

兰州理工大学材料科学与工程学院

金属材料综合实验指导书

实验一 GCr15 钢制轴承零件热处理及其

质量评定与分析

一、实验目的

本实验是继专业系列实验之后，毕业设计前的综合性实验。强调以学生为主，根据零件特点和技术要求正确的选则材料，制定工艺路线，用热处理的方法改善组织，提高材料的性能，以满足材料的各项技术要求。通过本实验培养学生动手能力及理论联系实际、独立分析和解决实际问题的能力，为更好、更顺利的完成毕业设计作好必要的准备。

二、实验内容

本实验选用 GCr15 标准轴承用钢，根据轴承生产和使用的特点及性能要求，进行模拟轴承零件淬火、低温回火常规热处理及球化退火的预先处理等工艺实践，具体内容：

- 轴承服役条件和失效形式分析
- 确定轴承套圈加工工艺路线
- 制定轴承套圈退火和淬、回火工艺
- 热处理工艺操作
- 金相试样制备
- 金相组织观察
- 硬度测定和质量评定

三、GCr15 钢制轴承套圈热处理技术要求

1. 球化退火

显微组织：细粒状 P，不允许密集点状和细片状欠热组织和粗大粒状珠光体的过热组织。

硬 度：HB179~207

2. 淬火+回火

显微组织：隐晶马氏体+细小结晶马氏体+残留碳化物+少量残余奥氏体

硬 度：HRC61 ~65

四、概述

滚动轴承在使用过程中，轴承零件是处在拉伸、压缩、弯曲和剪切等交变复杂应力及高应力状态下，高速而长时间工作。因此要求轴承材料应具有高的抗疲劳强度、良好的耐磨性和一定的韧性。GCr15 钢的化学成分见下表：

GCr15 钢的化学成分 (%)

碳	铬	锰	硅	硫	磷
0.95~1.0	1.30~1.6	0.20~0.4	0.15~0.3	≤0.02	≤0.027
5	5	0	5		

GCr15 钢含碳量为 1.0%左右，并有 1.4%的铬元素，其本质仍属过共析钢。当其化学成分符合标准时，轴承的内在质量在很大程度上取决于钢锭冶金质量——即化学成分的均匀性、非金属夹杂物的含量、类型、大小及分布，碳化物不均匀性等。一般轴承零件热处理分为预先热处理和最终热处理两个过程：a. 预先热处理在机械加工之前进行，通常采用正火和球化退火处理。正火消除网状渗碳体；球化退火使钢软化、消除锻轧应力为最终热处理做准备。球化退火得到的粒状P组织，易于切削加工，并能提高切削加工表面光洁度。b. 最终热处理包括淬火和回火处理。通过淬火和低温回火处理，获得回火马氏体、均匀分布的细小碳化物和少量残余奥氏体组织。这种组织具有较高的强度、一定韧性和较高表面耐磨性，能够满足一般轴承的使用性能要求。GCr15 钢热处理工艺参数的选择，根据F—C_r—C三元相图临界点确定。淬火加热温度过高会增加A_r量并使M组织粗化；温度过低会使A中合金元素和K的溶解量减少，未溶K量过多，使钢的强度和疲劳寿命降低。淬火冷却选用 20 号机械油。

五、实验方法指导

1. 实验材料及设备

- 箱式电阻炉
- 电加热回火油槽
- GCr15 钢制轴承套圈毛坯
- 砂轮机、抛光机、抛光剂、金相砂纸
- 金相显微镜

- 布氏、洛氏硬度计
- 相关标准和图册
- 2. 实验步骤
 - 制定轴承套圈加工工艺路线
 - 制定轴承套圈球化退火和淬、回火工艺
 - 每三人一组，每组三个试样，在老师指导下分别进行球化退火、淬火和回火操作（淬火操作前要测量套圈尺寸及直径变动量，与淬火后的套圈进行比对）。
 - 制备金相观察试样
 - 观察不同热处理后的显微组织，并根据《高碳铬轴承钢滚动轴承零件热处理技术条件》、《滚铬钢滚动轴承零件热处理质量标准评级图册》进行热处理质量评定
 - 根据 YB9—68 标准，对原材料中的非金属夹杂物进行评定
 - 测试硬度
 - 多媒体照片制作

六、实验报告要求

1. 明确实验目的
2. 实验材料及设备
3. 绘制轴承套圈淬火、回火和球化退火的热处理工艺曲线
4. 讨论轴承套圈热处理工艺制定的依据
5. 分析原材料或热处理缺陷（球化不良、欠热、过热）对轴承加工和使用性能的影响。

实验二 焊接热模拟

一 热模拟简介

随着材料科学的迅速发展，低合金钢、超合金钢、有色金属以及各种不同性能的特种合金在工业上，特别在焊接结构中得到广泛应用，使人们对研究金属材料的焊接行为及性能引起了普遍重视，因为焊接在经受焊接热及应力、应变循环后的热影响区组织和性能是决定焊接接头质量和影响寿命的关键，因此如何改善焊接影响区组织和性能是人们关注的重要问题。

我们知道焊接 HAZ (heat affect zone) 范围从 0.1mm 到几十毫米，接头的部位受到的热循环不同，热影响区的组织由粗晶、细晶、不完全结晶区组成，因此构成物理—化学性能和力学性能的复杂变化。

过去人们采用常规的试验方法研究焊接热影响区组织和性能的变化规律，但由于焊接时快速加热和冷却过程，使组织梯度狭窄，影响接头性能的区域无法用常规的力学作出精确的试验数据，只是影响区整体性能指标，因此试验结果与实际焊接情况极不相符。



一 模拟技术的发展和用

Gleeble 和 Thermoresfor-w 两种机型

采用模拟试验方法来研究热影响区的热应力、应变循环及气体介质等因素对其组织和性能影响变化规律，并取得定量的科学分析，取得了过去常规试验无法取得的丰硕成果。在试样上造成与实际焊接相似的热循环或应力、应变，从而制得所需研究得热影响区特定部位的均匀组织的试样，并对其各种性能进行定量的测试，可以用来研究焊接热影响区脆化问题、应力腐蚀问题、断裂韧性、各种冷裂纹、在热裂纹的敏感性测定钢材 CCT 连续冷却曲线，为焊接工作者选择最佳焊接规范和工艺参数，以保证得到所要求的热影响区的测试数据，为从事新材料研究精选性能良好的钢材和合金提供了有用试验手段。

原理和主要参数

近代的焊接模拟机是采用灵敏而又精确的控制系统和可靠的机械系统在此装置上使具有一定尺寸和小型试样再现与实际焊接热影响区某一点完全一致的热、应力、应变循环，并且试样的组织性能代表实际焊接 HAZ 某一点的组织性能，就是焊接热模拟试验主要原理，也是热模拟机的基本功能。

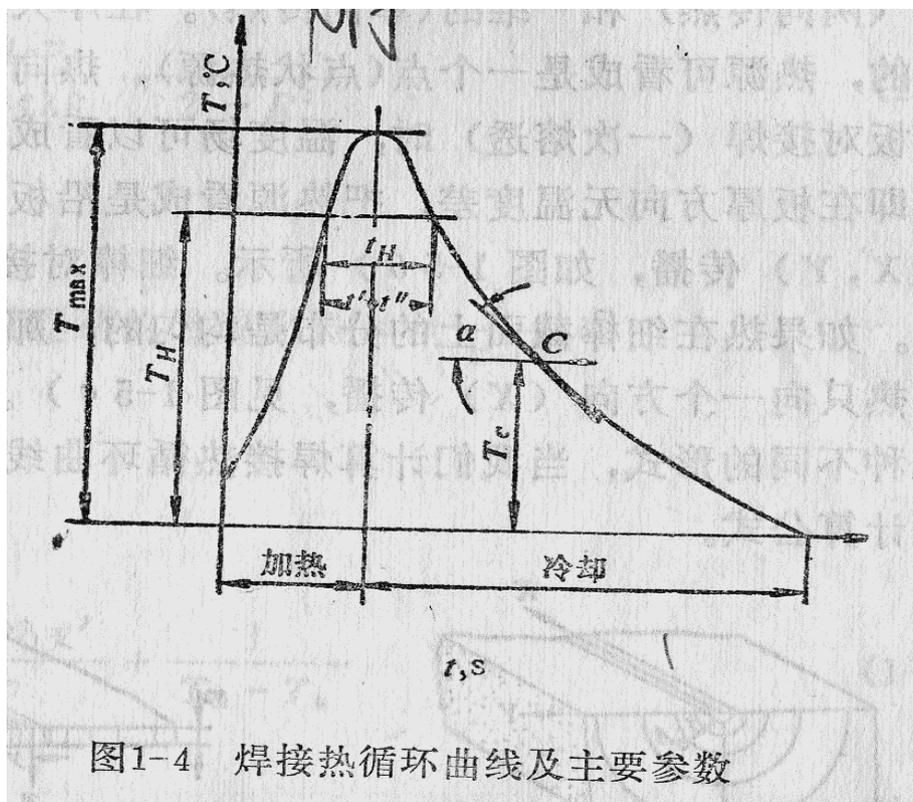


图1-4 焊接热循环曲线及主要参数

其主要参数：1 加热速度、2 峰值温度、3 高温停留时间、4 冷却速度

二 钢在加热过程中的组织转变特点

(一) 由奥氏体等温形成动力学曲线看出：

- 1 在转变初期，后期转变速度都不大，而达到 50%转变速度最大；
- 2 奥氏体形成前都有一段准备时间，称为孕育期，温度越高孕育期愈短；
- 3 加热温度愈高，完成转变的所需时间愈短。

(二) 影响奥氏体形成速度的因素

(三) 奥氏体晶粒的长大及其影响因素

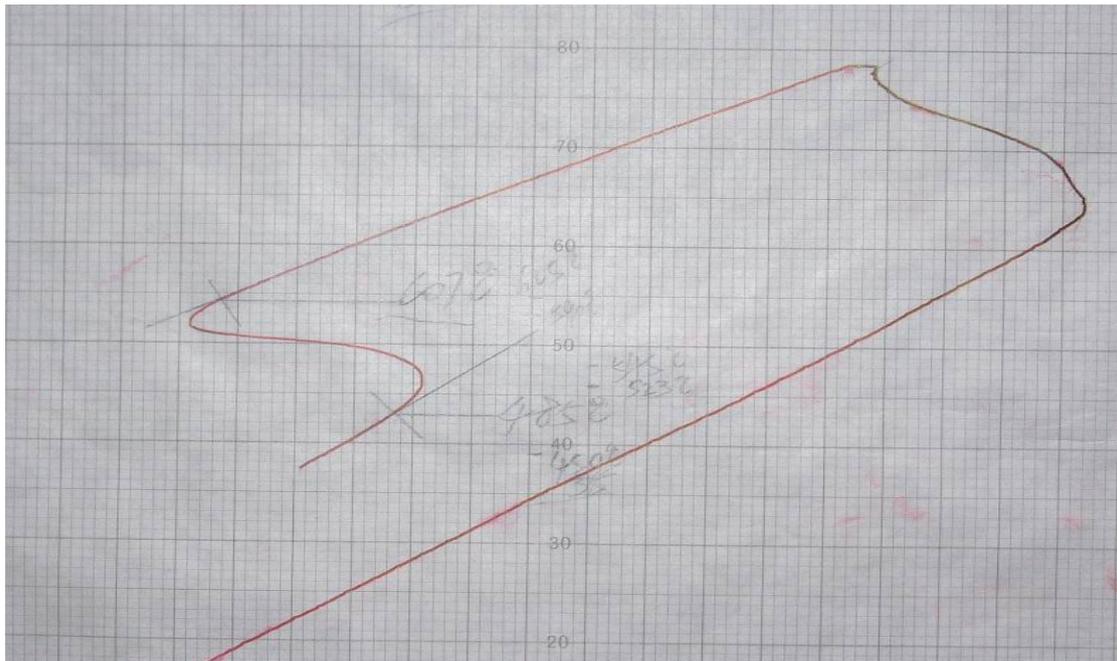
晶粒的大小对钢的屈服强度、韧脆转化温度及淬透性都有很大影响。

三 钢在冷却过程中组织转变

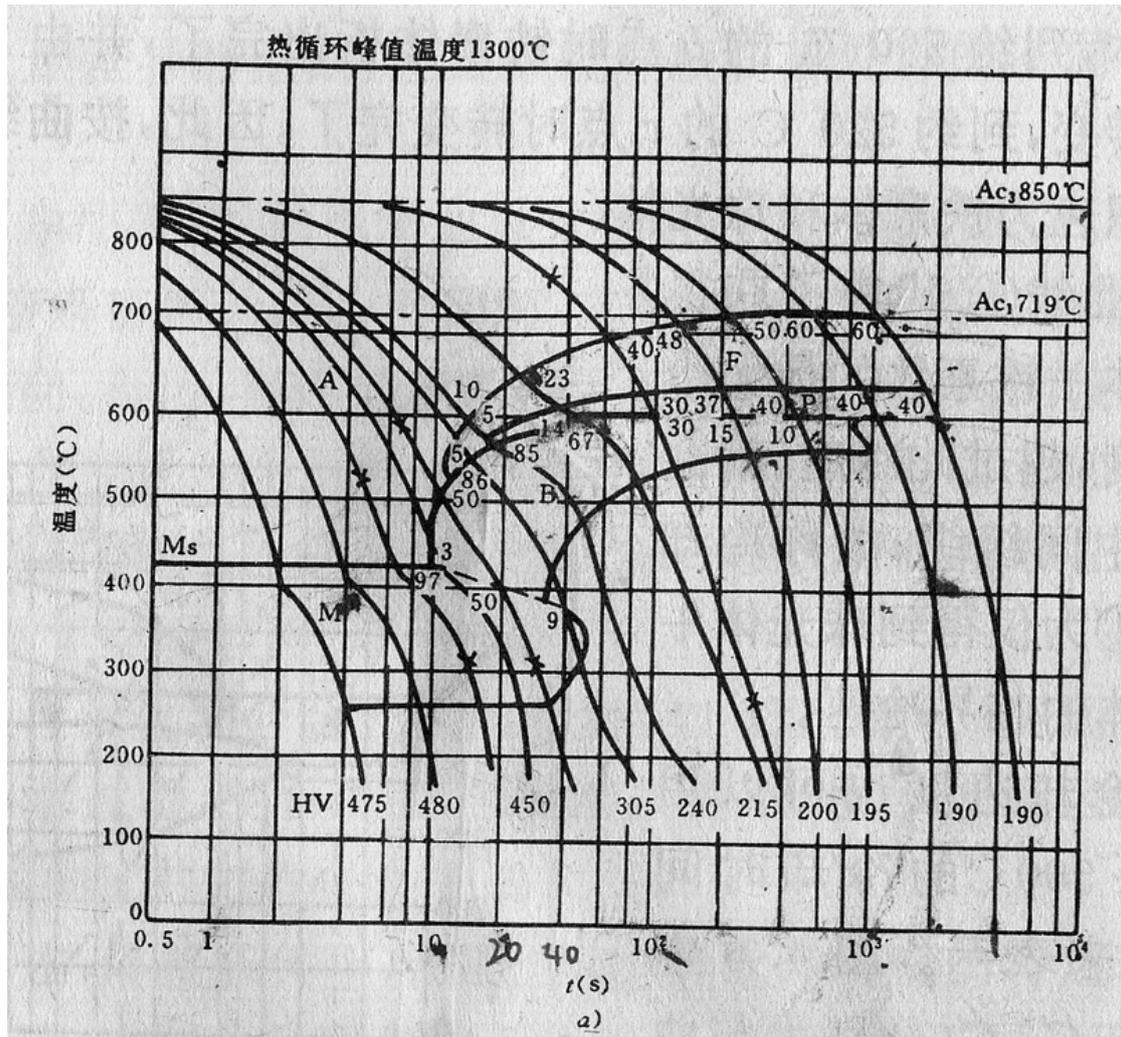
奥氏体冷至 A 以下称为冷却转变。它比加热转变要复杂的多，冷却随条件的不同，即在不同的等温温度下或不同的冷却速度下，具有不同的转变机制和产物，钢在冷却时可能发生三种不同的基本转变，高温珠光体转变、中温贝氏体转变和低温马氏体转变。珠光体转变是受扩散机制控制，马氏体转变是无扩散、切变式转变，贝氏体转变具有前两者的特点。三种转变的温度范围之间由重叠区，可能发生一种转变，（如珠光体）随时间的延长在发生另一种转变。

四 过冷奥氏体连续冷却转变图 — CCT 图 (Continuous Cooling Transformation)

1 定义:连续冷却转变图是指钢经奥氏体在不同的冷却条件下，过冷奥氏体转变为亚稳态产物时，转变开始及转变终止的时间与转变温度之间的关系曲线。其绘制方法可通过金相法、膨胀法、端淬法、热分析法等。



2 应用：CCT 图主要用于指导制定在连续冷却条件下的热处理工艺，由于实际生产中大多数钢件的热处理都是在这种条件下进行的，因此要求提供钢种的而且更符合实际条件的 CCT 图。可应用于确定临界淬火速度（临界淬火速度代表钢接受淬火的能力，是解决钢件淬透深度的主要因素，也是合理选用钢材和制定热处理工艺的重要依据之一。在 CCT 图中与最先转变开始线相切的冷却曲线即代表临界淬火速度）、预测钢件热处理的组织与性能及选择冷却规范。



五 焊接过程中的组织转变

一 加工特点

- 1 加热温度高
- 2 加热速度快
- 3 高温停留时间短
- 4 自然状态下的连续冷却
- 5 局部加热

二 奥氏体转变特点

三 加热过程组织转变特点

四 焊接冷却组织转变特点

在焊接条件下 45 号钢比热处理条件下 CCT 图稍向右移，即焊接时淬硬倾向；而 40Cr 号钢比热处理条件下 CCT 图稍向左移，即焊接时淬硬倾向小。由金属学知道，当碳化物的合金元素（Cr，Mo，V，Ti）融解于奥氏体中，才会增加奥氏体稳定性，即加大淬硬倾向，显然热处理有充分时间形成碳化物融解，而焊接条件下来不及让碳化物融解；对于不含碳化物合金元素钢种如 45 号钢，一方面不

存在碳化物的融解过程，另一方面在焊接条件下，由于近缝区组织粗化，故淬硬倾向比热处理条件大。

六 实验内容和方法

一 在根据国标钢的临界点测定方法—膨胀法（GB5056—85）和钢的连续冷却转变曲线图的测定（GB5057—85）的基础上，制定 16Mn 钢的一条加热和冷却方案，在参考已有 16Mn 钢的 CCT 图的基础上预测相变临界点和组织成分。要求在实验前写出实验方案。

二 在指导教师的监督和指导下，完成实验的各项内容，包括工件的热模拟实验、金相组织的观察和分析。

在实验结果的基础上，写出实验报告（包括绘制金相组织图，CCT 图和写出个人实验体会）。