 冷热加工工序安排0.5天，6) 工艺流程图0.5天，7) 热处理工艺设计2天，8) 工艺设计理论依据0.5天，9) 设计工夹具0.5天，10) 热处理质量分析0.5天，11) 热处理缺陷分析及防止措施0.5天，设计验收1天。</p>				
指导教师评语及成绩	<p style="text-align: center;">成绩：_____ 学生签字：_____ 指导教师签字：_____</p> <p style="text-align: right; margin-right: 100px;">年 月 日</p>				

目 录

1 热处理工艺概述.....	
2 热处理工艺设计.....	
2.1圆板牙的服役条件、失效形式.....	
2.2 圆板牙简图及技术要求.....	
2.3 圆板牙材料的选择.....	
2.4 9SiCr 钢的 C 曲线.....	
2.5 圆板牙的加工工艺流程.....	
2.6圆板牙的热处理工艺.....	
2.7圆板牙热处理设备和工夹具选择.....	
2.8圆板牙热处理质量检验项目、内容及要求.....	
2.9圆板牙热处理缺陷的预防及补救方法.....	
3 热处理工艺卡.....	
3.1退火工艺卡	
3.2淬火工艺卡	
3.3回火工艺卡	
3.4热处理工艺卡	
4 参考文献	

1 圆板牙热处理概述

板牙相当于一个具有很高硬度的螺母，螺孔周围制有几个排屑孔，一般在螺孔的两端磨有切削锥。板牙按外形和用途分为圆板牙，方板牙和六角板牙。其中以圆板牙应用最广，规格范围为 M0.25~M68 毫米。当加工出的螺纹中径超出公差时，可将板牙上的调节槽切开，以便调节螺纹中径。板牙可装在板牙扳手中用手工加工螺纹，也可装在板牙架中在机床上使用，板牙加工出的螺纹精度低，但由于结构简单，使用方便，在单件，小批生产中和修配中板牙仍得到广泛的应用，本设计的零件为圆板牙，是加工或修正外螺纹的螺纹加工工具。

热处理是将材料放在一定的介质内加热、保温、冷却，通过改变材料表面或内部的组织结构，来控制其性能的一种综合工艺过程。不改变工件的形状和整体的化学成分，而是通过改变工件内部的显微组织，或改变工件表面的化学成分，赋予或改善工件的使用性能。整体热处理是对工件整体加热，然后以适当的速度冷却，以改变其整体力学性能的金属热处理工艺。热处理在日常生活、医药、通讯、国防乃至航天领域也有着极其重要的作用。是国家工业技术发展水平的象征。钢铁整体热处理大致有退火、正火、淬火和回火四种基本工艺。热处理是机械零件和工模具制造过程中的重要工序之一。大体来说，它可以保证和提高工件的各种性能，如耐磨、耐腐蚀等。还可以改善毛坯的组织和应力状态，以利于进行各种冷、热加工。

9SiCr 钢比铬钢具有更高的淬透性和淬硬性，并且具有较高的回火稳定性。适于分级淬火和等温淬火。其主要缺点是加热时脱碳倾向性较大。9SiCr 钢通常用于制造形状复杂、淬火变形较小和耐磨性要求高的刀刃细薄低速切削工具，尤其是板牙、丝锥、搓丝板和绞刀等；也可以作冷作模具，如冲模、打印模等，此外，还用于制造冷轧辊，矫正辊以及细长杆件。通过 9SiCr 钢圆板牙热处理工艺的分析，更加明确在执行热处理工艺过程中所需要注意的问题。能够正确确定加热温度、时间、保温时间、冷却方式，其目的就是通过正确的热处理工艺，使金属材料的潜在能力得到充分的发挥。

根据加工螺纹时的工作条件，失效形式及性能要求，本设计选用的圆板牙材料为 9SiCr 钢。在设计热处理工艺中，本设计借鉴了《热处理工艺规范数据手册》、《简明热处理工手册》、《金属材料手册》、《金属材料与热处理》等。根据工艺设计理论基础设计了完整的热处理工艺流程使热处理的 9SiCr 钢制造圆板牙有良好的耐磨性，淬透性等。

2 圆板牙热处理工艺设计

2.1 圆板牙的服役条件、失效形式

2.1.1 服役条件

圆板牙是用来加工外螺纹的专用工具，在加工螺纹过程中承受多种载荷，其主要作用是加工或修正外螺纹，其服役条件有：

- ①模具工作部位与被加工材料之间摩擦消耗，同时承受很大摩擦力，所以要求具有一定的耐磨性；
- ②受使用者作用的向下的压力，所以承受轴向载荷作用；
- ③圆板牙使用过程中旋转，承受着扭转载荷，所以圆板牙要具有一定的韧性。

2.1.2 失效形式

(1) 磨损

磨损大都是由于工具与被加工工件或切削之间的磨粒磨损造成的，有时也可能是由于工件表面形成积屑而形成的粘合磨损所造成的。工具产生不正常磨损的原因是耐磨性不高。热处理时产生工具表面脱碳，脱元素等现象也可能造成耐磨性降低。

(2) 崩刃

包括微崩刃、大块崩刃、掉牙、掉齿等现象。很多崩刃现象的产生是由于切削时切削刃长期承受循环应力所产生的一种疲劳破坏现象，有时也可能是由于突然冲击应力而造成的。

(3) 断裂与破碎

切削工具由于承受较大的冲击或者因为工具本身的脆性较大有时会产生整体的断裂，破碎现象。工具的断裂，破碎与工具本身的韧性不足有关，但是所有的断裂，破碎现象都是因为脆性较大而引起的。

(4) 被加工工件达不到技术要求

在切削过程中，由于工具产生严重的磨损或工具的切削刃上有明显的崩刃现象，这时工具虽然可以继续切削，但是由于被加工工件的尺寸精度或者表面粗糙度达不到技术的要求，因而不能继续使用。

2.2 圆板牙简图及技术要求

2.2.1 零件简图

图 1 为圆板牙平面图和圆板牙剖面图。

圆板牙尺寸：螺纹中径应控制在 12 mm、厚度为 14 mm、外圆直径 34 mm 的范围内。

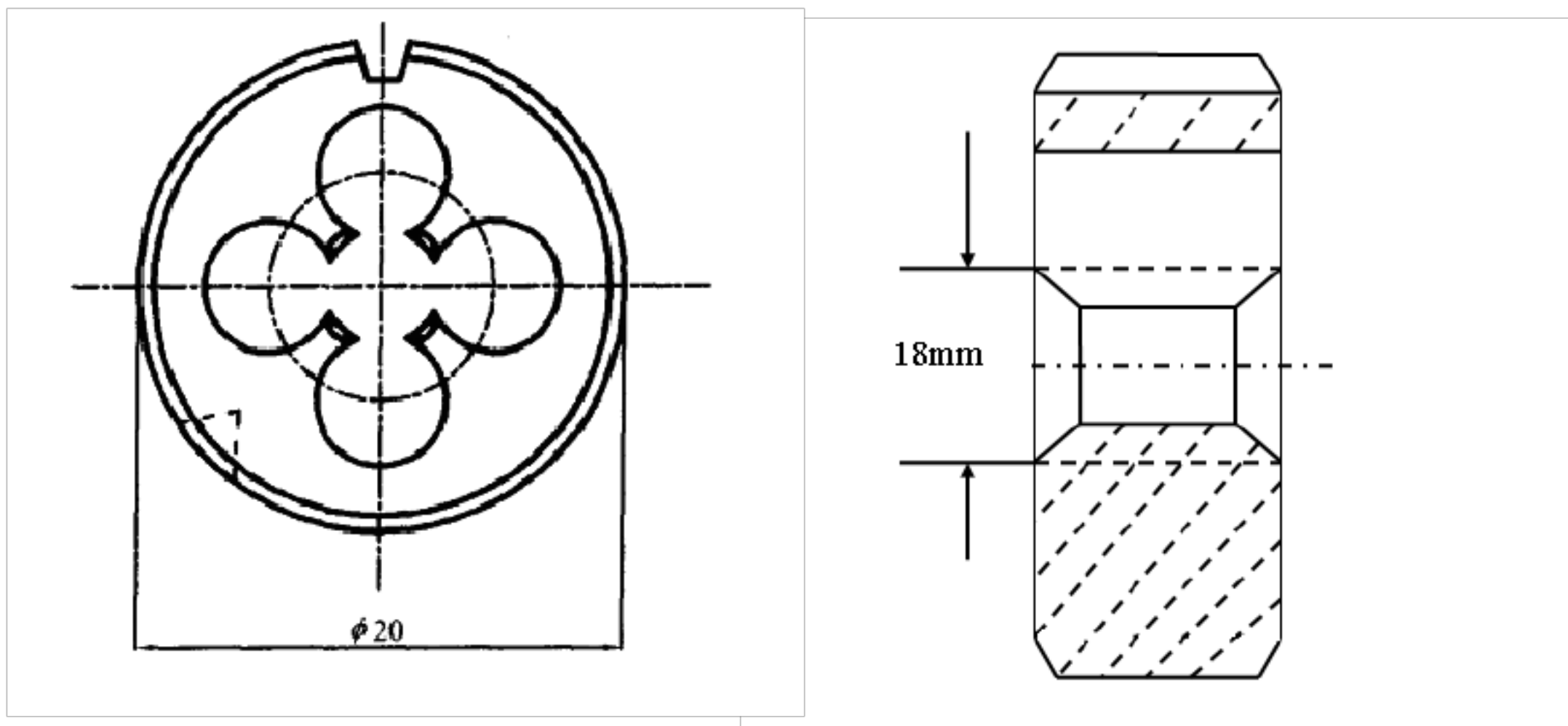


图 1 圆板牙平面图和剖面

2.2.2 技术要求

圆板牙属于手工切削或低速切削的工件，要求齿部有较高的耐磨性，同时齿部不能太脆，因此要有较高的韧性且变形要小，因此不能脱碳。

硬度：60~63HRC。

金相组织：马氏体针 < 3 级，残留碳化物网 ≤ 3 级。

装炉量：5 件。

2.3 圆板牙材料的选择

圆板牙属于薄刃工具，其刃部所受的冲击力不大，制造的材料组织中含有均匀分布的细小合金碳化物，使用时刃口部位不易崩刃，淬透性好，淬火应力和变形小，只有这样才能保证上述技术要求。综合圆板牙的工作条件、失效形式、性能要求等诸多因素来选择材料。制造圆板牙常用的钢种有 9SiCr, GCr15, T12, CrWMn, W18Cr4V 等。

T12 是碳素工具钢，含 1.15~1.24%C。这样的高 C 能保证淬火后有高的硬度和较多的碳化物，以满足耐磨性和淬硬性的要求。根据圆板牙的性能要求知，T12 钢不能满足热处理变形小(由于其淬透性差，需急冷而变形大)和韧度较好的要求。因此 T12 钢不符合本设计要求。

W18Cr4V 是高速钢。最主要的特点是红硬性高，适用于在 600℃ 工作温度下仍能保持其切削性能的高速切削场合。该钢的碳化物比较多，并且相对来说比较粗大，均匀性也难以达到最佳状态。对圆板牙这样的薄刃的工具，刃口部位容易崩刃，并且该钢的加工工艺性比较复杂，成本高。所以选用该钢也是不合适的。

CrWMn 钢由于 Cr、W、Mn 同时加入，使其有较高的淬透性使，Cr、W、Mn 都是碳化物形成元素，使钢中有较多的碳化物，淬火后硬度高，可达到 64~66HRC，但热硬性不如 9CrSi，但 CrWMn 钢热处理后变形小，故称微变形钢。W 能细化碳化物，改善了韧度；由于 Mn 的存在大为降低了 Ms 点，淬火后的残余奥氏体比较多，淬火变形也较小；但该钢的碳化物多且易形成网状，如果碳化物粗大且不均匀，则制造薄刃后，刃部有崩刃的危险。CrWMn 钢主要用于制造断面尺寸较大、淬火变形要求小、耐磨性要求较高的工具。

GCr15 是典型的滚动轴承钢，也可以制造工具。Cr 的加入增加了钢的淬透性，并能形成较稳定的细小均匀的碳化物，它的冶金质量比一般钢要高。在淬火低温回火后可获得高而均匀的硬度。热处理变形比较小，尺寸很稳定。但是该钢和 9SiCr 相比，回火稳定性比较差。因此，对刃口要求高且在内部的圆板牙来说，GCr15 不如 9SiCr 更适合。因此综上所述应该选择 9SiCr 作为制造圆板牙的材料。

选择 9SiCr 的主要原因是它的物理性能较好，它属于高碳合金工具钢，韧性较好，具有较好的回火稳定性。该钢中碳化物分布均匀，不易析出碳化物网，并易于正火消除，通过正火可以消除网状以及粗片碳化物组织。但是抗压强度和耐磨性不足，加工性较差。该钢的表面残余含碳量为 0.6%~0.7% 的脱碳层时，由于碳化物的减少使得表面层的过热敏感性增大。硬度达到 60~62HRC，但其抗弯强度却下降 40%；模具钢该钢受热软化温度为 320℃，淬透性比铬钢好；9SiCr 量具刃具用钢，是常用的低合金工具钢。9SiCr 中合金元素 Cr、Mn、Si、W、V 等可以溶入渗碳体中，形成合金渗碳体。溶入奥氏体中，可以提高过冷奥氏体的稳定性，提高淬透性，强化马氏体基体，提高回火抗性。

9SiCr 钢的化学成分见表 1。

表 1 9SiCr 钢的化学成分 wt.%

C	Si	Mn	Cr	S	P
0.85~0.95	1.20~1.60	0.30~0.60	0.95~1.25	≤0.030	≤0.030

2.4 9SiCr 钢的曲线

对于“C”曲线的变化来讲，随 C 曲线右移，奥氏体晶粒粗大，成分均匀性提高，奥氏体稳定性增加，“C”曲线右移。根据 C 曲线可知其淬透性时间小于 1_s ，故淬透性好。其临界冷却速度为 750℃。

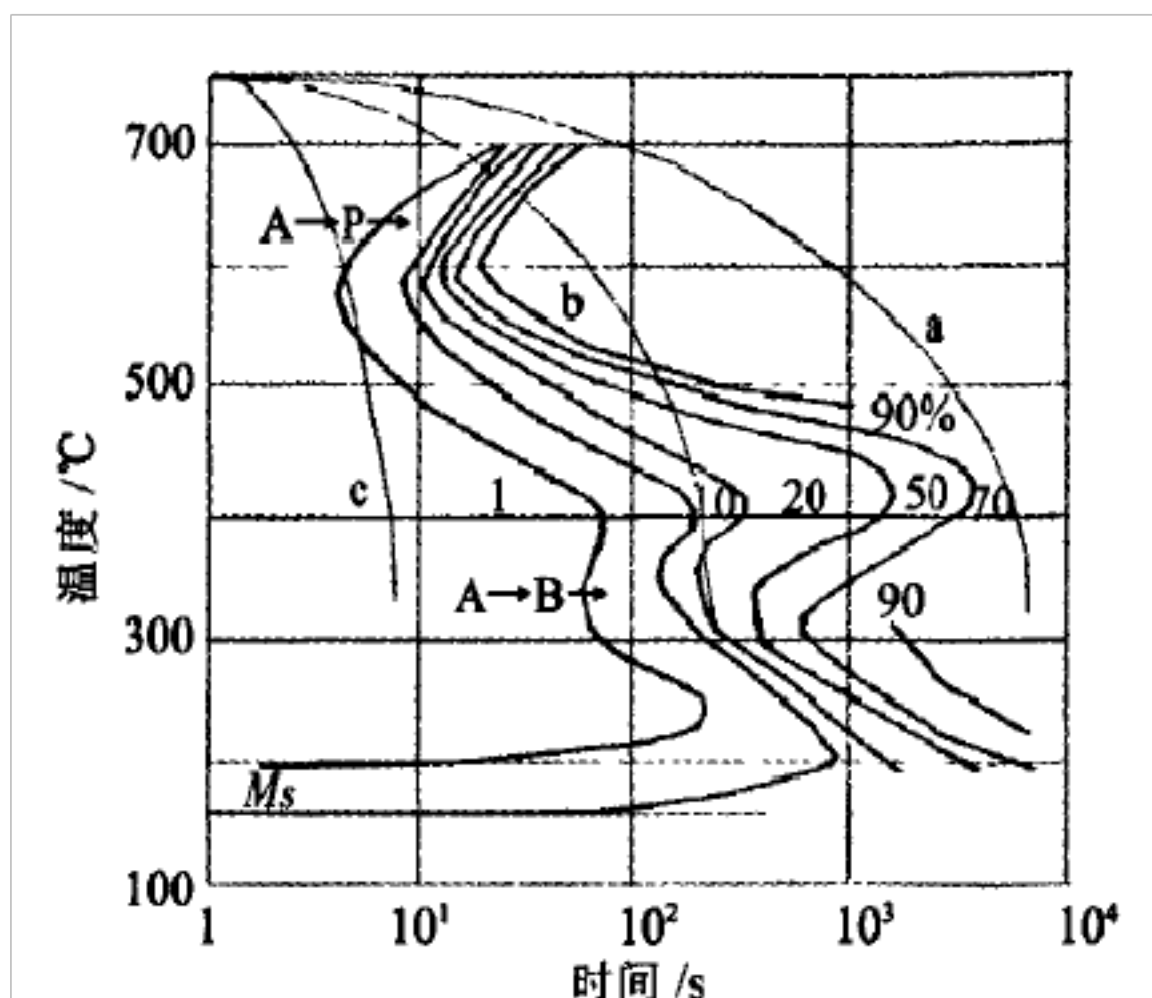


图2 9SiCr钢奥氏体等温转变曲线（奥氏体化温度875℃）

图2中最上面一条水平线上方一点表示钢的临界点 A_1 (727℃)即奥氏体与珠光体的平衡温度。图2中下方的一条水平线 M_s (170℃)为马氏体转变开始温度， M_s 以下还有一条水平线 M_f (-30℃)为马氏体转变终了温度。 $A_{ccm}=870℃$ 加热时二次渗碳体全部溶入奥氏体的终了温度， $Ac_1=770℃$ 加热时珠光体向奥氏体转变的开始温度。

2.5 圆板牙的加工工艺流程

圆板牙的加工工艺流程为：毛坯→锻造→球化退火→机械加工→淬火→检查→回火清洗→检查→发黑处理→外观处理。

2.6 圆板牙的热处理工艺

2.6.1 锻造

制造圆板牙的毛坯要经过锻造后获得基本的形状。锻造是利用锻压机械对金属坯料施加压力，使其产生塑性变形，以获得具有一定机械性能、一定形状和尺寸的锻件的加工方法。一种正确的生产工艺，必须满足产品质量诸多方面的要求，对于高速钢材而言，主要包括化学、纯洁度、高低倍组织、外形表面、尺寸公差、冷热塑性及使用性能等。当然，生产成本也是制定工艺时必须考虑的另一个主要因素。制造圆板牙的毛坯要经过锻造后获得基本的形状。锻造按坯料在加工时的温度可分为冷锻和热锻。普遍采用800℃作为划分线，高于800℃的是热锻；在300~800℃之间称为温锻或半热锻。本设计采用的是热锻。根据9SiCr钢的锻造工艺规范，以及本设计的尺寸要求，选择始锻温度1050℃，终锻温度

为 860℃。

查阅《热处理工艺规范数据手册》[1]可以找出 9SiCr 钢的锻造工艺的加热温度、始锻温度和冷却方式，本设计具体的锻造工艺参数如表 2 所示。

表 2 9SiCr 钢的热加锻造工艺规范

项目	加热温度/℃	开始温度/℃	终止温度/℃	冷却
钢锭	1150~1200	1100~1150	880~800	缓冷（砂冷或坑冷）

2.6.2 球化退火

1) 球化退火原理

将组织偏离平衡状态的金属或合金加热到适当的温度，保温一定时间，然后缓慢冷却。退火方式可以分为球化退火，等温退火，完全退火，不完全退火等。

圆板牙属于低合金刀具钢。低合金刀具钢的预先热处理是球化退火，9SiCr 圆板牙球化退火前的组织要求是细片状珠光体，经等温球化退火后为球状珠光体，其经淬-回火后的力学性能与原始组织为片状珠光体相比，在强度、硬度相同情况下，其塑韧性都要高，且对淬火温度的敏感性也相对较小。

球化退火的原理是依靠片状渗碳体的自发球化效果倾向和聚集长大，当片状珠光体在加热到 $A_{c1} + (20 \sim 30)^\circ\text{C}$ 时，其中的渗碳体开始局部溶解，使一片渗碳体断开为若干细的点状渗碳体，弥散分布在奥氏体基体上，同时由于加热温度低和渗碳体不完全溶解，造成奥氏体成分的极不均匀。在随后的缓冷过程中，以原有的细碳化物质点为核心，或由奥氏体的富碳区产生新的碳化物核心，形成均匀而细小的颗粒状碳化物。这些碳化物在缓冷过程中或等温过程中聚集长大，并向能量最低的状态转化为球状渗碳体。球化退火后的硬度在 179~207HB。

球化退火工艺方法很多，最常用的两种工艺是普通球化退火和等温球化退火。普通球化退火是将钢加热到 A_{c1} 以上 $20 \sim 30^\circ\text{C}$ ，保温适当时间，然后随炉缓慢冷却，冷到 500°C 左右出炉空冷。等温球化退火是与普通球化退火工艺同样的加热保温后，随炉冷却到略低于 A_{c1} 的温度进行等温，等温时间为其加热保温时间的 1.5 倍。等温后随炉冷至 500°C 左右出炉空冷。和普通球化退火相比，等温球化退火不仅可缩短周期，而且可使球化组织均匀，并能严格地控制退火后的硬度。

2) 球化退火的目的

球化退火的目的在于均匀化学成分降低硬度，改善锻造组织和切削加工性能，使珠光体内的片状渗碳体以及先共析渗碳体都变为球粒状，细化晶粒，均匀组织，消除铁素体的方

向性和内应力，改善机械加工性能，并为最后的最终热处理做准备。均匀分布于铁素体基体中（这种组织称为球化珠光体），具有这种组织的中碳钢和高碳钢硬度低、被切削性好、冷变形能力大。对工具钢来说，这种组织是淬火前最好的原始组织。得到球化体组织，这是任何一种钢具有最佳塑性和最低硬度的一种组织，良好的塑性是由于有一个连续的、塑性良好的铁素体基体。在珠光体中，片状渗碳体将铁素体分割开，从而能更有效的变形。因此，珠光体的硬度较高、塑性较低。圆板牙属于低合金刃具钢。低合金刃具钢的预先热处理是球化退火。球化体组织的良好塑性对于低碳钢和中碳钢的冷成型非常重要，而它的低硬度对于工具钢和轴承钢在最终热处理前的切削加工很重要。球化组织也是钢中最稳定的组织，因为球状渗碳体的单位体积面积最小因而具有最低的界面能。

球化退火后的级别为 2 级球状珠光体和 2~2.5 级渗碳体网络，硬度为 207~255HB，在测定的要求范围内。

）圆板牙球化退火工艺的确定

(a)退火温度的确定

9SiCr 圆板牙球化退火前的组织要求是细片状珠光体，经等温球化退火后为球状珠光体，其经淬-回火后的力学性能与原始组织为片状珠光体相比，在强度、硬度相同情况下，其塑韧性都要高，且对淬火温度的敏感性也相对较小。查阅《简明热处理技工手册》[2]可知 9SiCr 钢的球化退火加热温度为 790~810 °C，保温时间为 2~4h，以小于 40°C 的速度炉冷至 500 °C 出炉空冷；等温温度为 700~720 °C，保温时间 4~6h 后炉冷至 500 °C 出炉空冷。若退火温度过高奥氏体较为均匀，晶核数量减少，又会局部出现粗片状珠光体，致使切削性能变差，退火过热敏感性大，退火后的变形也大；若球化退火温度过低，原始的珠光体虽然溶解，但浓度不大，冷却时局部组织会出现片状珠光体，因此加热温度选择为 800°C。

(b)保温时间的确定

根据本设计的装炉量为 5 件，圆板牙内径尺寸为 12mm，根据经验公式： $\tau = K \alpha H$ 得到保温时间：，本公式来源于《热处理工艺规范数据手册》[1]。

式中： τ —保温时间(min)；

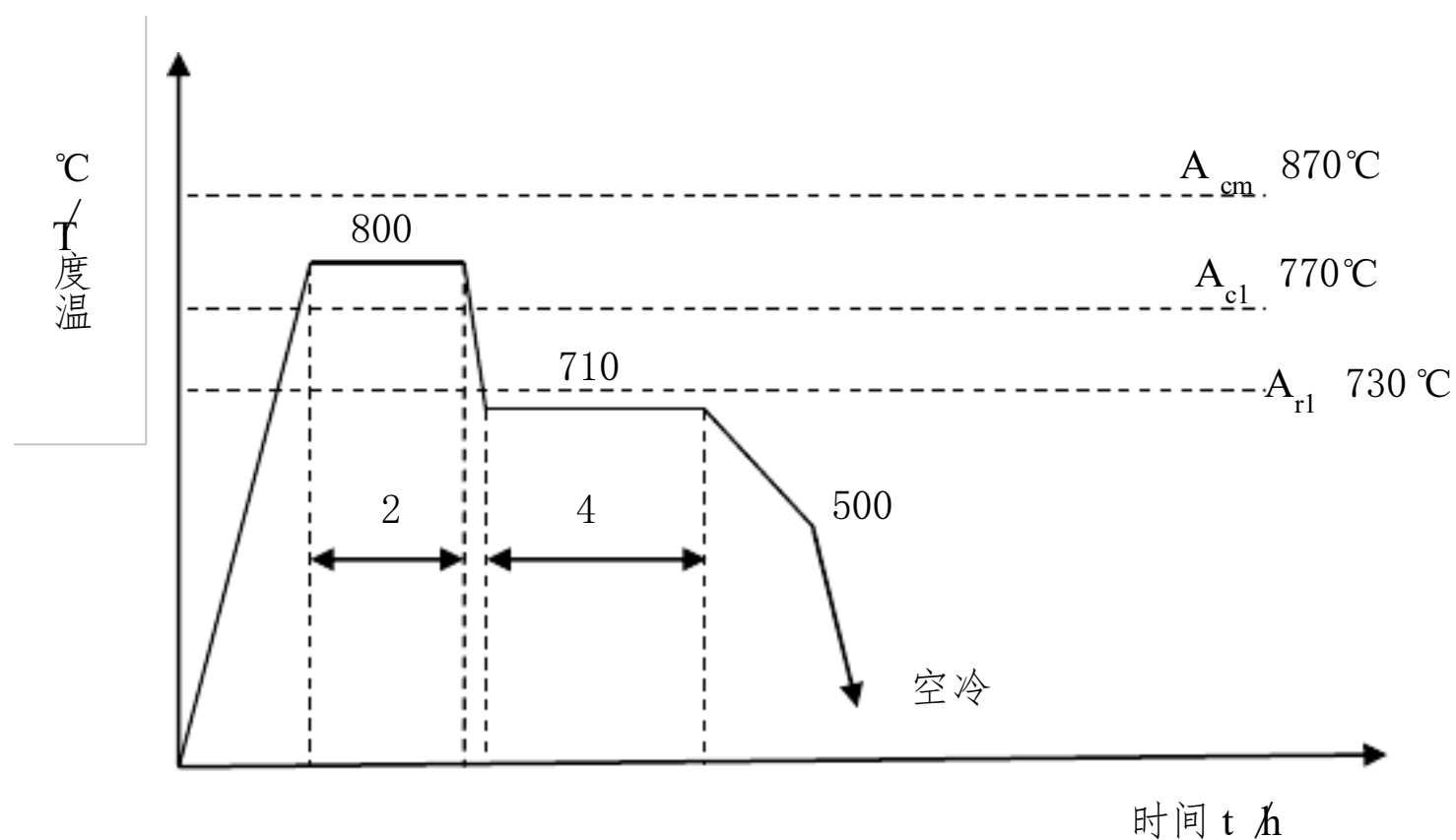
α —加热系数(min/mm)，合金结构钢范围 1.5~2，取 2；

K—工件炉装修正系数，通常为 1~1.5；

H—工件有效厚度(mm)，H=10mm。

经计算得保温时间为 2 小时。所以退火保温时间选择 2 小时。

本设计 9SiCr 圆板牙钢 M_{12} 的批量为 5 件。由于球化退火的加热及保温时间与工件的尺寸、装炉量及炉子的特性有关。正常的退火组织为球状的珠光体，级别为 2~5 级。球化退火后的硬度为 197~241HRC。如果保温时间太长，奥氏体均匀性太高，不利于球化。具体的球化退火的工艺参数如下图 3 所示。



3 9SiCr 钢圆板牙等温球化退火工艺曲线

(c) 冷却方式的确定

9SiCr 钢制造圆板牙的球化退火过程中冷却速度应小于 40°C ，由于本次设计的批量比较少，冷却速度不应很大，选择 $30^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。在球化退火前要注意的是球化退火前的组织要求是细片珠光体，不允许有严重的网状碳化物，否则在球化退火前安排正火处理。球化退火的组织为索氏体和粒状碳化物。根据本设计选择的等温退火和零件要求的冷却速度，确定退火的冷却方式为保温 4~6h 后炉冷至 500°C 出炉空冷。

2.6.3 淬火

1) 淬火的原理

把钢加热到临界点 A_{c1} 或 A_{c3} 以上一定温度，保温一定时间，然后以大于临界淬火速度的速度冷却，使过冷奥氏体转变为马氏体或贝氏体组织的热处理工艺称为淬火。淬火加热温度，对于亚共析钢是 $A_{c3} + (30\sim 50^{\circ}\text{C})$ ，共析钢和过共析钢是 $A_{c1} + (30\sim 50^{\circ}\text{C})$ ，过共析钢的淬火加热温度不能低于 A_{c1} 。淬火还需要保温时间为了使工件内外各部分均完成组织转变、碳化物溶解及奥氏体的成分均匀化，就必须在淬火加热温度保温一定时间。常用的淬冷介质有盐水、水、矿物油、空气等。淬火可以提高金属工件的硬度及耐磨性，因而广泛用于各种工、模、量具及要求表面耐磨的零件(如齿轮、轧辊、渗碳零件等)。通过淬火与不同温度的回火配合，可以大幅度提高金属的强度、韧性及疲劳强度，并可获得这些性能之间的配合(综合机械性能)以满足不同的使用要求。另外淬火还可使一些特殊性能的钢获得一定的物理化学性能，如淬火使永磁钢增强其铁磁性、不锈钢提高其耐蚀性等。淬火工艺主要用于钢件。常用的钢在加热到临界温度以上时，原有在室温下的组织将全部或大部转变为奥氏体。随后将钢浸入水或油中快速冷却，奥氏体即转变为马氏体。与钢中其他组织相比，马氏体硬度最高。淬火时的快速冷却会使工件内部产生内应力，当其大到一定程度时工件便会发生扭曲变形甚至开裂，为此必须选择合适的冷却方法。这就要求在 C

曲线的“鼻子”以上温度缓冷，以减小急冷所产生的热应力；在“鼻子”处冷却速度要大于临界冷却速度，以保证过冷奥氏体不发生非马氏体转变；在“鼻子”下方，特别是点以下温度时，冷却速度应尽量小，以减小组织转变的应力。常用的淬火方法有单液淬火法，双液淬火法，分级淬火法，等温淬火法，预冷淬火法，局部淬火法。

① 单液淬火法：其特点是工件经加热后，置于某一个淬火介质中冷却，由于工件表面与中心的温度差大，造成较大的热应力和组织应力，引起变形与开裂。但这种方法简单，经济，易于掌握，广泛应用于形状简单的工件淬火。

② 预冷淬火法：将加热好的工件，自炉中取出后在空气中冷却一段时间，使工件的温度降低一些，在置于淬火介质中进行冷却的一种淬火方法，预冷可以减小工件在随后快冷时各处之间的温度差，从而降低淬火变形与开裂的倾向。

③ 双液淬火法：先在冷却能力较强的介质中冷却，再转入冷却能力弱的介质中冷却，即保证获得马氏体组织，又减小淬火应力，但工艺控制难。

④ 分级淬火法：将加热好的工件置于温度高于 M_s 点的热态介质中，保持一定时间，待工件个部分的温度达到一致时，取出空冷或油冷。其特点首先缩小了工件与冷却介质间的温差，明显减小了工件冷却过程中的热应力，其次，使整个工件温度趋于均匀，使工件淬火时的变形与开裂倾向显著减少。

⑤ 等温淬火法：分为贝氏体法与马氏体法。

本设计采用贝氏体等温淬火法，等温淬火时由于等温介质的温度较高，冷却能力较小，所以等温淬火的加热温度比一般普通淬火时高出 $20\sim 30^\circ\text{C}$ 。该方法的显著特点是保证有较高强度的同时，还保持了有较高的韧性，同时开裂与变形也较小。在盐浴炉中保温足够时间，发生下贝氏体转变后出炉空冷，获得下贝氏体组织，淬火内应力小，具有良好的综合力学性能，适用于处理形状复杂、尺寸较小、要求较高硬度和韧性的工件。除了有消除内应力、提高力学性能和耐磨性等作用外，还可使组织应力和热应力减至最小，并大大减少工件的变形，所以对圆板牙这类要求变形较高的工件，宜采用等温淬火工艺。生产上常用的介质为熔融硝酸盐，而且对工件的厚度也有一定的要求。

⑥ 局部淬火法：只对工件需要硬化的部位进行加热淬火。

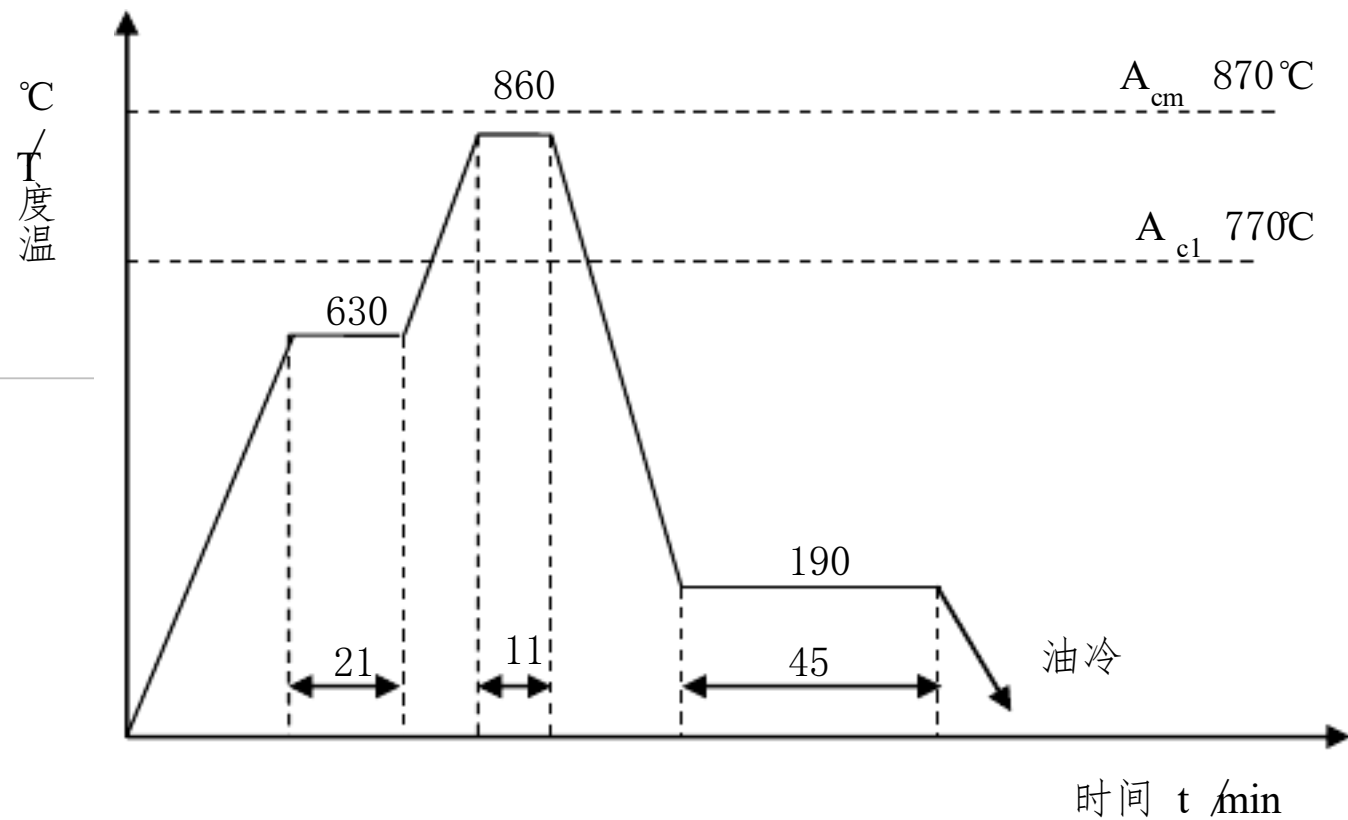
1) 淬火的目的

本设计采用等温淬火。等温淬火时由于等温介质的温度较高，冷却能力较小，所以等温淬火的加热温度比一般普通淬火时高出 $20\sim 30^\circ\text{C}$ 。其目的是因为等温淬火除了有消除内应力、提高力学性能和耐磨性等作用外，还可使组织应力和热应力减至最小，并大大减少工件的变形，适合要求变形小、形状复杂的刀具，所以对圆板牙这类要求变形较高的工件，宜采用等温淬火工艺。

3) 圆板牙淬火工艺的确定

(a) 温度的确定

查阅《热处理工艺规范数据手册》可知 9SiCr 钢的淬火加热温度范围在 850~880℃，盐浴炉中加热系数为 30~45s/mm，冷却介质为油或硝盐。淬火加热温度的确定，除了考虑控制未溶碳化物数量外，还应考虑原材料的球化级别、工具尺寸等因素。因为尺寸较大的工件，容易产生球化不良、碳化物不均匀等问题，所以大尺寸的圆板牙宜采用较低的淬火加热温度，如：小于 M10 的圆板牙，常采用 860~870℃；大于 M10 的圆板牙，采用 850~860℃。图 4 为 9SiCr 钢圆板牙等温淬火工艺曲线。



4 9SiCr 钢圆板牙等温淬火工艺曲线

本设计为 M12 的圆板牙，批量为 5 件，查阅《热处理手册》[3]第 4 版，第 2 卷可知，不同规格的圆板牙其淬火温度与分级温度的关系如表 3 所示。

表 3 不同规格的圆板牙其淬火温度与分级温度的关系

规格	M1~M2.5	M3~M5	M6~M9	M10~M14	M16~M27	M27~M36
加热温度/℃		860~870			850~860	
分级温度/℃	160~170	170~180	180~190		190~210	

根据表 3 的规范数据，本设计的淬火加热温度选择 860℃，之后等温时，部分奥氏体转变为下贝氏体，从而使钢的硬度、强度和韧性得到良好的配合，并能保证工具具有良好的耐磨性。贝氏体等温温度为稍微高于 M_s 选取 190℃。等温温度过高，硬度、强度会急剧下降；等温温度过低，得不到所需的下贝氏体数量。等温温度也会影响随后空冷时形成的马氏体数量，从而对螺孔的胀缩有影响。同样等温停留时间对力学性能也有影响，适当的时间使钢具有最佳的强韧性。

(b) 等温时间的确定

低合金刀具钢的导热性差，并且此设计的圆板牙尺寸较大，形状复杂，所以除了应该缓慢加热外，还应该在 $\sim 650^{\circ}\text{C}$ 预热，预热为淬火时间的两倍左右，以减少高温停留的时间，从而减轻 9SiCr 圆板牙钢的脱 C 现象。确定淬火时间的公式如下： $t = \alpha \cdot K \cdot D$ ，本公式来源于《金属材料手册》[4]。

式中： t -加热时间(min 或 s)；

α -加热系数(min/mm 或 s/mm) D -工件有效厚度(mm)；

K -装炉条件修正系数，通常取 1~1.5。

在盐浴炉中加热，由于盐浴炉的脱氧，也可以减轻圆板牙的脱 C 倾向。查阅《热处理手册》[3]第 4 版，第 2 卷可知，在盐浴炉中预热到 $600\sim 650^{\circ}\text{C}$ 的加热系数为 $60\sim 90\text{s/mm}$ ，淬火时的加热系数为 $30\sim 45\text{s/mm}$ 。计算圆板牙的淬火时间不根据零件的直径，而是根据厚度计算。

当有效厚度为 14mm，装炉条件修正系数取 1，所以预热时间和淬火时间分别为：

预热时间 $t = \alpha \cdot K \cdot D = 90 \times 1 \times 14 = 1260\text{s} = 21\text{min}$ ；

淬火时间 $t = \alpha \cdot K \cdot D = 45 \times 1 \times 14 = 630\text{s} = 10.5\text{min}$ ，取 11min；

当有效厚度为 14mm，装炉条件修正系数取 1.5 时，预热时间和淬火时间分别为：

预热时间 $t = \alpha \cdot K \cdot D = 90 \times 1.5 \times 14 = 1890\text{s} = 31.5\text{min}$ ；取 32min；

淬火时间 $t = \alpha \cdot K \cdot D = 45 \times 1.5 \times 14 = 945\text{s} = 15.75\text{min}$ ，取 16min；

所以等温时间为 $32\sim 48\text{min}$ 。根据装炉量等因素采用 48 分钟比较合适。等温停留的时间对力学性能也有影响，适当的时间使圆板牙具有最佳的强韧性。试验表明，超过 60 分钟，圆板牙的性能大为下降。这因为下贝氏体和残余奥氏体量太多的缘故。等温淬火后的金像组织为：细小马氏体+粒状合金碳化物+残余奥氏体。

(c) 冷却方式的确定

冷却时淬火的关键，应根据 9SiCr 圆板牙钢的淬透性、工件尺寸和形状有关。9SiCr 钢的淬透性较高，一般均在油中或硝盐中淬火，本设计选择油淬。因为尽量缓慢的冷却可使降低淬火应力，减小变形和防止开裂。

2.6.4

) 回火的原理

回火是将经过淬火的工件重新加热到低于下临界温度的适当温度，进行保温一段时间后在空气或水、油等介质中冷却的金属热处理工艺。或将淬火后的合金工件加热到适当温度，保温若干时间，然后缓慢或快速冷却。一般用于减小或消除淬火钢件中的内应力，或者降低其硬度和强度。回火往往是与淬火相伴，并且是热处理的最后一道工序。经过回火，钢的组织趋于稳定，淬火钢的脆性降低，韧性与塑性提高，消除或者减少淬火应力，稳定钢的形状与尺寸，防止淬火零件变形和开裂。回火分为 5 个阶段：碳原子的重新分布、过

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/745221203120011314>