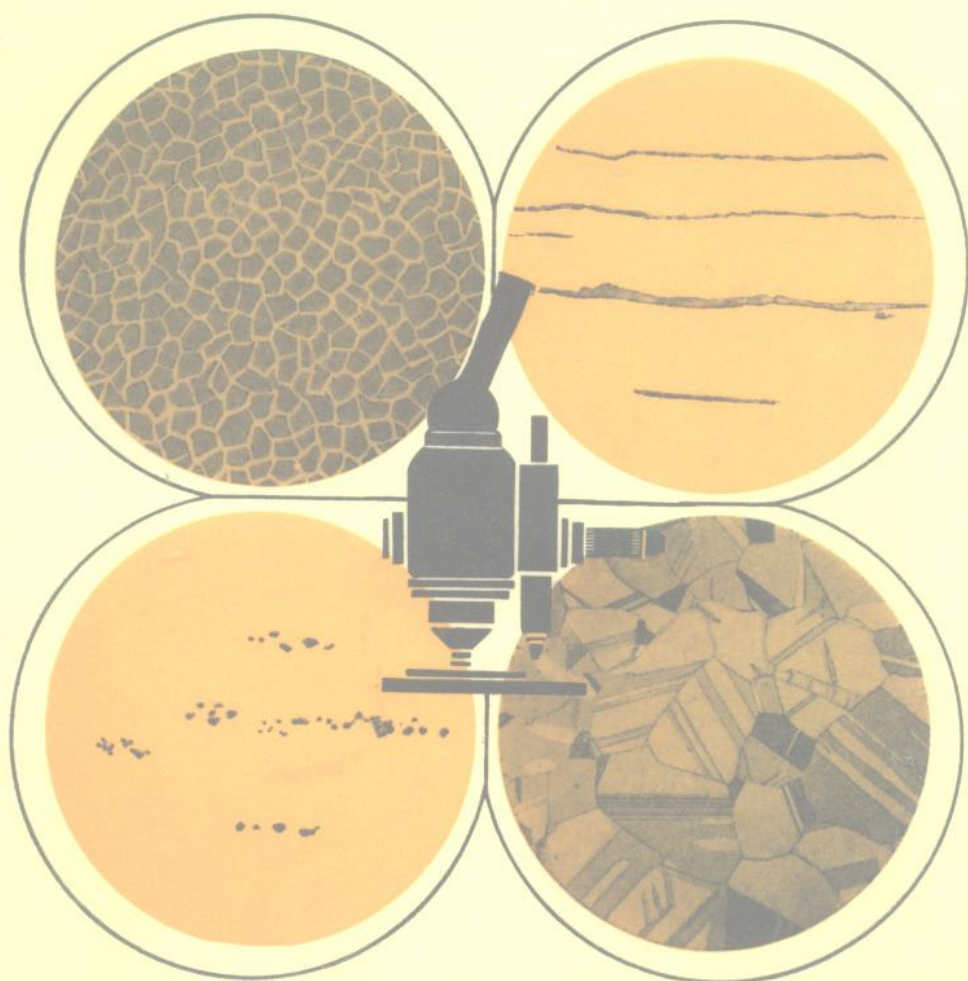


# 金属材料物理性能 检验标准工作手册

刘羽辉 编著



技术标准出版社

# 金属材料物理性能检验标准 工作手册

刘羽辉 编著

技术/标准出版社

## 内 容 提 要

本书是金属材料检验方法的工具书。包括主要国家标准及部标准的特点、检验方法的基本原理、名词定义、仪器设备的构造及使用，也有测量步骤及注意事项。

全书分七章：金属显微组织检验；金属宏观检验；金属物理性能测量；金属化学性能测量；金属工艺性能试验；金属机械性能试验；金属物理性能检验试样的热处理。

本书可供厂矿、科研、设计部门从事金属材料各项试验工作的工人、技术人员及有关大学、中等专业学校师生参考使用。

## 金属材料物理性能检验标准 工 作 手 册

刘羽辉 编著

\*

技术标准出版社出版  
(北京复外三里河)

冶金工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 26 插页 58 字数 587,000

1982年8月第一版 1982年8月第一次印刷

印数 1—16,000

\*

书号：15169·3-189 定价 5.00 元

\*

科技新书目

29—145

# 前 言

《金属材料物理性能检验标准工作手册》是一本检验方法工具书，根据主要的检验方法的国家标准、部标准与有关的技术资料编写而成。其中有检验方法的基本原理、名词及定义、仪器设备的构造及使用、主要国家标准及部标准的特点，也有测量步骤及注意事项。

全书共分七章：金属显微组织检验方法；金属宏观检验方法；金属材料物理性能测量方法；金属化学性能测量方法；金属工艺性能试验方法；金属机械性能试验方法；金属物理性能检验试样的热处理。

本书可供厂矿、科研、设计部门从事金相热处理试验、材料力学试验、探伤检验等金属材料试验工作的工人、技术人员及有关大学、中等专业学校、师生参考使用。

在编写过程中，曾得到有关方面不少同志的热情支持和帮助，在此表示谢意。

由于编者水平有限，掌握的资料不够全面，缺点和错误之处，恳请同志们批评指正。

一九八〇年八月

# 目 录

## 第一章 金属显微组织检验方法

一、金属显微组织检验标准的概况	(1)
二、显微组织检验标准中常用的名词及定义	(1)
三、钢的显微组织检验试样的制备	(6)
(一) 显微组织检验试样制备用的设备	(6)
(二) 显微组织检验试样的切取	(6)
(三) 显微组织检验试样的镶嵌	(7)
(四) 显微组织检验试样的磨制	(8)
(五) 显微组织检验试样的抛光	(9)
(六) 显微组织检验试样的浸蚀	(11)
四、有色金属及其合金显微组织检验试样的制备 (贵金属及其合金为例)	(16)
(一) 试样的切取	(16)
(二) 试样的镶嵌	(16)
(三) 试样的磨制与抛光	(17)
(四) 试样的浸蚀	(17)
五、金相显微镜的构造和使用	(20)
(一) 金相显微镜的种类	(20)
(二) 金相显微镜的成像原理	(20)
(三) 物镜的构造与种类	(22)
(四) 目镜的构造与种类	(26)
(五) 金相显微镜的光程系统	(27)
(六) 金相显微镜的使用和维护	(29)
六、金相摄影及暗室操作技术	(30)
(一) 摄影底片的选择	(30)
(二) 显微照像	(31)
(三) 低倍照像与实物照像	(31)
(四) 暗室操作技术	(32)
七、钢的脱碳层深度测定法	(34)
(一) 名词及定义	(34)
(二) 脱碳的基本原理	(35)
(三) GB 224—78《钢的脱碳层深度测定法》的特点	(35)
(四) 钢的脱碳层深度显微组织测定法	(37)
(五) 钢的脱碳层深度硬度测定法	(40)
八、钢中非金属夹杂物显微评定法	(41)
(一) 名词及定义	(41)

(二) YB 25—77《钢中非金属夹杂物显微评定法》的特点 .....	(42)
(三) 评定方法 .....	(42)
(四) 评定原则 .....	(43)
(五) 非金属夹杂物面积总和的计算 .....	(43)
(六) 各钢种有关非金属夹杂物的规定 .....	(44)
九、钢的晶粒度测定法 .....	(44)
(一) 名词及定义 .....	(44)
(二) YB 27—77《钢的晶粒度测定法》的特点 .....	(45)
(三) 测定奥氏体晶粒度的试样及晶粒显示方法 .....	(45)
(四) 测定实际晶粒度试样的制备 .....	(47)
(五) 用比较法测定晶粒度的评定原则 .....	(48)
(六) 用弦计算法测定晶粒度的原则 .....	(48)
(七) 奥氏体晶粒度的级别与晶粒大小的计算 .....	(50)
(八) 各钢种有关晶粒度的规定 .....	(51)
十、钢的显微组织评定法 .....	(52)
(一) 测定方法 .....	(52)
(二) 游离渗碳体的评定原则 .....	(52)
(三) 结构钢带状组织的评定原则 .....	(53)
(四) 魏氏组织的评定原则 .....	(53)
十一、弹簧钢中石墨碳含量显微测定法 .....	(54)
(一) 名词及定义 .....	(54)
(二) 测定方法 .....	(54)
(三) 石墨碳标准评级图的评级原则 .....	(54)
十二、奥氏体钢中 $\alpha$ -相金相测定法 .....	(54)
(一) 名词及定义 .....	(54)
(二) YB 45—77《奥氏体钢中 $\alpha$ -相金相测定法》的特点 .....	(55)
(三) 测定方法 .....	(57)
(四) $\alpha$ -相标准评级图的评定原则 .....	(57)
十三、电真空器件用无氧铜含氧量金相检验法 .....	(58)
(一) 测定方法 .....	(58)
(二) 评定原则 .....	(58)
十四、单相铜合金晶粒度测定方法 .....	(59)
(一) YB 797—71《单晶铜合金晶粒度测定法》的特点 .....	(59)
(二) 试样的制备 .....	(61)
(三) 用比较法测定晶粒度的评定原则 .....	(61)
(四) 用直接计算法测定晶粒度的评定原则 .....	(61)
(五) 用面积计算法计算晶粒度的评定原则 .....	(61)
十五、硬质合金金相检验方法(高倍组织检验部分) .....	(62)
(一) 测定方法 .....	(62)
(二) 钨钴合金中碳化钨平均晶粒度的测定原则 .....	(63)
(三) 钨钛钴合金中碳化钛-碳化钨固溶体平均晶粒度的测定原则 .....	(63)
(四) 钨钛钴合金中碳化钨平均晶粒度的测定原则 .....	(64)

(五) $\eta_1$ 相的评定原则 .....	(64)
(六) 体积百分数的换算 .....	(65)

## 第二章 金属宏观检验法

一、金属宏观检验标准的概况 .....	(66)
二、金属宏观缺陷形成的原因 .....	(66)
三、钢的低倍组织及缺陷酸蚀试验法 .....	(66)
(一) 名词及定义 .....	(66)
(二) 酸蚀试验的简单原理 .....	(67)
(三) 酸蚀试验的设备 .....	(68)
(四) GB 226—77《钢的低倍组织及缺陷酸蚀试验法》的特点 .....	(68)
(五) 酸蚀试样的制备 .....	(69)
(六) 热酸浸蚀法检验操作过程 .....	(69)
(七) 冷酸腐蚀法检验操作过程 .....	(70)
(八) 电解腐蚀法检验操作过程 .....	(71)
四、结构钢低倍组织缺陷评级图 .....	(72)
(一) 各评级图的适用范围及评定方法 .....	(72)
(二) GB 1979—80《结构钢低倍组织缺陷评级图》的特点 .....	(73)
(三) 结构钢低倍组织缺陷的分类及评定原则 .....	(74)
五、钢材断口检验法 .....	(76)
(一) 名称及定义 .....	(76)
(二) GB 1814—79《钢材断口检验法》的特点 .....	(76)
(三) 钢材断口检验试样的制备和检验方法 .....	(80)
(四) 钢材断口组织和缺陷的分类及评定原则 .....	(81)
六、塔形车削发纹的检验方法 .....	(84)
(一) 名词及定义 .....	(84)
(二) 试样的制备 .....	(84)
(三) 发纹的酸浸腐蚀 .....	(85)
(四) 发纹的检验方法及评定原则 .....	(85)
(五) 用磁力探伤法检验发纹 .....	(86)
七、硫印试验方法 .....	(87)
(一) 硫印试验的简单原理 .....	(87)
(二) 试样的制备及试验方法 .....	(88)
八、铜、镍及其合金管材和棒材断口检验法 .....	(88)
(一) YB 732—71《铜、镍及其合金管材和棒材断口检验法》的特点 .....	(88)
(二) 各类缺陷的产生原因及其特征 .....	(89)
(三) 断口检验方法及评定原则 .....	(89)
九、硬质合金金相检验方法 (低倍检验部分) .....	(90)
(一) 孔隙度的测定原则 .....	(90)
(二) 污垢度的测定原则 .....	(91)
(三) 石墨夹杂的测定原则 .....	(91)
十、硅单晶 (111) 晶面位错蚀坑腐蚀显示测量方法 .....	(92)

(一) 测量原理 .....	(92)
(二) GB 1554—79《硅单晶(111)晶面位错蚀坑腐蚀显示测量方法》的特点 .....	(93)
(三) 硅单晶常见的缺陷及其特征 .....	(93)
(四) 位错蚀坑腐蚀显示测量方法 .....	(94)
十一、超声波探伤方法 .....	(95)
(一) 无损检验方法的概况 .....	(95)
(二) 超声波探伤的名词及定义 .....	(99)
(三) 超声波探伤方法的概况 .....	(105)
(四) 探头的种类及构造 .....	(107)
(五) 超声波金属探伤仪 .....	(111)
(六) 钢材低倍缺陷超声波检验法 .....	(113)
(七) 锅炉用高压无缝钢管超声波检验法 .....	(119)
(八) 锻制圆饼超声波检验法 .....	(122)

### 第三章 金属材料物理性能测量方法

一、金属材料电阻系数及电阻温度系数的测量方法 .....	(125)
(一) 一般原理 .....	(125)
(二) 电桥的工作原理及使用注意事项 .....	(125)
(三) 电阻系数的测量方法 .....	(127)
(四) 电阻温度系数测量方法 .....	(129)
二、金属与合金灵敏系数的测量方法 .....	(130)
(一) 名词及定义 .....	(130)
(二) 灵敏系数测量方法 .....	(131)
三、密度的测量方法 .....	(131)
(一) 名词及定义 .....	(131)
(二) 天平的工作原理及使用注意事项 .....	(132)
(三) 密度的测量步骤及结果计算 .....	(133)
四、膨胀系数测量方法 .....	(135)
(一) 一般原理 .....	(135)
(二) 膨胀仪 .....	(136)
(三) 平均线膨胀系数测量方法(适用定膨胀、高膨胀合金) .....	(136)
五、铁粉物理性能测量方法 .....	(138)
(一) 铁粉松装密度测量方法 .....	(138)
(二) 铁粉流动性能测量方法 .....	(139)
(三) 铁粉粒度组成测量方法 .....	(139)
(四) 铁粉压缩性能测量方法 .....	(141)
六、磁性能测量方法 .....	(142)
(一) 磁性能名词及定义 .....	(142)
(二) 硅钢薄板磁性能测量方法 .....	(144)
(三) 电工用纯铁磁性能测量方法 .....	(152)
(四) 冷轧硅钢薄带(0.20毫米以下)磁性能试验方法 .....	(157)
(五) 冷轧电工钢涂层附着性测量方法 .....	(161)



(六) 冷轧电工钢叠装系数测量方法 .....	(162)
七、热分析测量贵金属共晶合金熔流点的试验方法 .....	(162)
(一) 名词及定义 .....	(162)
(二) 测量仪器设备 .....	(164)
(三) 测量步骤 .....	(164)
(四) 数据计算 .....	(165)
八、导热系数测量方法 .....	(166)
(一) 名词及定义 .....	(166)
(二) 导热系数的测量方法 .....	(167)
九、金属材料杨氏模量测量方法 .....	(170)
(一) 基本原理 .....	(170)
(二) 测量仪器装置 .....	(172)
(三) 试样的要求 .....	(173)
(四) 试验步骤及结果计算 .....	(173)
(五) 悬挂法测定杨氏模量的影响因素 .....	(175)
十、热双金属片比弯曲试验方法 .....	(177)
(一) 一般原理 .....	(177)
(二) 测量仪器设备 .....	(178)
(三) 试样的制备 .....	(178)
(四) 试验步骤及结果计算 .....	(179)
十一、高电阻电热合金丝快速寿命试验方法 .....	(179)
(一) 试验装置 .....	(179)
(二) 试样的制备 .....	(181)
(三) 试验步骤及结果计算 .....	(181)
十二、硅单晶物理性能测量方法 .....	(182)
(一) 硅单晶导电类型测定方法 (冷热探笔法) .....	(182)
(二) 硅单晶导电类型测定方法 (三探针法) .....	(182)
(三) 硅单晶寿命直流光电导衰退测量方法 .....	(183)
(四) 硅单晶寿命高频光电导衰退测量方法 .....	(186)
(五) 硅单晶晶向光图测量方法 .....	(189)
(六) 硅单晶晶向 $\alpha$ 光衍射测量方法 .....	(190)
十三、冷轧薄钢板 (带) 表面粗糙度测量方法 .....	(191)
(一) 名词及定义 .....	(191)
(二) 试样的制备 .....	(195)
(三) 测量步骤及结果计算 .....	(195)

#### 第四章 金属化学性能测量方法

一、不锈钢晶间腐蚀倾向试验方法 .....	(196)
(一) 名词及定义 .....	(196)
(二) 试样的制备 .....	(197)
(三) 试验方法 .....	(197)
(四) 晶间腐蚀倾向的评定 .....	(200)
二、钢的抗氧化性能试验法 .....	(202)

(一) 名词及定义 .....	(202)
(二) 试样的制备 .....	(202)
(三) 测量仪器及设备 .....	(203)
(四) 测量步骤 .....	(203)
(五) 结果计算 .....	(204)
三、镀锌钢丝锌层硫酸铜试验法 .....	(205)
(一) 试样的制备 .....	(205)
(二) 测量步骤及结果考核 .....	(205)
四、镀锌钢丝锌层重量试验法 .....	(206)
(一) 用重量法测定钢丝锌层重量试验法 .....	(206)
(二) 用气体法测定钢丝锌层重量试验法 .....	(207)
五、镀锡钢板(带)锡层重量测定方法 .....	(210)
(一) 测定原理 .....	(210)
(二) 测量仪器及装置 .....	(210)
(三) 试剂 .....	(211)
(四) 测定步骤及结果计算 .....	(211)
六、镀锌钢板(带)锌层重量测定方法(重量法) .....	(212)
(一) 溶锌层溶液的制备 .....	(212)
(二) 试样的制备 .....	(213)
(三) 测量步骤及结果计算 .....	(213)

## 第五章 金属工艺性能试验方法

一、淬透性试验方法 .....	(214)
(一) 结构钢末端淬透性试验方法 .....	(214)
(二) 碳素工具钢淬透性试验法 .....	(215)
二、金属冷、热弯曲和不淬硬性弯曲试验法 .....	(217)
(一) 试样的制备 .....	(217)
(二) 冷、热弯曲试验方法 .....	(217)
(三) 冷、热弯曲试验结果的评定 .....	(218)
(四) 冷、热弯曲试验注意事项 .....	(218)
(五) 不淬硬性弯曲试验法 .....	(218)
三、金属冷、热顶锻试验 .....	(218)
(一) 试样的制备 .....	(218)
(二) 冷顶锻试验 .....	(218)
(三) 热顶锻试验 .....	(219)
(四) 冷、热顶锻试验结果的评定 .....	(219)
(五) 冷、热顶锻试验注意事项 .....	(220)
四、金属反复弯曲试验法 .....	(220)
(一) 试样的制备 .....	(220)
(二) 金属反复弯曲试验 .....	(220)
(三) 金属反复弯曲试验结果的评定 .....	(220)
(四) 金属反复弯曲试验注意事项 .....	(221)

五、金属杯突试验法	(221)
(一) 试样的制备	(221)
(二) 试验设备及条件	(221)
(三) 试验步骤及结果评定	(222)
六、线材的工艺性能试验	(222)
(一) 线材反复弯曲试验法	(222)
(二) 线材缠绕、松懈试验法	(223)
七、金属管工艺性能试验	(224)
(一) 金属管液压试验法	(224)
(二) 金属管扩口试验法	(225)
(三) 金属管缩口试验法	(225)
(四) 金属管弯曲试验法	(226)
(五) 金属管卷边试验法	(226)
(六) 金属管压扁试验法	(226)

## 第六章 金属机械性能试验方法

一、金属拉力试验法	(229)
(一) 名词及定义	(229)
(二) 拉力试验用的设备	(231)
(三) 试样的制备	(233)
(四) 试验步骤及结果计算	(240)
(五) 金属高温拉力试验法 (1200°C以下高温拉力试验方法)	(247)
二、金属冲击试验方法	(251)
(一) 名词及定义	(251)
(二) 冲击试验用的设备	(254)
(三) 金属常温冲击韧性试验	(255)
(四) 金属低温冲击韧性试验	(258)
(五) 金属高温冲击韧性试验	(259)
(六) 硬质合金常温冲击韧性试验	(261)
(七) 钢的应变时效敏感性试验	(261)
三、金属硬度试验法	(263)
(一) 金属布氏硬度试验	(263)
(二) 金属洛氏硬度试验	(271)
(三) 金属表面洛氏硬度试验	(275)
(四) 金属维氏硬度试验	(279)
(五) 显微硬度试验	(282)
(六) 肖氏硬度试验	(306)
四、金属疲劳、蠕变和持久试验方法	(309)
(一) 金属弯曲疲劳试验	(309)
(二) 金属高温拉伸蠕变试验	(314)
(三) 金属高温拉伸持久试验	(319)
五、金属扭转试验法	(324)

(一) 金属扭转试验法 .....	(324)
(二) 线材扭转试验法 .....	(330)
六、金属材料平面应变断裂韧性 $K_{Ic}$ 试验方法 .....	(331)
(一) 定义及符号 .....	(331)
(二) 试验装置 .....	(333)
(三) 试样的制备 .....	(334)
(四) 试验(程序)步骤 .....	(338)
(五) 试验结果的处理 .....	(340)
七、利用 $J_R$ 阻力曲线确定金属材料延性断裂韧性 $J$ 积分值的试验方法 .....	(343)
(一) 定义及符号 .....	(343)
(二) 试验装置 .....	(346)
(三) 试样的制备 .....	(346)
(四) 试验步骤 .....	(348)

## 第七章 金属物理性能检验试样的热处理

一、热处理的基本原理 .....	(352)
(一) 试样热处理的目的 .....	(352)
(二) 铁碳平衡图 .....	(352)
二、热处理的种类 .....	(357)
(一) 退火 .....	(357)
(二) 正火 .....	(358)
(三) 淬火 .....	(359)
(四) 回火 .....	(360)
(五) 铅浴处理 .....	(361)
(六) 固溶处理 .....	(361)
(七) 时效处理 .....	(361)
(八) 冷处理 .....	(361)
(九) 化学热处理 .....	(361)
三、热处理常用设备 .....	(362)
(一) H型箱式电炉 .....	(362)
(二) 碳硅棒电炉 .....	(363)
(三) 马弗炉(回火炉) .....	(363)
(四) 盐浴炉 .....	(364)
(五) 303型电位差计的使用和维护 .....	(364)
(六) 热电偶 .....	(365)
图 1-8-4~图 1-8-19 .....	(377)
图 1-9-1~图 1-9-24 .....	(385)
图 1-12-1~图 1-12-7 .....	(397)
图 1-13-1~图 1-13-6 .....	(401)
图 1-14-1~图 1-14-15 .....	(402)
图 1-15-1~图 1-15-32 .....	(406)
图 2-4-1~图 2-4-56 .....	(422)
图 2-5-3~图 2-5-19 .....	(460)

图 2-8-1~图 2-8-5 .....	(465)
图 2-9-1~图 2-9-24 .....	(466)
图 2-10-2~图 2-10-22 .....	(478)
图 2-11-9~图 2-11-16 .....	(484)
图 4-1-1~图 4-1-10 .....	(488)

## 附 录

附录一 常见金属的熔点 (附表 1-1) .....	(492)
附录二 碳素结构钢临界点 (附表 2-1) .....	(492)
附录三 合金结构钢的临界点 (附表 3-1) .....	(493)
附录四 黑色金属硬度及强度换算值 (附表 4-1~2) .....	(494)
附录五 国际单位制 (附表 5-1~15) .....	(500)
主要参考文献 .....	(515)

# 第一章 金属显微组织检验方法

## 一、金属显微组织检验标准的概况

金属显微组织检验是利用金相显微镜观察和研究金属显微组织结构和分布状态的试验方法。习惯上又叫高倍检验。显微组织检验是检验金属材料质量好坏的重要方法之一，是工厂主要用于评定金属材料质量优劣的常规检验。显微组织检验的标准很多，主要的标准和它的应用范围、使用的仪器设备列于表1-1-1。

## 二、显微组织检验标准中常用的名词及定义

奥氏体  $[\text{Fe}\gamma(\text{C})]$

奥氏体是碳在  $\gamma\text{-Fe}$  中的固溶体，在合金钢中是碳和合金元素溶解在  $\gamma\text{-Fe}$  中的固溶体。

奥氏体塑性很高，硬度和屈服点较低，布氏硬度值一般为 170~220HB，是钢中比容最小的组织。奥氏体在 1147°C 时可溶解碳为 2.06%，在 723°C 时可溶解碳为 0.8%。

奥氏体仍然保持  $\gamma\text{-Fe}$  的面心立方晶格，在金相组织中呈现为规则的多边形。

铁素体  $[\text{Fe}\alpha(\text{C})]$

铁素体是碳与合金元素溶解在  $\alpha\text{-Fe}$  中的固溶体。

铁素体性能接近纯铁，硬度低（约为 80~100HB），塑性好。固溶有合金元素的铁素体能提高钢的强度和硬度。在 723°C 时，碳在铁素体中溶解为 0.02%，在常温下含碳量为 0.008%。

铁素体仍然保持  $\alpha\text{-Fe}$  的体心立方晶格，在金相组织中具有典型纯金属的多面体金相特征。

渗碳体  $[\text{Fe}_3\text{C}]$

渗碳体是铁和碳的化合物，又称碳化铁，常温下铁碳合金中碳大部分以渗碳体存在。

根据铁-碳平衡图渗碳体可分为：

一次渗碳体，是沿  $CD$  线由液体中结晶析出。

二次渗碳体是从  $\gamma$ -固溶体中沿  $ES$  线析出的。

三次渗碳体是从  $\alpha$ -固溶体中沿  $PQ$  线析出的。

渗碳体在低温下有弱磁性，高于 217°C 磁性消失。渗碳体的熔化温度约为 1600°C，含碳量为 6.67%，硬度很高（约为  $>700\text{HB}$ ），脆性很大，塑性近乎于零。

渗碳体具有复杂的斜方晶格，没有同素异形转变。渗碳体可与其他合金元素形成置换式固溶体，以渗碳体晶格为基体的这种固溶体叫“合金渗碳体”。渗碳体是一种介稳化合物，在一定条件下，可分解成石墨状的自由碳。渗碳体在金相组织中以不同形式呈现。一次渗碳体多呈柱状，二次和三次渗碳体多以白色网状出现。

珠光体

表 1-1-1 现行金相检验标准及其应用范围

现行标准名称	应 用 范 围	标准规定使用的仪器
YB 28—59 金属显微组织检验法	是金属显微组织检验的基础标准。它规定用金相显微镜检查金属组织及疵病的操作方法。它又规定了显微组织检验中的试样制备、试样的研磨、试样的浸蚀、显微组织检验、显微照相。	砂轮机、砂纸盘、蜡盘、抛光机、镶嵌机
GB 224—78 钢的脱碳层深度测定法	本标准规定的方法适用于测定钢材(坯)及其零件的脱碳层深度。	①金相显微镜。 ②洛氏硬度计或维氏硬度计。
YB 25—77 钢中非金属夹杂物显微评定法	本标准适用于经过延伸变形的(如:轧、锻、冷拔等)钢材中非金属夹杂物的显微评定。	金相显微镜
YB 27—77 钢的晶粒度测定法	本标准规定的方法适用于在显微镜下测定钢的奥氏体(本质)晶粒度和实际晶粒度。	金相显微镜
YB 31—64 钢的显微组织(游离渗碳体、带状组织及魏氏组织)评定法	本标准规定的方法,适用于测定低碳钢的游离渗碳体及亚共析钢的带状组织和魏氏组织。	金相显微镜
YB 43—64 弹簧钢中石墨碳含量显微测定法	本标准系规定用显微检验法测定钢中石墨碳的含量。	金相显微镜
YB 45—77 奥氏体钢中 $\alpha$ 相金相测定法	本标准规定用金相法测定奥氏体钢中 $\alpha$ -相的面积含量。	金相显微镜
YB 9—68 铬轴承钢技术条件(高倍缺陷检验部分)	本标准适用于制造普通轴承所用的GCr6、GCr9、GCr9SiMn、GCr15和GCr15SiMn各钢号的各种圆钢及扁钢。钢材的高倍缺陷应检查脱碳层深度、非金属夹杂物、退火组织网状碳化物、带状碳化物、碳化物液析等。	金相显微镜
GB 1298—77 碳素工具钢技术条件(高倍缺陷检验部分)	本标准适用于热轧、锻制、冷拉及银亮碳素工具钢。冷拉钢材要求检验总脱碳层;退火状态交货钢材应检验珠光体组织和网状碳化物等。	金相显微镜
GB 1299—77 合金工具钢技术条件(高倍检验部分)	本标准适用于热轧、锻制、冷拉及银亮合金工具钢条钢。要求检验总脱碳层,退火钢材应检验珠光体组织、网状碳化物和共晶碳化物不均匀度。根据需方特殊要求,可增加检验非金属夹杂物和晶粒度。	金相显微镜
YB 12—77 高速工具钢技术条件(高倍缺陷检验部分)	本标准适用于热轧、锻制、冷拉及银亮高速工具钢条钢。钢材要求检验总脱碳层、共晶碳化物不均匀度。	金相显微镜
YB 797—71 单相铜合金晶粒度测定法	本标准适用于在金相显微镜下测定单相铜合金的晶粒度。	金相显微镜
YB 731—70 电真空器件用无氧铜含氧量金相检验法	本标准根据铜中含氧产生表面裂纹的特征,用金相显微镜检查裂纹之大小,来判断含氧量。	金相显微镜

现行标准名称	应 用 范 围	标准规定使用的仪器
YB 882—76 硬质合金相检验方法 (高倍检验部分)	本标准用以规定钨钴合金、钨钛钴合金下列组织结构检验方法：(1、2为低倍组织检验)3、碳化钨相和碳化钛-碳化钨固溶体平均晶粒度(微米)及其粒度组成(体积%)；4、其他缺陷。	金相显微镜
YB 935—78 贵金属及其合金相试样 制备方法	本标准适用于贵金属及其合金相试样制备。	砂轮机、砂纸盘、蜡盘、抛光机、镶嵌机

珠光体是铁素体和渗碳体的混合物，是含碳量为0.8%的碳钢共析转变的产物，由铁素体和渗碳体相间排列的片层状组织。

珠光体的片间距取决于奥氏体分解时的过冷度，过冷度越大形成的珠光体片间距越小。按片间距的大小，又可分为珠光体、索氏体和屈氏体。由于它们没有本质上区别，统称为珠光体。

粗片状珠光体，是奥氏体在650~700°C高温分解的产物，硬度约为190~230HB，用一般金相显微镜(500倍以下)能分辨Fe<sub>3</sub>C片。

索氏体，是奥氏体在600~650°C高温分解的产物，硬度约为240~320HB，用高倍显微镜放大1000倍才能分辨Fe<sub>3</sub>C片。

屈氏体，是奥氏体在550~600°C高温分解的产物，硬度约为330~400HB，用电子显微镜放大10000倍才能分辨Fe<sub>3</sub>C片。

珠光体在金相组织中，多为铁素体和渗碳体相间排列的层片状组织，片层一般稍弯曲。在一定热处理条件下(球化退火或高温回火)，渗碳体以颗粒状分布于铁素体基底之上，即球化组织，亦叫粒状珠光体。

#### 马氏体

马氏体是碳在 $\alpha$ -Fe中的过饱和固溶体。当钢高温奥氏体化之后，若快速冷却至马氏体点以下时，由于 $\gamma$ -Fe在低温下结构不稳定，便转变为 $\alpha$ -Fe，但冷却速度快，钢中碳原子来不及扩散，保留了高温时母相奥氏体的成分，因此马氏体是钢在奥氏体化后快速冷却到马氏体点之下发生无扩散性相变的产物。

马氏体处于亚稳定状态，由于碳在 $\alpha$ -Fe中过饱和，使 $\alpha$ -Fe的体心立方晶格发生了畸变，形成了体心正方晶格。马氏体具有很高的硬度(约为640~760HB)，很脆，冲击韧性低，断面收缩率和延伸率几乎近等于零。由于过饱和的碳使晶格发生畸变，因此马氏体的比容较奥氏体大，钢中马氏体形成时产生很大的相变应力。

马氏体在金相组织中，互成一定角度的白色针状结构。正常的淬火工艺下，获得的马氏体大部分为细针或隐针状。

#### 莱氏体

莱氏体在高温下是渗碳体和奥氏体的混合物，是铁水冷却到1147°C直接凝固形成的，它是奥氏体和渗碳体的共晶体。在常温下是珠光体和渗碳体的混合物。

由于合金元素的作用，使Fe-C平衡图的E和S点左移，因此许多高合金钢(如W18



Cr4V和 Cr12MoV) 都属于莱氏体钢。

莱氏体是由铁水结晶出来，形态比较自由，钢中多分布在晶界处，加工后破碎成块状。

#### 贝茵体

贝茵体是过冷奥氏体在中温区间（约250~450°C）相变产生的过饱和的铁素体和渗碳体混合物。

贝茵体形成的温度不同，组织特征也不相同。在接近珠光体形成温度所生成的组织叫“上贝茵体”，其特征为由晶粒边界开始向晶内同一方向平行排列的 $\alpha$ -Fe片，片间夹着渗碳体颗粒，在金相组织中呈羽毛状，由于方位不同，羽毛可对称或不对称。在300°C附近形成的组织叫“下贝茵体”，在金相组织中呈黑针状。上、下贝茵体只是形状和碳化物分布不同，没有质的区别。上贝茵体的强度小于同一温度形成的细片状珠光体，脆性也较大。下贝茵体与相同温度的回火马氏体强度相近，下贝茵体的性能优于上贝茵体，有时甚至优于回火马氏体。

#### 魏氏组织

亚共析钢因为过热而形成的粗晶奥氏体，在一定的过冷条件下，除了在原来奥氏体晶粒边界上析出块状 $\alpha$ -Fe外，还有从晶界向晶粒内部生长的片状 $\alpha$ -Fe。这种片状 $\alpha$ -Fe与原来的奥氏体有着一定的结晶位向关系。这些在晶粒中出现的互成一定角度或彼此平行的片状 $\alpha$ -Fe，即为通常所称的亚共析钢的魏氏组织。

过热的亚共析钢在较快的冷却速度下容易产生魏氏组织。魏氏组织严重时会使钢的冲击韧性、断面收缩率下降，使钢变脆。可采用完全退火使之消除。

#### 石墨碳

在一定条件下钢中结晶析出游离的碳——石墨，即通常所说的石墨化。

硅是钢中最强烈的石墨化元素之一，因而含硅的弹簧钢在一定条件下易于石墨化。高碳量的碳素工具钢中偶然也有石墨碳出现，严重时可形成黑色断口。

#### 碳化物不均匀度

钢锭浇注后在冷凝过程中，由于实际冷却速度较快，温度继续下降时，剩余的钢液发生共晶反应，形成在钢锭中呈网络状分布的莱氏体，其中初次碳化物形成了钢中的碳化物不均匀分布。经过热加工后的钢材的金相组织中所呈现的碳化物不均匀分布，即为通常所说的碳化物不均匀度，金相检验试片经淬火、回火后在纵向磨面上放大100倍评级。碳化物不均匀分布程度严重时会引起工件热处理后产生裂纹。

#### 带状碳化物

钢锭中的结晶偏析在热加工变形中所延伸而形成的碳化物富集带。例如：铬轴承钢中的带状碳化物。

带状碳化物严重时会造成轴承零件淬、回火后硬度和组织不均匀等缺陷。

#### 碳化物液析

铬轴承钢中的碳化物液析是钢锭凝固时，钢液中碳及合金元素富集处，由于树枝晶偏析而产生的亚稳共晶莱氏体，在热加工后破碎所成的沿热加工方向分布的小块碳化物。

碳化物液析在金相纵向深腐蚀试片的组织中，一般出现形式为较大的棱角状碳化物颗粒。