

高等农业院校試用教材

金属学及热处理实验

周汝霖主編

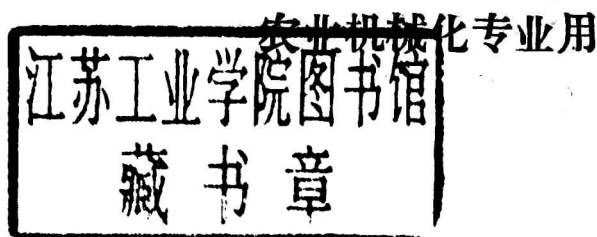
农业机械化专业用

农业出版社

高等农业院校試用教材

金属学及热处理实验

周汝霖主編



农业出版社

高等农业院校試用教材
金属学及热处理实验
周汝霖主編

农业出版社出版
北京老錢局一号

(北京市书刊出版业营业許可証出字第106号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海市印刷五厂印刷裝訂

統一书号 K 15144.350

1962年10月北京制型

1962年12月初版

1962年12月上海第一次印刷

印数 1—1,000册

开本 850×1168毫米
三十二分之一

字数 143千字

印張 六又十六分之一

插頁 一

定价 (9) 七角三分

序

本书系受农业部委托,为配合1961年农业出版社所出版、南京农学院农机分院等合編的高等院校农机专业“金屬学及热处理”試用教材而編写的实验指导书。可供农机专业金屬学实验課程使用,还可以供其他机械类专业金屬学实验,以及作为从事这项工作的工厂技术人员的参考。

全书的内容包括20个实验,分成必须完成的和供示范选择的实验两部分。采用本教材的单位可以按照学时和设备条件等具体情况,一一完成第一部分12个实验,再从第二部分8个实验中,选择进行或示范表演若干个实验。或者只进行第一部分实验。如果进行第一部分全部实验还有困难时,可以合并精简为几个主要实验如:粗视分析、热分析、显微分析、铁碳平衡及不平衡状态的显微分析等在实验室中配合讲课依次进行,其余部分改用示范或参观方式,甚至可以安排在工厂实习中,结合生产现场讲解,例如火花鉴别、热处理等。

实验顺序均按讲课先后依次编排,实验内容着重说明各种设备和方法的原理,借以充实教材中所未提到的部分。实验设备和方法也照顾各院校条件不同的特点,除采用通用者外,还推荐一些切实可行的简易方法和设备。至于实验的组织、安排和进行步骤,以及主要仪器的选择、应用、维护和安全注意事项等也力求叙述详细,以便对于从事实验工作的新手或独立工作的学生能有一定的指导作用。为了结合专业和联系实际,部分实验还适当加入生产现

場所需要的种种鉴定质量的方法。

本书由南京农学院农机分院周汝霖主編，张伯承同志参加編写，并且共同研究实验的組織、安排和插图的选择与設計等工作。

編写过程時間极其仓促，个别实验还未及充分考虑，加以我們水平所限，缺点和錯誤在所难免，希望讀者随时提出批評和指正。

編 者

1962年5月于南京

目 录

序

第一部分 必須完成的实验	1
实验一 粗視分析	1
实验二 結晶过程观察	7
实验三 热分析	10
实验四 显微分析	16
实验五 鉄碳合金平衡組織的显微分析	29
实验六 鉄碳合金不平衡組織的显微分析	37
实验七 灰鑄鉄的显微分析	43
实验八 硬度測定	54
实验九 鋼材火花鉴别法	66
实验十 碳鋼的热处理	77
实验十一 合金鋼的显微分析	87
实验十二 有色合金的显微分析	96
第二部分 示范选择的实验	106
实验十三 无损探伤	106
实验十四 塑性变形与再結晶	119
实验十五 鋼的等温处理	124
实验十六 鋼的淬透性測定	129
实验十七 高速鋼的热处理	135
实验十八 鋼的化学热处理	143
实验十九 鋼的高頻感应加热淬火处理	148
实验二十 鋁合金的热处理	157

附 录:

附录一	常用各种侵蚀剂表.....	162
附录二	硬度换算表.....	164
附录三	布氏硬度计算数值表 ($\phi 10$ 毫米钢球, 3,000公斤)	167
附录四	布氏硬度计算数值表 ($\phi 5$ 毫米钢球, 750公斤)	170
附录五	布氏硬度计算数值表 ($\phi 2.5$ 毫米钢球, 187.5公斤).....	173
附录六	维氏硬度计算数值表 (136° 金刚石角锥, 荷重30公斤) ...	174
附录七	维氏硬度计算数值表 (136° 金刚石角锥, 荷重10公斤) ...	176
附录八	常用盐的熔点.....	178
附录九	两种盐的混合物的熔点.....	179
附录十	三种盐的混合物的熔点.....	185
参考文献		186

第一部分 必須完成的實驗

實驗一 粗視分析

一、實驗目的 熟悉粗視分析的原理、方法和应用。

二、理論概述

1. 粗視分析法的原理及其应用 金屬和合金的性质决定于組織。按量級，組織系由原子結構、晶格結構、显微結構和低倍結構等所組合的綜合体。金屬的低倍結構大多随熔炼、浇鑄与后来的加工和热处理而变化。它給金屬的内部显露了較大的不均匀性，常見的有：气縮孔、疏松、裂紋、夹渣、偏析、纖維紋絡、加工硬化金屬中的滑移綫、枝晶結構等。这些缺陷和特征的存在和分布，破坏了金屬的連續性和均匀性，严重的影响了金屬的质量。

用肉眼或在低倍放大下观察零件的断口或磨蝕后的試片以研究金屬的低倍組織，这种方法就称为粗視分析，可以用于判断金屬的組織和加工历史。

由于粗視分析所考查的范围比較大，可以获得金屬結構的粗略概念，而且分析簡易迅速，所以广泛的用于冶炼、鍛、鑄和热处理等的現場生产。但是粗視分析不能确定金屬的細致結構，許多特点还有待进一步在显微分析中确定。

2. 粗視磨片 粗視分析可以直接在金屬的断口上进行。根据断口特征可以确定材料性质、晶粒大小和断口缺陷。在現場生产中，还用来直接检查工艺过程，如鑄件灰白口，热处理层深度，或区

別黑白心展性鑄鐵等。为了更好的显示材料低倍結構，粗視分析前常要謹慎选择試样，經過磨制和特种試剂侵蝕后再进行观察。粗視磨片的制备过程如下：

(1) 取样 粗視分析的效果与試样的选择有很大的关系。按分析的目的和对象，磨片要选择最有代表性的区域，使分析結果能得到全面的完整概念。粗視分析磨片尺寸一般比較大，可用切削刀具在車床上截取。

(2) 磨制 为了更好的显露組織，試样表面應該平滑完整。由于磨片尺寸較大，切割后的平整度較低，故磨制时要用砂紙去磨擦試样，不是用試样去磨擦砂紙。每当由較粗的一号砂紙轉換到較細的下一号砂紙时，磨紋方向必須回轉 90° 。一般磨至 120—150 号砂紙为止。

(3) 侵蝕 侵蝕的目的是人为的扩大或显露組織不均匀性，以便观察細小的孔眼、裂紋和破碎屑掩盖的缺陷，經侵蝕后会“跃然显现”侵蝕剂对粗視分析的結果有显著影响，一般有表面侵蝕剂与深度侵蝕剂之分。后者用各种酸类或混合酸浓溶液，作用較为强烈，不均匀性也显露得較为清楚。常用以显露偏析，枝晶軸，軋压的纖維紋絡。常用成分如表 1—1。

表 1—1 鋼的深度侵蝕剂

号次	試 剂 用 途	• 試 剂 组 成 (毫 升)			水 (毫升)	侵 蝕 条 件
		HCl (比重 1.19)	HNO ₃ (比重 1.50)	H ₂ SO ₄ (比重 1.84)		
1	碳 鋼	—	—	20	100	60°C, 2 小时以內
2	碳 鋼	50	—	—	50	60—70°C, 10—45 分钟
3	碳 鋼	—	50	—	50	70—80°C, 1—2 小时
4	合金鋼	100	—	200	300	100°C, 20—60 分钟
5	合金鋼	500	—	70	180	95—98°C, 20 分钟至 2 小时

前者常用氯化铵和氯化铜，含铜离子的试剂使铁与铜的置换作用，在钢件表面沉积铜，而显示出未置换的缺陷区域。常用于同时确定偏析和纤维纹络，尤其多在低碳和中碳钢方面应用。

在磨片侵蚀之前，应用棉花酒精清洗，以免表面沾染油污。磨片制备后就可以用肉眼或在低倍放大下进行观察分析。

三、实验内容和方法指导

1. 实验内容

(1) 铸件分析 铸件磨蚀后常可以观察晶粒大小形状和枝晶结构，还可以判断气孔或缩孔，如图 1—1。

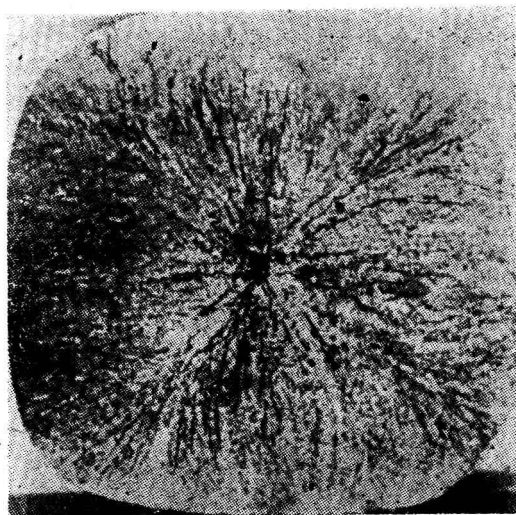


图 1—1 钢铸件盐酸水溶液热蚀， $7/10\times$

铸件常用侵蚀剂为：10%硝酸水溶液或4%硝酸酒精溶液。

(2) 锻件分析 冶炼时断口非金属夹杂物，在压力加工时沿着金属的变形方向延伸成纤维纹络，如图 1—2。如果纹络沿零件

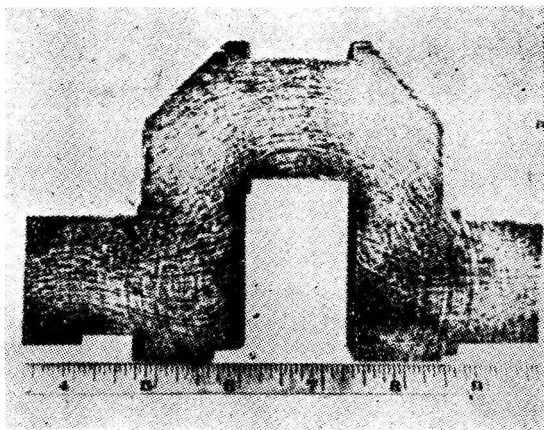


图 1—2 模鍛曲軸鹽酸水溶液熱蝕, 2 / 5 ×

輪廓平行分布, 这样可有較高的冲击韌性。根据纖維紋絡分布, 就可以判断鍛件工艺是否合理。分析时所用侵蝕剂除 1 : 1 鹽酸水溶液外, 还可以用下述侵蝕剂其成分如下:

氯化銅氯化銨水溶液:

NH_4Cl	53 克
CuCl_2	85 克
H_2O	1,000 克

或者重鉻酸鉀或硫酸水溶液:

H_2SO_4	60 毫升
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	25 克
H_2O	500 毫升

(3) 焊件分析 磨蝕后的焊接接头, 可以判別焊縫的結構和各个区域界限、未焊透、夾渣、气孔、裂紋、偏析等种种缺陷, 如图 1—3。侵蝕时除用硝酸酒精等深度侵蝕剂外, 也可用氯化銨、氯化銅水溶液为侵蝕剂。

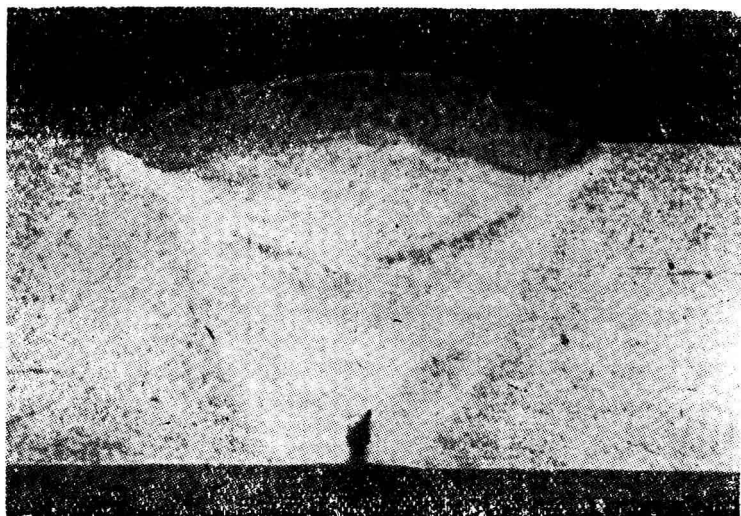


图 1—3 鋼焊件

10%硝酸酒精侵蝕, 2×

图中可见焊道层次, 两旁热影响区, 以及下部未焊透部分。

(4) 热处理零件的检查 粗視磨片除了判別热处理过程中零件所产生的缺陷, 如裂紋、变形、粗晶等以外, 还可以显示热处理层的深度, 如淬硬层和渗碳层深度。图 1—4 为經 10%硝酸酒精侵蝕后的渗碳齿輪, 試样可在含銅侵蝕剂中侵蝕 0.5—1 分钟。零件未渗碳表面因置換作用, 盖有銅膜而呈紅色, 渗碳部分依旧非常光亮。侵蝕剂成分如下:

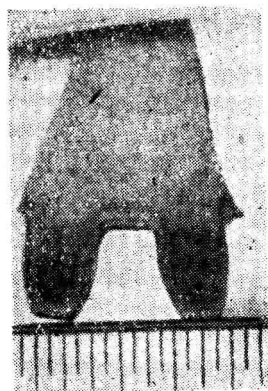


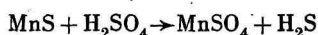
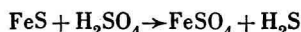
图 1—4 渗碳齿輪
10%硝酸酒精侵蝕

CuCl_2	2 克
HNO_3	1 毫升
酒精	50毫升

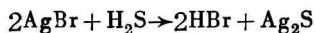
(5) 硫磷偏析的测定 硫磷对钢铁的危害性不仅决定其含量,也决定于分布特点,检查时除了用铜离子侵蚀剂外,还可利用印迹法来显示。

硫印的操作顺序如下:

- A. 把所有要分析的试样表面,用120号砂纸打磨光整;
- B. 用酒精药棉擦洗磨片,除去油污和金属粉末;
- C. 将印纸放入5%稀硫酸水溶液中,经5分钟后将印纸吸干,把涂银的一面贴紧磨片,用手轻轻压平或用橡皮滚子滚平,防止有气泡,或接触不良,但应避免印纸滑动,否则会产生不清楚的斑点。压平的印纸在磨片上压紧2—3种,当有硫酸的象纸贴紧磨片时,钢的表面有硫化物存在的地方按下式发生反应:



反应生成的 H_2S ,就从硫化物存在的地方析出和印纸上的溴化银起作用如下:



- D. 把印纸自磨片取下,然后先在流动水中清洗,再在定影液中停留10分钟;

- E. 从定影液中取出印迹图,在水中冲去定影液,漂洗20分钟后晾干。

印纸上生成的硫化银呈黄褐色颗粒,根据其颜色的深浅就表示其含硫量多少,按其数量多寡就可以表示硫的分布。图1—5为在中心和边缘处有硫分析集的钢件硫印结果,实际这些黄褐色的斑点中也包含有磷化银的颗粒,我们也可以进一步将他们区分。

2. 实验组织

(1) 实验分组进行, 每组领取实验试样一套。

(2) 领到试样后, 各人分工磨制一种试样, 磨好后先进行硫印操作, 并在定影的同时再进行其他试样的侵蚀。

(3) 侵蚀后同组一起分析讨论和记录试验结果。

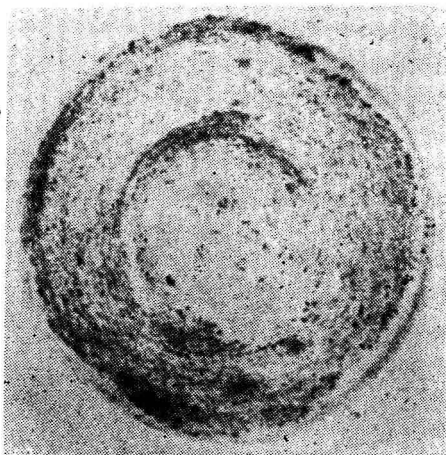


图 1—5 碳钢硫磷印迹
中心及表面区内析集点较多

四、实验器材简单说明

1. 试样 铝锭纵横截面各一块、螺钉纵截面、铸铁件、焊接件渗碳件断口、白口铁、麻口铁、灰口铁断口、碳钢断口。

2. 药品 10%硝酸水溶液; 氯化铵水溶液; 硫酸、硝酸、酒精、定影液等。

3. 器材 印象纸、药棉、砂纸、放大镜、吹风机、镊子等。

五、实验报告要求

(1) 粗视分析的目的和方法的简单说明。

(2) 所分析的试样粗视组织图。

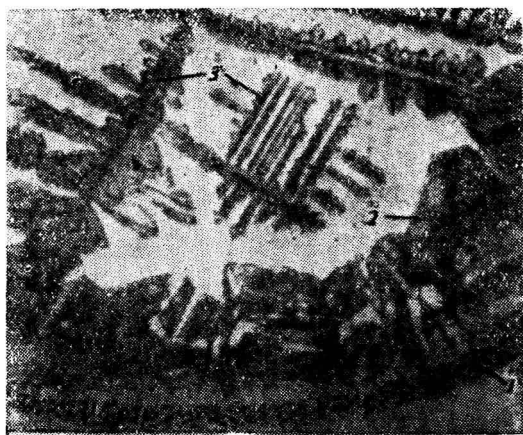
(3) 硫印操作及其结果说明并附印迹图。

实验二 结晶过程观察

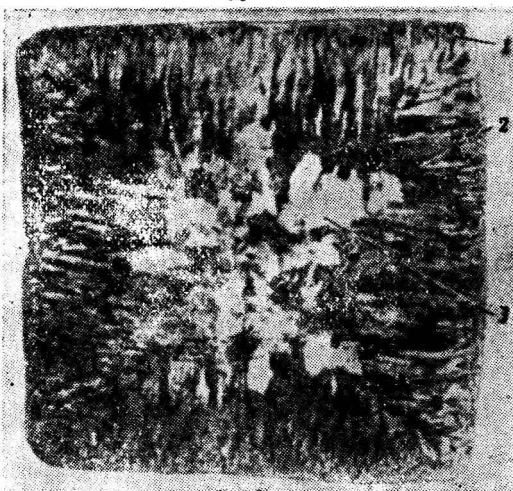
一、实验目的 观察透明金属盐类的结晶过程和结晶结构, 借以验证金属的结晶过程。

二、理論概述 由液体或固体內形成晶体的过程称为結晶。它的特点是原子有序的排列。根据冷却曲綫，可以知道合金的結晶溫度、結晶時間、过冷度大小。但是合金如何結晶則无法直接看到。由結晶理論可知道，純金屬的結晶过程包括有晶核的形成及長大两个过程。单位時間(秒)內，单位体积(毫米³)中晶核形成的数量和单位時間內晶体長大的长度(毫米)，都由过冷度确定。形成晶体的大小、形状、方向必受过冷度、内部杂质、金屬本身的性质及散热条件等多种因素所影响。

盐类溶液的結晶过程和金屬錠的凝固过程相似，但是只要应用简单的仪器，也就是生物



A



B

图 2—1 鑄錠与盐类結晶对比

A—凝固硝酸鉛构造, 50× B—鑄錠横断面

1. 小晶体 2. 柱状晶体 3. 枝晶

显微镜, 就可以观察到滴在玻璃片上一滴饱和的硝酸铅溶液, 因为溶剂蒸发而引起的结晶现象。硝酸铅溶液的结晶, 是开始于液滴的边缘, 先形成一层细晶外壳, 这是因为溶液蒸发从表面开始。表面温度低, 溶液浓度大, 易形成比较大的晶核, 并在表面张力和重力作用下积聚至液滴边缘, 随后垂直于液滴边缘长出较大的柱状晶体。最后液滴变薄, 蒸发更快, 中心形成方向杂乱的树枝晶和许多孔隙。

凝固的钢锭, 将与熔盐的结晶一样, 有三个明显的区域, 如图 2-1。

三、实验内容和方法指导 实验内容为观察盐类溶液由液体到固体的结晶过程。先将一滴接近饱和的硝酸铅溶液滴于玻璃片上, 应用普通生物显微镜选取小于100倍的镜头观察溶液在蒸发过程中所引起的结晶现象。同时描繪结晶组织, 并标注三个不同结晶区。学生每两三人合用一台生物显微镜。

最后可以按图 2-2 方法由教师将结晶过程放大在屏幕上, 一面进行讲解。

四、实验器材简单说明

1. 生物显微镜 生物显微镜, 光学系统如图 2-3, 系应用自然光源

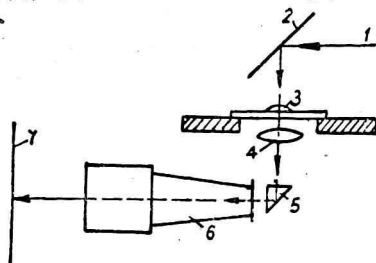


图 2-2 盐液结晶过程放大光学简图

1. 光源 2. 平面镜 3. 有液滴的玻璃片
4. 物镜 5. 目镜 6. 显微照相机 7. 屏幕及放大图象

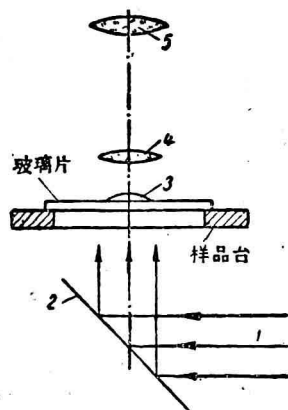


图 2-3 生物显微镜光学系统图

1, 經平面透鏡或凹透鏡 2 反射, 通过液体 3, 而达到物鏡 4, 由目鏡可观察所产生液滴的放大象。

五、实验报告要求

1. 简单叙述实验过程。
2. 繪出晶粒生成和长大, 与过冷度关系曲綫。
3. 液滴凝固图。

实验三 热分析

一、实验目的

1. 熟悉合金在冷却过程各个不同阶段中热效应不同的原理, 和图示合金在加热或冷却过程中温度变化情况的方法。

2. 了解由合金系中几种典型成分的冷却曲綫, 綜合繪制成合金状态图的方法。

二、理論概述 状态图是在温度及成分二个座标軸上, 表示合金状态随温度及浓度变化的图形, 它是研究和使用合金的依据。状态图的繪制是以合金状态变化引起合金性质变化为根据的, 合金每发生一次相变, 必然伴随着物理机械性质转变, 測定这些物理机械性能转变的轉折点, 就可以鉴别其转变类型和条件。

状态图的繪制方法很多, 有热分析法、磁性法、热膨胀法等, 其中以热分析法为最简单。它是利用合金含热量的变化, 来測定转变临界点。热分析时在許多很短、但是相等的时间間隔內, 測定加热或冷却时的合金温度, 作出温度——时间为座标的加热曲綫, 或冷却曲綫。相变发生时的热效应, 影响到合金温度变化速度, 因而破坏了加热和冷却过程中温度变化率的一致性, 在加热或冷却曲綫上形成曲折。根据这些曲綫上的曲折温度, 就能得到合金的临界点, 綜合同系合金不同成分冷却曲綫上的临界点, 就可以在成分温