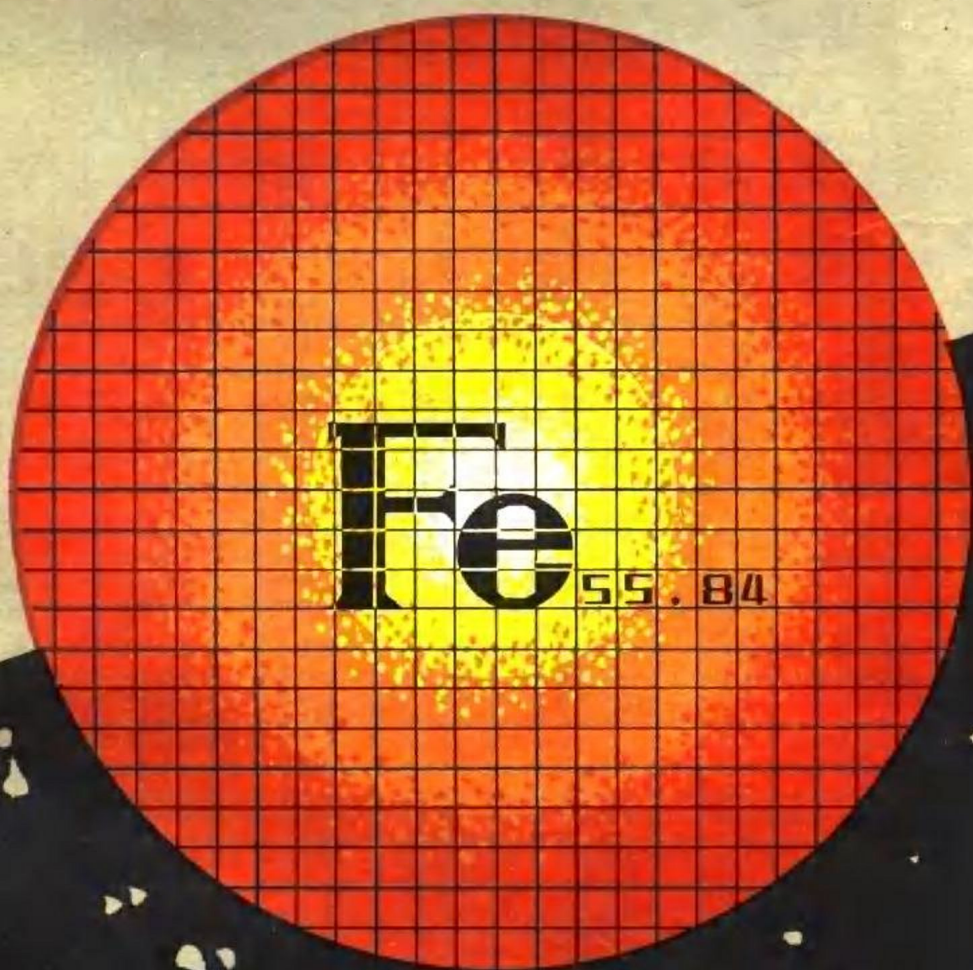


钢铁热处理



GANGTIE RECHULI

陕西科学技术出版社

钢 铁 热 处 理

刘静华 张定铨 等编

陕 西 科 学 技 术 出 版 社

A 823002

钢铁热处理

刘静华 张定铨 等编

陕西科学技术出版社出版

陕西省新华书店发行 陕西省印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张30 字数671,000

1981年5月第1版 1981年5月第1次印刷

印数1—2,300

统一书号: 15202·8 定价: 3.10元

编 著 者

主 编	刘静华	张定铨
编 者	程秀良	钱申贤
	董海通	杜西钦
	郭承荣	李栋梁

编 者 的 话

热处理是机械制造中热加工工艺的一种。它对保证机械产品的质量，延长使用寿命有着重大的作用。为了满足从事热处理工作人员的需要，我们编写了《钢铁热处理》一书。内容简要地介绍了有关钢铁材料的一些基本知识；比较系统地讲述了热处理的基本原理；结合各种典型零件，从分析它的服役条件、性能要求及材料选择入手，比较详尽地分析了各种热处理工艺。本书适合具有初中文化程度从事热处理的工人及有关工程技术人员阅读，也可供有关院校热处理专业的师生参考。

由于编者学术水平所限，实践经验不足，缺点错误在所难免，希望读者批评指正。

编 者

一九七九.六

目 录

第一编 钢铁材料的基本知识

第一章 钢铁材料的机械性能.....	(2)
第一节 概述.....	(2)
一 什么是钢铁材料的机械性能.....	(2)
二 影响钢铁材料机械性能的因素.....	(2)
三 关于工件的失效.....	(3)
第二节 钢铁材料在静拉伸下的机械性能.....	(4)
一 拉伸试验时试样变形和断裂的过程.....	(4)
二 拉伸曲线.....	(5)
三 强度指标.....	(7)
四 塑性指标.....	(9)
第三节 硬度.....	(9)
一 布氏硬度.....	(10)
二 洛氏硬度.....	(10)
三 维氏硬度与显微硬度.....	(12)
四 硬度的意义.....	(13)
第四节 冲击韧性.....	(13)
一 冲击载荷下材料特性的变化.....	(13)
二 冲击韧性.....	(14)
三 冷脆转化温度.....	(15)
四 多冲抗力.....	(16)
第五节 疲劳强度.....	(18)
一 疲劳断裂的特点.....	(18)
二 疲劳强度.....	(20)
三 影响疲劳强度的因素.....	(21)
第六节 零件的磨损失效.....	(22)
一 磨损.....	(23)
二 接触疲劳.....	(24)
第七节 钢铁材料的基本机械性能指标的简要分析讨论.....	(26)
一 设计指标和安全指标.....	(26)
二 材料强度与塑性韧性的合理配合问题.....	(27)
三 影响实际机件强度的因素.....	(27)
四 硬度作为衡量热处理质量标准的不足之处.....	(28)
第二章 铁碳合金状态图及钢的编号.....	(30)

第一节 纯铁的组织与性能.....	(30)
一 纯铁的组织结构.....	(30)
二 铁的同素异构转变.....	(31)
三 晶体缺陷及原子扩散.....	(32)
四 纯铁的机械性能.....	(34)
第二节 铁和碳的相互作用及铁碳合金中的相与组织	(35)
一 铁与碳的相互作用.....	(35)
二 钢的固溶强化和沉淀强化.....	(37)
三 铁碳合金中的相和组织.....	(38)
第三节 铁碳合金状态图.....	(39)
一 铁碳合金状态图的一般概念.....	(39)
二 典型合金成分组织转变过程的分析.....	(42)
三 合金元素对铁碳状态图的影响.....	(45)
四 铁碳状态图的指导意义及局限性.....	(46)
第四节 退火态碳钢的机械性能与碳量及组织的关系	(47)
第五节 钢铁材料的分类及编号.....	(49)
一 钢铁材料的分类.....	(49)
二 碳素钢的编号及用途.....	(49)
三 合金钢的编号.....	(51)
四 铸钢及铸铁的编号.....	(52)

第二编 热处理基本原理

第三章 钢的加热.....	(54)
第一节 钢的热处理意义	(54)
第二节 加热时奥氏体组织是怎样形成的?	(55)
一 奥氏体形成条件.....	(55)
二 奥氏体的形成过程.....	(56)
第三节 等温加热时奥氏体形成速度及其影响因素	(58)
一 温度对奥氏体形成速度的影响.....	(59)
二 原始组织对奥氏体形成速度的影响.....	(59)
三 化学成分对奥氏体形成速度的影响.....	(60)
第四节 在连续加热时奥氏体的形成特点.....	(60)
第五节 奥氏体晶粒长大.....	(61)
一 奥氏体的起始晶粒.....	(62)
二 奥氏体的本质晶粒度.....	(62)
三 奥氏体实际晶粒及其影响因素.....	(63)
四、过热与过烧.....	(64)
第六节 加热温度的选择及加热时间的计算.....	(65)
一 加热温度的选择.....	(65)
二 加热时间的计算.....	(66)

第七节 加热过程中的氧化、脱碳及防止措施.....	(69)
一 在气体介质中的氧化脱碳及防止措施.....	(69)
二 在液体介质中加热时的氧化脱碳及盐浴脱氧.....	(72)
第四章 钢的冷却概述.....	(76)
第一节 奥氏体冷却转变.....	(76)
一 珠光体型组织.....	(77)
二 贝氏体型组织.....	(77)
三 马氏体组织.....	(79)
第二节 过冷奥氏体的等温转变	(80)
一 奥氏体等温转变图的建立.....	(80)
二 奥氏体等温转变曲线在生产上的应用.....	(82)
三 碳钢的奥氏体等温转变图.....	(83)
四 合金钢的奥氏体等温转变图.....	(85)
五 工艺参数对奥氏体等温转变图的影响.....	(90)
第三节 过冷奥氏体的连续冷却转变.....	(91)
一 碳钢的过冷奥氏体连续冷却转变图.....	(91)
二 合金钢的奥氏体连续冷却转变图.....	(92)
第五章 钢的退火和正火	(96)
第一节 概述.....	(96)
第二节 退火和正火的组织转变及性能	(99)
一 共析钢的珠光体转变.....	(99)
二 亚共析钢和过共析钢的珠光体转变.....	(101)
三 正火钢的组织转变特点.....	(101)
四 退火和正火后钢的性能.....	(102)
五 合金元素对珠光体转变的影响.....	(103)
第三节 完全退火	(104)
第四节 球化退火	(105)
第五节 正火.....	(108)
第六节 其它退火工艺	(109)
一 扩散退火.....	(109)
二 等温退火.....	(109)
三 低温退火.....	(110)
第六章 钢的淬火	(111)
第一节 概述.....	(111)
一 钢为什么要进行淬火?	(111)
二 钢的马氏体组织形态与结构.....	(112)
三 淬火马氏体的性能.....	(116)
第二节 淬火马氏体的形成应具备那些条件,有那些特点和规律?	(118)
一 获得淬火马氏体对冷却条件的要求.....	(118)
二 淬火马氏体的形成温度.....	(119)

三 淬火钢中马氏体转变的不完全性——残余奥氏体	(121)
四 奥氏体的陈化稳定	(125)
五 钢中马氏体转变有那些基本特征?	(129)
第三节 钢的淬透性	(132)
一 钢淬透性的概念	(132)
二 影响钢材淬透性的因素	(133)
三 钢的淬透性测定及表示方法	(135)
四 钢的淬透性意义及淬火层深度的选择	(137)
五 淬火层中的非马氏体组织对机械性能的影响	(140)
第四节 淬火方法和淬火介质	(141)
一 选择淬火介质和淬火方法的根据是什么?	(141)
二 单液淬火法及淬火介质	(143)
三 双液淬火法及淬火介质	(147)
四 分级淬火法及淬火介质	(148)
第七章 贝氏体淬火	(150)
第一节 什么是贝氏体淬火?	(150)
第二节 贝氏体组织形态与性能	(150)
一 贝氏体组织形态及形成过程	(150)
二 贝氏体的强度和韧性	(155)
第三节 贝氏体淬火的热处理工艺问题	(156)
第四节 贝氏体淬火在生产上的应用	(157)
第八章 钢的回火	(160)
第一节 回火的目的	(160)
第二节 淬火钢在回火过程中的组织形态的变化	(160)
一 位错马氏体回火中的组织变化	(161)
二 高碳孪晶马氏体回火中的组织变化	(164)
第三节 合金元素对淬火钢回火时组织转变的影响	(168)
第四节 淬火钢回火时的机械性能变化	(170)
一 回火对淬火钢硬度的影响	(170)
二 淬火回火钢的强度和塑性	(171)
三 淬火回火钢的韧性的变化规律	(173)
四 回火对断裂韧性 K_{Ic} 的影响	(175)
五 非马氏体组织在回火时的性能变化	(175)
第五节 钢的回火工艺	(177)
一 回火温度的确定	(178)
二 回火时间的确定	(180)
三 回火时的加热与冷却速度	(180)
第六节 其他回火工艺	(181)
一 快速回火	(181)
二 自回火	(182)

三 时效处理.....	(182)
-------------	-------

第三编 热处理工艺

第九章 调质钢的热处理	(183)
第一节 典型调质件的工作条件与性能要求.....	(183)
一 连杆螺栓的工作条件与性能要求.....	(183)
二 汽车半轴的工作条件与性能要求.....	(184)
第二节 调质钢的机械性能.....	(185)
一 调质处理对获得优良的综合机械性能的必要性.....	(185)
二 合金元素对调质钢机械性能的影响.....	(186)
第三节 调质钢的淬透性.....	(188)
一 为什么要考虑钢的淬透性.....	(188)
二 一般调质件对淬火后的硬度、组织及淬硬层深度的要求.....	(189)
第四节 调质用钢简介	(190)
一 碳素调质钢.....	(191)
二 合金元素在调质钢中的作用.....	(192)
三 常用合金调质钢.....	(193)
第五节 典型调质件的热处理工艺分析	(193)
一 连杆螺栓的热处理工艺.....	(193)
二 汽车半轴的热处理工艺.....	(197)
第六节 调质钢的热处理工艺问题.....	(197)
一 调质钢的预先热处理.....	(199)
二 防白点热处理.....	(200)
三 淬火工艺问题.....	(201)
四 回火脆性.....	(206)
五 调质处理的其他应用.....	(207)
第七节 提高调质钢件的使用寿命的某些途径	(207)
一 根据多冲理论,适当降低回火温度,提高使用强度水平.....	(208)
二 低碳马氏体在生产实际中的应用.....	(208)
第十章 弹簧钢的热处理	(211)
第一节 汽车钢板弹簧的热处理.....	(211)
一 汽车钢板弹簧的服役条件与失效形式.....	(211)
二 对钢板弹簧典型用钢60Si ₂ Mn钢成分的分析.....	(212)
三 60Si ₂ Mn钢制板簧典型热处理工艺及质量要求.....	(214)
四 影响汽车钢板弹簧使用寿命的主要因素及提高寿命的措施.....	(216)
第二节 螺旋弹簧的热处理.....	(220)
一 螺旋弹簧的受力情况及失效形式.....	(220)
二 螺旋弹簧的类型.....	(220)
三 50CrVA钢制阀弹簧的热处理.....	(221)
四 冷卷后再经低温去应力处理的螺旋弹簧.....	(222)

第三节 弹簧钢的性能要求、成分与热处理特点及应用范围	(223)
一 弹簧钢的性能要求	(224)
二 常用弹簧钢的化学成分及热处理	(224)
三 无铬新弹簧钢	(227)
第十一章 滚动轴承钢的热处理	(229)
第一节 滚动轴承的工作条件、失效方式以及对性能的要求	(229)
第二节 滚动轴承用钢	(230)
一 铬轴承钢的成分及用途	(231)
二 轴承钢中主要元素的作用	(232)
三 冶金质量对轴承钢性能的影响	(233)
第三节 滚动轴承典型零件的热处理	(236)
一 预先热处理	(237)
二 最后热处理	(241)
第四节 轴承零件常见的热处理缺陷	(248)
一 淬火软点	(248)
二 加热不足与过热	(249)
第十二章 钢的化学热处理	(250)
第一节 钢的渗碳	(251)
一 概述	(251)
二 渗碳的基本原理	(255)
三 气体渗碳	(257)
四 固体渗碳	(276)
五 渗碳零件的热处理	(279)
六 渗碳零件的常见缺陷及质量检验	(282)
七 渗碳用钢简介	(284)
第二节 钢的氮化	(290)
一 概述	(290)
二 氮化用钢简介	(292)
三 氮化零件的工艺路线及工艺分析	(293)
四 氮化层的组织分析	(297)
五 氮化层的质量检验	(300)
六 缩短氮化周期的方法	(302)
第三节 钢的碳氮共渗	(303)
一 气体碳氮共渗的特点	(303)
二 气体碳氮共渗用的介质	(304)
三 气体碳氮共渗的工艺特点	(305)
四 碳氮共渗后的组织与性能	(309)
第四节 钢的软氮化	(311)
一 软氮化的特点	(311)
二 软氮化的简单原理	(312)

三 软氮化的工艺·····	(313)
四 软氮化后的组织和性能·····	(314)
五 软氮化的应用·····	(315)
第五节 钢的渗硼·····	(315)
一 渗硼方法·····	(315)
二 渗硼层组织和性能·····	(317)
三 渗硼后热处理·····	(318)
四 渗硼在生产中应用·····	(318)
第十三章 感应加热表面热处理·····	(319)
第一节 概述·····	(319)
第二节 感应加热原理简述·····	(320)
一 为什么能实现感应表面加热? ·····	(320)
二 感应电流在导体中透入深度的概念及影响因素·····	(321)
三 感应加热相变特点·····	(322)
第三节 感应加热表面淬火层的组织、性能与残余应力·····	(324)
一 表面淬火层的组织分析·····	(324)
二 感应表面淬火零件的机械性能·····	(327)
三 感应加热表面淬火后的残余应力·····	(330)
第四节 感应加热表面淬火工艺及选择·····	(330)
一 确定零件的技术要求·····	(333)
二 加热温度的选择·····	(334)
三 设备频率的选择·····	(335)
四 功率的计算·····	(339)
五 感应加热方法及工艺操作·····	(342)
六 感应加热后的冷却方法·····	(343)
七 感应淬火后的回火·····	(344)
第五节 感应器的结构和设计·····	(345)
一 设计感应器的理论依据·····	(346)
二 感应器的分类及结构设计要求·····	(347)
三 感应器的结构及基本尺寸的确定·····	(347)
四 导磁体的应用及屏蔽问题·····	(352)
五 高、中频感应器例举·····	(354)
第十四章 工模具钢的热处理·····	(357)
第一节 概述·····	(357)
一 对工模具钢的性能要求·····	(357)
二 工模具钢的分类·····	(358)
三 工模具钢的锻造·····	(364)
四 工模具钢的热处理特点·····	(364)
第二节 典型刀具的热处理·····	(368)
一 刀具的工作条件、性能要求及材料选用·····	(368)

二 T12A钢丝锥 (M12) 的热处理	(368)
第三节 高速钢刀具的热处理	(371)
一 合金元素在高速钢中的作用	(371)
二 高速钢的锻造和退火	(373)
三 高速钢的淬火	(374)
四 高速钢的回火	(379)
第四节 典型冷变形模具的热处理	(381)
一 冷变形模具的工作条件、性能要求及材料选用	(381)
二 CrWMn钢铁板冲模的热处理	(383)
三 高碳高铬钢硅钢片冲裁模的热处理	(386)
四 W6Mo5Cr4V2钢冷挤压模具的热处理	(390)
第五节 成型模具的热处理	(394)
一 成型模具的工作条件、性能要求及材料选用	(394)
二 9Mn2V钢胶木模的热处理	(395)
第六节 热变形模具的热处理	(397)
一 热变形模具的工作条件及性能要求	(397)
二 热锻模的热处理	(398)
三 压铸模的热处理	(402)
第七节 热处理时的变形、开裂及防止措施	(407)
一 热处理时的内应力	(407)
二 热处理时的变形	(409)
三 热处理时形成的裂纹	(418)
四 控制变形及防止开裂的若干措施	(419)
第十五章 铸铁材料及热处理	(424)
第一节 概述	(424)
一 什么叫铸铁? 和钢有什么区别?	(424)
二 铸铁的分类以及在工业生产中的应用	(426)
第二节 铸铁组织的形成规律	(428)
一 铁-碳相图	(428)
二 影响铸铁组织的因素	(430)
第三节 常用铸铁材料	(432)
一 灰铸铁	(432)
二 可锻铸铁	(438)
三 球墨铸铁	(441)
第四节 球墨铸铁的热处理	(444)
一 高温石墨化处理	(444)
二 低温石墨化退火	(447)
三 正火处理	(449)
四 球墨铸铁的调质	(457)
五 等温淬火	(461)

第一编 钢铁材料的基本知识

机械工业是为国民经济各部门提供各种高质量的机械装备的工业。热处理在机械制造中属于热加工工艺，它对于机械工业为各部门提供的机械产品的质量有着重要的影响。要保证机械产品的质量，设计、制造和装配是三个关键因素。就制造质量而言，材质的优劣和热处理的效果是要害所在。机械产品的机件大都是由钢铁材料经过各种冷热加工（锻造、铸造、焊接、切削加工、热处理等）制成的，优质的钢铁材料为制造优质的机件提供了不可缺少的先决条件。在制造过程中，切削加工与热加工的任务主要是为了保证机件具有规定的形状与尺寸，而热处理的任务却是在不改变机件的形状与尺寸的前提下，获得机件良好工作所必须具有的使用性能（包括机械性能、物理性能及化学性能），以延长机件的使用寿命。另一方面，通过热处理又可以充分发挥钢铁材料的强度潜力，从而可使设计者缩小机件的尺寸、减轻机器的重量、节省材料的消耗。因此，机器上许多重要的零件都要经过热处理，如汽车、拖拉机、内燃机车等，其中有20~30%的零件需经过热处理，象滚动轴承、量具刀具几乎是100%的零件需经热处理。

热处理为什么能改变钢铁材料的性能呢？一个热处理工艺一般是通过加热、冷却二个基本阶段完成的。对钢铁材料进行加热和冷却是变化的外因；钢铁材料的化学成分，尤其是在加热与冷却过程中，组成钢铁材料的各种化学元素的原子产生重新组合（即固态相变）乃是变化的内因。热处理正是通过改变钢铁材料的成分和组织结构来改变其性能的。因此，一个热处理工作者，必须学习和掌握钢铁材料的化学成分、组织结构和性能之间的内在联系及相互变化的规律，并运用这些规律去指导实践，从而不断地提高产品的质量，为社会主义现代化建设作出更大的贡献。

第一章 钢铁材料的机械性能

第一节 概 述

一、什么是钢铁材料的机械性能

钢铁材料的机械性能是指钢铁材料抵抗外加载荷（又叫负荷）而不致失效（即机件失去原有的效能）的能力。钢铁材料在外加载荷的作用下将产生一系列的变化。材料在外力的作用下发生形状或尺寸的改变通称变形（或形变）。在外力去除后能恢复原状的变形叫弹性变形。外力去除后不能恢复而残留下来的变形叫塑性变形。在不同程度的塑性变形后，材料出现裂纹以及裂纹进一步扩大而失去整体性便叫断裂。材料在外力作用下的破坏一般经历了弹性变形、塑性变形及断裂三个阶段。

钢铁材料弹性变形的能力叫做弹性，其塑性变形的能力叫做塑性。钢铁材料对弹性变形的抗力、对塑性变形的抗力、对断裂的抗力均称为强度。钢铁材料在断裂前所吸收的能量（外力所作的功）即是它的韧性。弹性、塑性、韧性和强度等都是钢铁材料最基本的机械性能。

钢铁材料的机械性能是它最宝贵的使用性能，因为任何工件在工作时总是受到一定的外加载荷的作用。一般情况下，人们使用钢铁材料主要也是使用它的机械性能，只在某些特殊情况下才着重考虑物理性能和化学性能，如各种电工材料对导电性及磁性有不同的要求，制造化工机械与容器的材料则必须有良好的耐腐蚀性能（化学性能）等等。钢铁材料之所以得到如此广泛的应用，最主要的原因之一就是它有良好的机械性能及工艺性能（包括铸造、压力加工、焊接、热处理及切削加工性能等）。

二、影响钢铁材料机械性能的因素

钢铁材料的机械性能受到材料的内部组织状态及外界服役条件两方面因素的影响。显然，材料不同，即其化学成份和组织状态（宏观、微观组织）不同，材料弹性变形的能力和抗力，塑性变形的能力和抗力以及断裂抗力等也就不相同。同样，一定的材料当其服役条件不一样，如环境介质不一样、温度高低不一样、所受载荷的类型与特点不一样，它的机械性能也会不一样。由于大多数工件是在常温下空气介质中工作，因此以后讨论问题时除非特别说明外，主要限于常温下及空气介质中的情况。

那末，何谓载荷的类型与特点呢？工件于服役的过程中所受的载荷是比较复杂的，因为工件有各种不同的几何形状，载荷亦有各种不同的类型。根据外加载荷在工件内造成的应力状态的不同，可将其分为如图 1—1 所示的压缩、拉伸、扭转、剪切与弯曲五类。有的工件可能仅受其中某一种载荷，有的工件则可能受到两种以上的复合载荷。根据加载的速度不同及载荷的大小与方向是否随时间而变化等特点，又可将外加载荷区分

为静载荷及动载荷。动载荷中又有冲击载荷及循环载荷之分。例如：机器的底座受到静压力的作用；吊车在吊重物时钢索受到静拉力的作用；车轴在车辆行驶中承受大小和方向随时间交变的弯曲载荷；汽车半轴受的是扭转与弯曲复合的循环载荷；锻锤的锤头和冲床的冲模承受冲击载荷等等。在我们分析问题时必须紧紧抓住材料的化学成份及组织状态（特别是后者）和外加载荷的类型与特点这两方面因素，才有可能得到确切的判断。

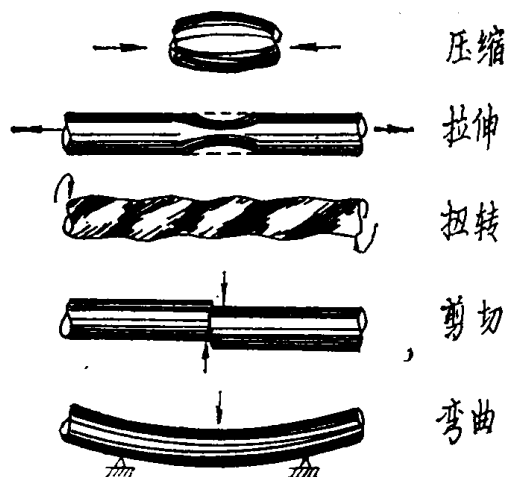


图1—1 载荷类型示意图

三、关于工件的失效

工件失去了它最初的效能谓之失效。材料本身无所谓失效。根据工件在机械中所处的地位和所起的作用的不同，在不同的外加载荷下，其失效的方式也不同。工件在使用过程中发生断裂，如齿轮的齿牙折断，冲模开裂等当然是失效。但是，失效不一定指断裂。工件另一种失效方式是过量变形。许多工件在正常运行过程中是不允许产生过量塑性变形的，若产生了过量塑性变形也视作失效。例如：转轴若发生了塑性弯曲便不能自由转动；高压容器的紧固螺栓若发生了塑性伸长则会使容器渗漏；各种弹簧若发生了塑性变形也就失去了效用等等。此外，某些工件的尺寸或外形发生变化也属失效。例如：轴承的滚珠及套圈经磨损后间隙过大发生噪音；砂钢片冲模经磨损后刃口拉毛；齿轮的齿牙表面发生严重的剥落等等均不能继续使用。

引起工件失效的原因是多方面的，概括地说主要有三个方面：①设计不良；②遇到了事先估计不到的损害作用；③材料问题。如果设计正确，机器运行正常，则工件的失效原因主要是材料问题。材料问题又可区分为材料存在各种缺陷（即材质问题）及对失效的抗力不足（即机械性能不能满足使用要求）两方面。由于各种工件的受载情况各不相同，其失效表现的形式又是多种多样的，因而各种不同的工件要求何种机械性能也是各不相同的。为此，要解决工件的失效问题必须找到引起失效的主要原因是什么，并针对引起失效的主要原因采取改进措施。而要找到引起失效的主要原因则要会进行正确的失效分析。

一般进行失效分析的大致步骤是：①了解工件失效的经过；②调查工件所用原材料及冷热加工工艺情况；③仔细观察失效的工件的外部现象，如外形变化、变形状况及断口形貌等；④进行化学成分及内部组织分析，必要时可进行特定的机械性能试验；⑤确定工件所受载荷的类型及特点；⑥分析研究，在引起失效的可能原因中找出主要原因，并提出为改善性能所必需的组织状态；相应的热处理工艺及其他强化手段等改进措施。

钢铁材料的机械性能是钢铁材料的最主要也是最宝贵的使用性能。热处理的目的就是为了将钢铁材料处理成为符合于工件使用要求的最佳的组织状态，从而赋予工件以最好的机械性能或者说最高的失效抗力，提高工件的使用寿命。但是，在工件热处理前决

定其失效抗力指标不是凭空想出来的，而是切合工件服役情况的失效分析的必然结果。而正确的失效分析要运用机械性能的基本知识，所以它对于一个热处理工作者来说也是必不可少的基础知识。

第二节 钢铁材料在静拉伸下的机械性能

生产实际中不少机件承受的是拉伸载荷，如各种起重提升机械的钢索与链条；机器上的拉杆及紧固螺栓等，对材料进行拉伸试验也就反映了这些机件在拉伸载荷下失效的特点。更重要的是采用光滑试样进行静拉伸试验，可以定量地测定钢铁材料的强度、塑性等基本的机械性能。此外，钢铁材料在拉伸载荷下的机械性能与压缩、弯曲、扭转等载荷下的机械性能之间有一定的近似关系，知道了前者在一定程度上可预计到后者。因此，材料的拉伸试验是仅次于硬度试验而广为应用的机械性能试验。

一、拉伸试验时试样变形和断裂的过程

拉伸试验时将被测定的钢铁材料制成一定尺寸的试样（长度为 l_0 ，直径为 d_0 ，截面积为 F_0 ），装夹在拉力试验机上，随后对试样施以一个缓加的拉力，观察试样由于外加拉力的作用而发生的变形和断裂的过程，这个过程可示意地表示在图1—2中。

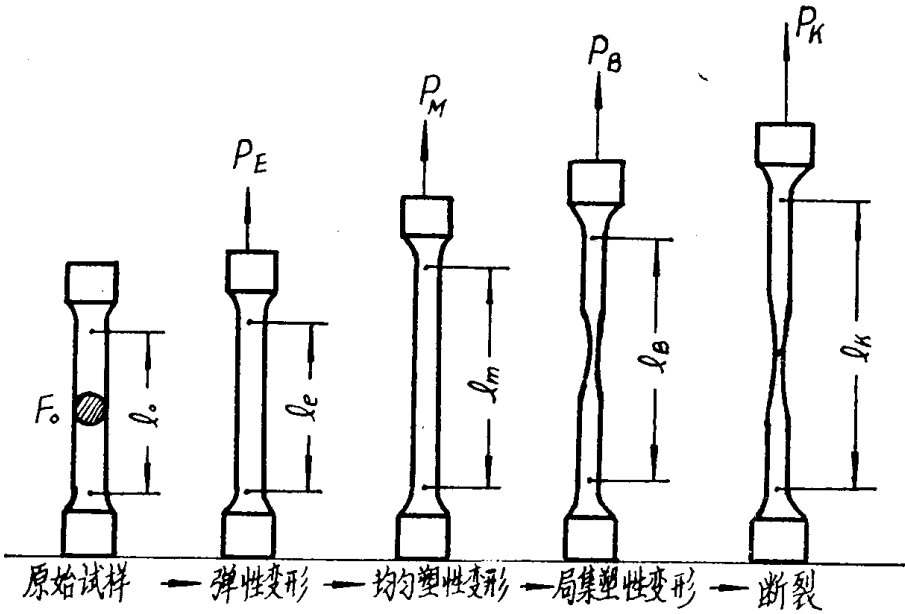


图1—2 一般钢材的拉伸变形过程示意图

试样在外加拉力 P_E 的作用下，首先发生弹性变形，即长度伸长，直径缩小，体积不变，伸长量 Δl 与外加拉力 P 成正比关系。此时若将拉力降到零（即卸载），试样将恢复到原来的形状与尺寸，材料表现为弹性，这是变形的第一阶段。

当拉力继续增加到某一大小 P_M 时，如果再卸载，发现试样已不能完全恢复原来的长度，尚有一部分伸长量残留下来，即材料已发生了塑性变形。残留下来的塑性变形量 Δl_2 等于卸载前的总伸长量 Δl_1 减去卸载后缩回去的弹性伸长量 Δl_1 ，即 $\Delta l_2 = \Delta l_1 -$