



专用于国家职业技能鉴定

国家职业资格培训教程

金属热处理工

(技师技能 高级技师技能)

JINSHU RECHULIGONG

劳动和社会保障部组织编写
中国就业培训技术指导中心



中国劳动社会保障出版社

出版说明

本书根据《国家职业标准——金属热处理工》的要求，由劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心按照标准、教材、题库相衔接的原则组织编写，是职业技能鉴定的指定辅导用书。

本书包括技师技能、高级技师技能两个部分，分别介绍了金属热处理工技师、高级技师应掌握的工作技能及相关知识，涉及材料选择及冷加工工艺、钢的热处理原理、淬火变形与开裂、各种金属及其热处理、热处理工艺准备、热处理质量控制和误差分析、热处理设备的选择和使用、热处理生产管理、热处理车间设备与公用系统的布置、培训与指导等内容。

国家职业资格培训教程——金属热处理工系列

- 《国家职业标准——金属热处理工》
- 《金属热处理工（基础知识）》
- 《金属热处理工（初级技能 中级技能 高级技能）》
- 《金属热处理工（技师技能 高级技师技能）》

责任编辑 / 徐 宁

责任校对 / 洪 娟

封面设计 / 张美芝

版式设计 / 朱 姝

ISBN 7-5045-4685-2



9 787504 546852 >

ISBN 7-5045-4685-2/TH·409 定价：31.00 元

专用于国家职业技能鉴定

国家职业资格培训教程

金属热处理工

(技师技能 高级技师技能)

劳动和社会保障部 组织编写
中国就业培训技术指导中心

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

金属热处理工: 技师技能 高级技师技能/劳动和社会保障部教材办公室组织编写. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2004

国家职业资格培训教程

ISBN 7-5045-4685-2

I. 金… II. 劳… III. 热处理-技术培训-教材 IV. TG156

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 089957 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京北苑印刷有限责任公司印刷、装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.75 印张 441 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月第 1 次印刷

印数: 3500 册

定价: 31.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

国家职业资格培训教程

金属热处理工

编审委员会

主 任 陈 宇

副主任 陈李翔 李 玲

委 员	王宝金	陈 蕾	袁 芳	葛 玮	刘永澎
	沈照炳	应志梁	楼一光	秦克本	宋安祥
	马剑南	焦恒昌	吕一飞	徐文彦	陈寿龙
	朱庆敏	李智康	吴伟年	何春生	朱初沛
	张海英	吴以平	王一飞	应国强	

本书编写人员

主 编 李光瑾

编 者 李光瑾 韩秀英 蔡 俞 马 鸣

主 审 牟宗山

审 稿 徐德惠

前 言

为推动金属热处理工职业培训和职业技能鉴定工作的开展，在金属热处理从业人员中推行国家职业资格证书制度，劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心在完成《国家职业标准——金属热处理工》（以下简称《标准》）制定工作的基础上，组织参加《标准》编写和审定的专家及其他有关专家，编写了《国家职业资格培训教程——金属热处理工》（以下简称《教程》）。

《教程》紧贴《标准》，内容上，力求体现“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，突出职业培训特色；结构上，针对金属热处理工职业活动的领域，按照模块化的方式，分初级、中级、高级、技师、高级技师5个级别进行编写。《教程》的基础知识部分内容涵盖《标准》的“基本要求”；技能部分的章对应于《标准》的“职业功能”，节对应于《标准》的“工作内容”，节中阐述的内容对应于《标准》的“技能要求”和“相关知识”。

《国家职业资格培训教程——金属热处理工（技师技能 高级技师技能）》适用于对金属热处理工技师、高级技师的培训，是职业技能鉴定的指定辅导用书。

本书由李光瑾、韩秀英、蔡俞、马鸣编写，李光瑾主编；牟宗山、徐德惠审稿，牟宗山主审。

由于时间仓促，不足之处在所难免，欢迎读者提出宝贵意见和建议。

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心

目 录

第一部分 金属热处理工技师工作技能

第一章 机械零件的材料选择以及冷热加工工艺的衔接	(1)
第一节 机械零件的材料选择	(1)
第二节 金属零件毛坯的多样性及零件热处理工序在全部加工工序中的位置	(4)
第三节 新材料的发展与应用	(8)
第四节 原材料缺陷对热处理工艺和性能的影响	(14)
第二章 钢的热处理原理	(18)
第一节 钢在加热时的奥氏体转变	(18)
第二节 钢的珠光体转变	(24)
第三节 钢的马氏体转变	(31)
第四节 钢的贝氏体转变	(38)
第五节 淬火钢在回火时的转变	(42)
第三章 淬火变形与开裂	(47)
第一节 淬火内应力	(47)
第二节 淬火变形	(51)
第三节 淬火开裂	(56)
第四节 淬火介质	(59)
第四章 有色金属及其热处理	(69)
第一节 铝合金材料及其热处理	(69)
第二节 铜合金材料及其热处理	(80)
第三节 镁合金材料及其热处理	(88)
第四节 钛合金材料及其热处理	(91)
第五章 特殊钢和高温合金的热处理	(95)
第一节 特殊钢和高温合金	(95)
第二节 特殊钢和高温合金的热处理	(100)

第六章 热处理工艺准备	(107)
第一节 热处理工艺的编制	(107)
第二节 热处理零件的视图与零件图的绘制	(110)
第三节 零件热处理前的生产准备	(113)
第四节 零件热处理工装夹具的设计与制作	(115)
第七章 典型零件的热处理工艺	(119)
第一节 高速内燃机曲轴的热处理	(119)
第二节 齿轮的热处理	(122)
第三节 汽车半轴的热处理	(129)
第四节 弹性零件的热处理	(132)
第五节 柴油机连杆的锻造余热淬火	(135)
第六节 机床丝杠的热处理	(138)
第七节 农业机械零件的热处理	(142)
第八节 紧固件的热处理	(144)
第九节 工具、模具、量具的热处理	(151)
第十节 其他典型零件的材料与热处理	(171)
第八章 热处理质量控制、检验和误差分析	(179)
第一节 零件热处理质量控制内容与检验方法	(179)
第二节 零件热处理质量的检验标准	(185)
第三节 零件热处理常见误差的分析	(193)
第九章 部分热处理设备的选择、调试和安全使用	(200)
第一节 热处理设备的选择	(200)
第二节 可控气氛的制备装置	(202)
第三节 热处理气氛的碳势与微机控制渗碳	(209)
第四节 真空热处理炉	(216)
第五节 特种热处理设备	(220)
第十章 热处理生产管理	(228)
第一节 热处理生产组织形式	(228)
第二节 热处理生产现场管理	(229)
第十一章 培训与指导	(240)
第一节 培训与指导的方式	(240)
第二节 培训讲义的编写	(241)

第二部分 金属热处理工高级技师工作技能

第十二章 热处理工艺及工艺准备·····	(246)
第一节 大型零件的热处理·····	(246)
第二节 热处理工艺装备的设计与制作·····	(257)
第十三章 热处理车间设备与公用系统的布置·····	(259)
第一节 热处理车间设备的平面布置·····	(259)
第二节 热处理车间公用系统的配置·····	(262)
第十四章 培训与指导·····	(265)
第一节 培训与指导的方式·····	(265)
第二节 培训讲义的编写·····	(266)
附录：部分物理量符号和法定计量单位及换算关系·····	(272)
参考文献·····	(274)

第一部分 金属热处理工技师工作技能

第一章 机械零件的材料选择以及 冷热加工工艺的衔接

培训要求 了解机械零件材料选择的基本思路，以五种常见的零件毛坯为例，认识热处理工序在全部加工工序中的位置，了解原材料缺陷对热处理工艺与性能的影响，了解部分新材料及其应用。

第一节 机械零件的材料选择

一、机械零件冷加工工艺与热处理工艺的区别

机械零件经过设计、选材、加工制造至成品，合理的零件结构设计、合适的材料选择、合理的加工工艺路线编排，是保证零件制造成功和生产工序流畅的重要环节。

所有的冷加工（车削、铣削、刨削、磨削、钻、插、滚、拉、钳作等）及铸造、锻造、焊接、电脉冲等热加工，均是以获得零件的结构外形、尺寸精度为主要目的的加工工艺方法。唯有热处理工艺，基本不塑造或改变零件的外部形态，仅改变材料内在的组织与性能。对选定的材料进行适当的热处理，可以保证和提高零件的可靠性以及使用寿命。

二、制造机械零件材料的合理选择

机械零件可以选用多种材料制造，包括钢铁等黑色金属材料、有色金属材料、复合材料、合成高分子材料（高强度塑料）等。机械零件材料的合理选择一般应遵循以下原则：

1. 可靠性

设计制造某一零件，首先应根据该零件的工况条件，选择材料与热处理工艺方法，满足零件所需的各项组织性能指标，使之在工况条件下安全可靠地运行。在任何情况下设计与制造机械零件，可靠性都是第一位的要求。若非如此，则零件或早期磨损、或断裂，其使用寿命低，不仅造成经济损失，甚至会危及人身和设备的安全。

机械零件可靠性对材料的要求，可以用具体的化学成分、显微组织、力学性能指标来体现。常用的有：化学成分（对碳及合金元素、杂质元素的规定）；金属力学性能（对硬度、

抗拉强度、抗弯强度、屈服点、疲劳强度、抗扭强度、伸长率、断面收缩率、冲击吸收功等项目的限定)；机械零件的内在组织（对晶粒度，金相组织种类、数量、级别，改性层深度，退碳层深度等的限定）。

机械零件的可靠性源自各种机械零件的具体工况要求。一般运动件（如轴类、杆类、齿轮类零件）选用低、中碳的碳素结构钢、合金结构钢和高强度球墨铸铁等制造；一般工模具选用中、高碳钢或合金工模具钢；对于耐热、耐腐蚀、耐磨损等特殊用途零件选用耐热钢、耐腐蚀钢、耐磨钢或特种铸铁等；一般机械装备的机（箱）体、机座、低速轮盘类等选用灰铸铁或球墨铸铁。

各种材料的可靠性又是相对的。一种材料经过适当的热处理，可以满足不同零件工况的要求；反之，一种组织和性能要求，不是只有一种材料可以满足（这一点对于若干引进产品零件的材料国产化，具有重要指导意义，称之为“等效替代”原则）。例如，机床齿轮常用45钢棒料不经锻造直接制造，棒料经正火后加工出齿形，齿部的金属流线与齿的加工方向一致，随后经高频齿面淬火、低温回火处理，在车床载荷不重的条件下，可以可靠地运行。但这种材料和制造方法不能用于制造汽车齿轮等重载荷齿轮。汽车运转的工况，要求齿轮表面耐磨、心部强韧，能承受高耐磨和频繁冲击作用，常选用15CrMo、18CrMnTi、20CrMnMo等合金渗碳钢制造，齿表层经渗碳或碳氮共渗后整体淬火，可以满足齿面高耐磨性、心部高强韧性的技术要求。高速柴油机的曲轴，曾长期选用优质中碳合金结构钢制造，现在，有效的表面强化工艺手段（如气体氮碳共渗、离子氮化、液体氮碳共渗、中频圆角淬火、圆角滚压强化等）和非调质钢、高强度球墨铸铁等，均已广泛地用于制造中等缸径高速内燃机曲轴这一类重要运动件。

2. 工艺性

工艺性即可加工性。材料应具备较好的冷、热加工性能，便于零件的加工成型和达到组织性能要求。冷加工性能包括可以进行多种切削加工，并获得好的加工质量与效率。热加工性能包括可铸造性、可锻造性、可焊接性、可热处理性等。如果某一方面的工艺性能差，设计、选材虽好，却因加工困难，就会导致加工失败，或生产效率和成品率低，生产成本居高不下。

3. 经济性

制造机械零件选择何种材料，必须考虑货源的稳定和合适的采购成本。

对于大批量制造的零件，应选择那些既符合零件可靠性要求，又具备货源稳定、价格相对低的材料，使制成的产品价格适当，以增强产品的市场竞争力。

对于一般用途的零件，可以选择优质钢制造的，就不必选择高级优质钢，通过恰当的热处理即可满足性能要求。同时不同的加工方法成本相去甚远，经过工艺分析和生产装备条件的比较，又有“以铸代锻、以焊代铸”等毛坯制造方法，材料上“以（铸）铁代钢”也可降低成本。

刀具、量具、模具等在制造加工中起重要作用，其关键零件应具有高的使用寿命，选择好的材料来制造，不仅可直接带来大批量生产的高效率，且由于工模具自身的材料成本仅占工模具制造成本的很小比例，如果因节约少量的材料成本而降低使用寿命，则浪费的不仅是材料本身，还有更多的工模具的制造费用，以及生产效率低下的后果。图1—1所示为某压铸模的成本构成。

总之，在机械零件的设计、制造过程中，材料的选择应在保证可靠性的前提下，充分兼顾工艺性和经济性，以取得较好的性能价格比。

三、我国钢的技术标准

1949 年 10 月，新中国成立前，中国年产粗钢 15.8 万吨，可供加工的钢材仅 12.3 万吨。经过数十年的发展，钢铁冶炼技术的不断进步，自 1996 年起我国已连续多年钢产量超亿吨而居世界第一位。目前我国已拥有 19 大类技术条件，近 400 个钢牌号。我国钢的技术条件标准见表 1- 1。

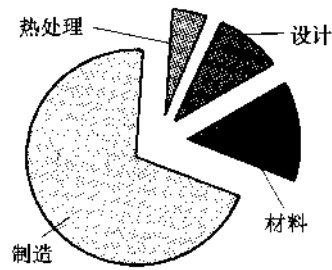


图 1- 1 H13 钢有色金属压铸模的成本构成
设计—5%~15%，材料—10%~20%，
制造—60%~80%，热处理—5%

表 1—1 我国钢的技术条件标准

序 号	标准编号	标准名称	纳标钢号 (个)
1	GB/T 699—1999	优质碳素结构钢	31
2	GB/T 700 1988	碳素结构钢	5
3	GB/T 1591—1994	低合金高强度结构钢	5
4	GB/T 3077—1999	合金结构钢	25 组 77
5	GB/T 8731—1988	易切削结构钢技术条件	7
6	GB/T 15712—1995	非调质机械结构钢	9
7	GB/T 1222—1984	弹簧钢	17
8	GB/T 6478—2001	冷镦和冷挤压用钢	24
9	GB/T 1298—1986	碳素工具钢技术条件	8
10	GB/T 1299—2000	合金工具钢	6 组 37
11	GB/T 9943 1988	高速工具钢棒技术条件	14
12	GB/T 4172—1984	焊接结构用耐候钢	4
13	GB/T 4171—1984	高耐候钢	3
14	GB/T 5216—1985	保证淬透性结构钢技术条件	15
15	YB (T) 1 1980	高碳铬轴承钢	4
16	GB/T 3086—1982	高碳铬不锈钢轴承钢	2
17	GB/T 3203—1982	渗碳轴承钢技术条件	6
18	GB/T 1221—1992	耐热钢棒	4 组 40
19	GB/T 1220 1992	不锈钢棒	5 组 64
合 计		19 个钢的技术条件	372

说明：

- 1. 高速工具钢有 3 个标准，分别为：

GB/T 9941—1988 高速工具钢板技术条件。

GB/T 9942—1988 高速工具钢大截面锻制钢材技术条件。

GB/T 9943—1988 高速工具钢棒技术条件。

2. GB/T 17107—1997 锻件用结构钢是一个新标准，用于冶金、矿山、船舶、工程机械等设备中经整体热处理后取样测定力学性能的一般锻件。它包括碳素结构钢和合金结构钢两部分：

碳素结构钢牌号 10 个：1 个为 GB/T 700 的 Q235，9 个属于 GB/T 699，其特点有三：含碳量上限放大了 0.01%；含 Ni 量从 $\leq 0.30\%$ 收缩至 $\leq 0.25\%$ ；微量元素控制从 3 个增至 5 个。电站设备大锻件用钢牌号 1 个。

合金结构钢牌号 57 个：GB/T 3077 标准已包括的 27 个，新牌号 30 个（其中电站设备大锻件用钢牌号 7 个）。

3. 滚动轴承钢有 3 个标准：YB/T 1—1980，GB 3086—1982，GB 3203—1982。

4. 近年来，已有多个新钢种问世，钢厂也可接受按用户提出的化学成分和性能要求的特殊订货。

以上标准是钢的技术条件。根据各行各业的需求，我国另形成数百个钢的产品材料专用标准。钢种的化学成分与基本性能受钢的技术条件（标准）约束；钢的产品条件主要是规范钢材的规格与特性等。

第二节 金属零件毛坯的多样性及零件热处理工序在全部加工工序中的位置

一、金属零件的毛坯来源

热处理加工的对象是各种各样的金属零件。不同行业的产品不同，待热处理的零件也不同，如机械制造业通用的轴类、杆类、齿轮类、箱体壳座类、轮盘类、轴承类、轴套类、紧固件、弹簧类、刀具类、量具类、模具类、夹具类等。冶金企业为机械零件提供各种牌号、各种类型和各种规格的金属型材。各产品制造企业还广泛采用铸造、锻造、焊接等方法，自行制造大量的零件毛坯。

机械零件的种类虽然繁多，但仔细分析就不难看出，所有的这些零件，主要来自于以下几种毛坯形式。

1. 以各种型材为毛坯

型材是冶金工厂的产品。以钢产品为例，冶炼后的钢水，经过铸坯（可浇铸成钢锭，或连续铸造），再经过开坯锻（压）制或轧制（包括连铸连轧）后，成为各种规格的圆钢、方钢、板材、线材、管材和异型钢材，或块状坯料等。国家根据不同行业与产品的需求，制定有若干专用型材的技术标准。

各类型材是机械零件制造使用最广泛的毛坯材料。在进行机械零件设计的时候，可以参

照冶金产品的目录资料，选择相应材料牌号与规格的型材。对于较大批量的特殊规格型材的需求，可以通过向冶金厂提出特殊订货予以满足。图 1—2 所示为钢材生产工艺流程示意图。

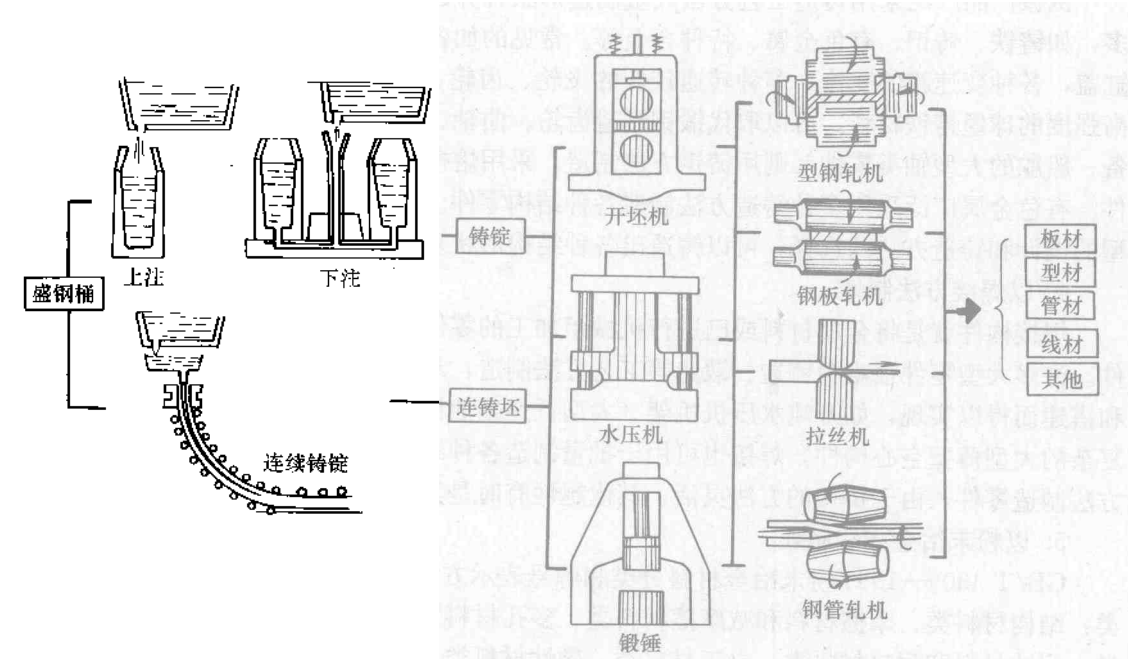


图 1—2 钢材生产工艺流程示意图

2. 以锻压（包括锻压、挤压、冲压、冲剪）方法制坯

机械零件广泛采用锻压（包括锻压、挤压、冲压、冲剪等）方法制坯。锻压制坯，不仅可以获得零件所需较精巧的结构形状，对于许多零件还可以满足其对金属流线和结构的要求，具有较高的结构强度。每一类零件对所选用的钢材都有一定的锻压比的要求，以保证完全打碎钢材内部在钢水冷凝时产生的树枝状结晶以及内部缺陷，使零件获得所要求的显微组织纤维流变。例如，较重载荷的齿轮必须用锻造制坯，如果用圆钢直接切削加工，齿形与圆钢的金属流线方向一致，齿在运转过程中受力方向与齿形垂直，齿就易发生断裂。图 1- -3 所示为用铸造、型材切削、锻造方法制造的曲轴晶粒比较。

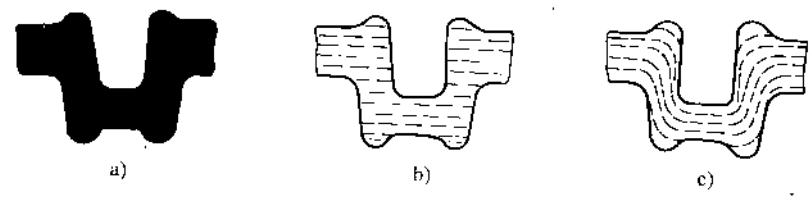


图 1—3 用铸造、型材切削、锻造方法制造的曲轴晶粒比较
a) 铸件（无晶粒流变） b) 型钢（晶粒流线被切断） c) 锻件（产生晶粒流变）

型材下料后的锻压成型，可以采用热锻，即将型材在加热炉或感应加热器中加热到锻造温度，通过自由锻或模锻，使金属材料发生塑变成型。也可以采用冷挤压的方法，即利用金属材料的高塑性，在室温下通过在模具中加压将金属坯料挤压成型。也可以对金属坯料进行

适当的加热后进行挤压成型（温挤）。各种选用板材制造的零件，可通过在室温下的冲剪成型。

3. 以铸造方法制坯

机械产品广泛采用铸造工艺方法大量制造形状各异的零件毛坯。可以铸造的材料种类很多，如铸铁、铸钢、有色金属、特种合金等。常见的如各种机床的床身，内燃机的机体和汽缸盖，各种变速箱的壳体，多种转速较低的飞轮、齿轮、带轮等，都广泛使用灰铸铁制造。高强度的球墨铸铁材料，可以取代锻钢制造齿轮、曲轴、连杆等重要结构零件。大型电站装备、船舶的大型轴类零件等则用铸钢方法制造。采用熔模铸造方法，可制造出小巧精密的铸件。有色金属广泛采用多种铸造方法制造各种结构零件。铸造工艺的最大特点是，通过对铸型的设计和铸造方法的选择，可以铸造出各种结构形状复杂的零件，制造成本也较低。

4. 以焊接方法制坯

焊接构件就是将金属材料或已进行机械粗加工的零件，用焊接方法拼接成一个完整的零件。许多大型零件很难用铸造、锻造等工艺方法制造，却可以采用焊接工艺通过复杂的拼接和搭建而得以实现，如万吨水压机机架、大型低速柴油机机体、加工中心机床的机身等形状复杂的大型薄壁空心构件。焊接也可用于批量制造各种结构较复杂的薄壳类零件。用焊接的方法制造零件，由于拼接的方法灵活，其优越性有时是其他工艺方法无法比拟的。

5. 以粉末冶金方法制坯

GB/T 4309—1984 粉末冶金材料分类和牌号表示方法，按材料的用途和特性将其分为 9 类：结构材料类、摩擦材料和减摩擦材料类、多孔材料类、工具材料类、难熔金属和重合金类、耐蚀材料和耐热材料类、电工材料类、磁性材料类、其他材料类。

用粉末冶金方法制造机械零件、硬质合金件的技术，已得到广泛的应用。金属粉末需进行退火处理，以使粉末中的氧化物还原，降低粉末中碳和其他杂质的含量，提高粉末纯度，同时消除粉末的加工硬化，稳定粉末的晶粒结构。按照零件的使用性能要求，选择不同的金属粉末与添加剂混合，再经挤（锻）压成型、轧制或注射成型，在保护气氛中烧结，从而成为具有特殊性能的材料或零件制品。其中经压制→烧结→锻造的零件，还需进行淬火、回火处理。

二、机械零件热处理工序在全部加工工序中的位置

任何机械零件的制造，均需通过若干道工序才能完成，热处理工序一般处于全部制造工序过程的某一或某几个中间环节。合理地安排冷加工与热处理的工序衔接，使零件全部加工工序得以顺利地进行，对于保证零件的加工质量和提高加工效率都是有利的。在此，以钢铁材料的 5 种毛坯为例，来说明一般的工艺路线编排方法，展示机械零件热处理工序在全部加工工序中的一般位置。

1. 以金属型材为毛坯制造的零件

(1) 以获得综合力学性能为目标的工艺路线编排

以获得综合力学性能为目标，其一般的工艺路线编排为：下料→调质处理→机械加工→成品；或下料→机械粗加工→调质处理→机械精加工→成品。这两种最常见的工艺路线编排，多用于中碳结构钢制造的一般结构零件，通过调质处理可使零件具有良好的综合力学性能。调质前进行的机械粗加工，主要基于中碳结构钢淬透性有限，以型材状态进行调质处理，型材近表层通过调质处理获得的回火索氏体组织，可能被切削掉，如果使零件初步成型，

仅预留精加工余量，经调质处理后，零件的不同尺寸截面上均可获得较均匀的力学性能。

(2) 对于低、中碳的结构钢和高碳的工具钢、轴承钢的中、高硬度要求的工艺路线编排

只需将(1)工艺路线中的调质处理改为淬火、回火处理即可。低碳钢淬火获得低碳马氏体。有时高碳的工具钢、轴承钢下料后，需进行软化、球化退火，为最终热处理做好组织准备，并利于切削加工；为降低钢中的残余奥氏体含量，充分地完成马氏体转变，稳定零件的内在组织，高碳高铬轴承钢还需在淬火工序后面，安排进行冰冷处理。

(3) 对于零件表面或局部提出高硬度、耐磨性能等特殊要求的工艺路线编排

1) 中碳结构钢。工艺路线编排为：下料→预先热处理（正火、调质处理）→机械粗加工→表面局部淬火（感应加热淬火、火焰淬火、激光淬火等）→机械精加工→成品。在此，预先热处理的作用是为零件的后续热处理做好组织准备，并使零件的整体具有较均匀的力学性能。

2) 低碳钢。它广泛采用化学热处理表面改性工艺方法，使零件表层一定深度的化学成分及其组织性能发生改变，获得零件表面层的高硬度、高耐磨性能和表面防护性能，以提高零件的耐磨性能和疲劳性能等，而心部则保持一定的强韧性。其工艺流程编排一般为：下料→机械粗加工→化学热处理（渗碳、渗氮、碳氮共渗、氮碳共渗、渗金属、多元共渗等）→（有的零件需进行机械加工，去除零件上不需要改性部位的渗层）→淬火、回火处理→机械精加工→成品。有的零件以化学热处理为最后一道工序，如进行渗氮、氮碳共渗后直接装机使用。这一工序链中的淬火可以是零件整体淬火，使零件本体的强度相应提高，也可以是局部的感应加热淬火。

(4) 弹性零件加工的工艺路线编排

弹性零件是指各种拉簧、压簧、扭簧、板（片）簧等，它们用弹簧钢丝盘制成型，或用弹簧钢板（钢带）盘制或冲压成型。制造弹簧的材料，供货状态不同，弹性零件的制造工序编排也不同。

1) 用已淬火一回火状态供货的弹簧材料制造各类螺旋或异型弹簧，其制作工序一般如下：

盘制成型→低温去应力处理→表面抛丸强化→校正→低温去应力处理→机械加工→弹簧性能试验→表面防锈处理→成品。其中，第一次低温去应力是为了消除弹簧盘制应力，使在盘制过程中变形的晶粒得以回复，使弹簧定型。第二次低温去应力是为了消除弹簧校正过程中产生的应力。

2) 用退火状态供货的弹簧材料制造各类螺旋或异型弹簧，其一般制作工序如下：

盘制成型→再结晶退火→校正→淬火、回火处理→抛丸强化→校正→低温去应力→机械加工→性能试验→表面防锈处理→成品。弹簧盘制后经过再结晶退火，使材料内部的晶粒得以回复，弹簧形状得以稳定。弹簧经过淬火、回火（或等温淬火）后弹簧达到中等硬度范围而获得弹性。低温去应力处理是为了消除弹簧在校正过程中产生的应力。

3) 片（板）状弹簧的制作工序为：冲剪落料成型→淬火、定型回火→表面防锈处理→成品。工序中的定型回火，需要根据体现零件的最终形状，设计制作专用的定型夹具，将片（板）状弹簧夹持并加压并紧，在回火过程中将其定型。

2. 以锻压（包括挤压、冲剪）方法制坯的零件

各种结构钢、工具（模具）钢、特殊合金、有色金属，均可用锻压的方法制造零件毛

坯。以锻钢毛坯为例,在进行机械加工之前,必须进行预先热处理。低、中碳钢锻件一般采用正火,高碳钢则应采取完全退火的方法。零件的锻造一般加热温度较高,易形成晶粒粗大,经过正火或退火处理,以细化晶粒、均匀组织、彻底消除内应力,为后续的机械加工和热处理做好组织准备。后续热处理将围绕达到零件的组织、性能的最终技术要求进行。后续热处理在零件制造工序中的位置,与以型材为毛坯的加工工序编排相似。

3. 用铸造方法提供毛坯的铸铁、铸钢、有色金属铸造的零件

灰铸铁件一般要进行退火,这包括消除铸件内应力的去应力退火,消除白口组织以利于切削加工的石墨化退火,以及提高铸件的强度和塑性的正火处理。

球墨铸铁的强化潜力大,可通过热处理提高自身的强度,用于制造若干重要零件,如齿轮、曲轴等。一般工序编排如下:

铸造成型→预先热处理→机械粗加工→淬火、回火(或等温淬火、表面淬火、化学热处理等)→机械精加工→成品。预先热处理的目的是消除内应力,均匀组织。随后的热处理是保证铸件组织、性能的关键工艺。

铸钢件的热处理工艺在零件整个加工工序中的位置,可参照相同牌号结构钢的工艺路线编排。但铸钢件的化学成分精准确度比结构钢差,受冶炼和铸造工艺条件的影响较大,内部易存留组织缺陷,在设计热处理工艺及进行热处理操作时,应充分考虑这些因素的影响。有色金属铸件也可按技术要求进行淬火(固溶处理)与时效处理,以满足铸件的组织性能要求。

4. 以焊接构件为毛坯制造的零件

焊接构件进行热处理的目的:一是去除因焊接形成的结构应力,稳定构件的尺寸;二是对焊缝处的组织缺陷进行弥补。有的焊接构件,局部有组织和性能要求,则可进行局部热处理,如感应加热淬火、火焰淬火等。一般的工序编排为:焊接成型→去应力处理(或局部热处理)→机加工→成品。

5. 以粉末冶金方法制坯的零件

粉末冶金制品由粉末冶金专业工厂制造,一般不需要用户进行热处理。粉末冶金件制造方法多,其中可以通过淬火、回火进行强化的,其一般工序编排为:压制→烧结→锻造→加工→热处理→加工→成品。

由于粉末冶金内部微孔密布、组织疏松,为防止零件内部氧化,粉末冶金件的淬火、回火宜在真空炉或防氧化的控制气氛炉中进行,绝对不能在盐浴炉等熔盐介质中加热。

第三节 新材料的发展与应用

一、新材料的主要特征

随着机械工业产品的发展,对材料不断提出新的性能和成本要求,导致新材料不断涌现。一般新材料具有以下特征:

1. 材料具有新的化学成分与组织性能