

DIANXING LINGJIAN RECHULI
GONGYI YU GUIFAN

典型零件热处理 工艺与规范

■ (上) ■

王忠诚 齐宝森 编著



化学工业出版社

DIANXING LINGJIAN RECHULI
GONGYI YU GUIFAN

典型零件热处理 工艺与规范

· (上) ·

王忠诚 齐宝森 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从零件的技术要求与加工流程、热处理工艺与注意事项、工艺分析与质量检验以及热处理常见缺陷分析与对策等方面,对典型零件进行了分析与讲解,结构紧凑、内容翔实,大量的数据均来自于生产一线,便于指导热处理生产,是一本实用性强、覆盖面广、通俗易懂的专业书。

本书图文并茂,理论联系实际,突出零件的工艺与规范,可满足机械工业生产一线的热处理工程技术人员、管理人员和技术工人,特别是从事热处理工作人员的迫切需要,也可作为热处理专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

典型零件热处理工艺与规范(上)/王忠诚,齐宝森编著.

北京:化学工业出版社,2017.1

ISBN 978-7-122-28560-7

I. ①典… II. ①王…②齐… III. ①零部件-热处理
IV. ①TG162.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第284957号

责任编辑:邢涛

文字编辑:陈喆

责任校对:王素芹

装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市瞰发装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张38 $\frac{3}{4}$ 字数1052千字 2017年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:198.00元

版权所有 违者必究

典型零件热处理工艺与规范(上)

DIANXING LINGJIAN RECHULI
GONGYI YU GUIFAN

前言

在我国机械工业制造领域,机械零件采用的材料包括黑色金属、有色金属以及各种合金等,为了达到要求的力学性能和技术要求,需要进行常规热处理、表面热处理以及复合热处理等。认识材料的热处理特点与主要零件的加工方法,对于典型零件选择先进的热处理工艺方法,合理选择热处理设备,分析零件热处理过程中的实施要点,从而提出热处理过程中缺陷的预防措施,对广大的热处理工作者来说是必须遵守的规则。

随着我国热处理领域对外技术交流的增加,在新设备、新技术的引进与新工艺的推广方面,取得了很大的成绩,我国的整体零件的热处理水平有了长足的进步,零件的热处理质量有了明显提高,本书立足于目前热处理行业的现状,便于热处理工作者以及管理人员系统而规范地学习零件的热处理基础要求,从零件的技术要求与加工流程、热处理工艺与注意事项、工艺分析与质量检验以及热处理常见缺陷分析与对策等方面,对典型零件进行了分析与讲解,结构紧凑、内容翔实,大量的数据来自于生产一线,便于指导热处理生产,是一本实用性强、覆盖面广、通俗易懂的专业书。

本书按不同领域的零件分类进行编写,以零件的工艺与规范为主线,主要包括机械零件热处理概述,齿轮类零件的热处理工艺与规范,常用标准件的热处理工艺与规范,大型铸件、锻件及焊接件的热处理工艺与规范,工、模、量具的热处理工艺与规范。

全书共分5章,第1、3、4、5章由王忠诚编写,第2章由齐宝森编写,全书由齐宝森、王忠诚统稿。

本书注重与实践的结合,其中介绍的典型零件与我们的工作和生活领域等息息相关,因此它是一本实用性强的热处理技术书,可供机械制造领域的热处理工程技术人员、管理人员以及操作者阅读使用,也可供相关专业的在校师生和科研人员参考,希望能对指导生产实践提供必要的帮助。

由于编著者水平所限,书中不足之处,敬请广大读者和专家批评指正。

编著者

第1章 机械零件热处理概述

1

1.1 常用机械零件的机械加工工艺过程	1
1.1.1 制定工艺规程的要求和步骤	1
1.1.2 制定工艺规程时要解决的主要问题	2
1.1.3 典型实例:轴类零件典型工艺路线	6
1.2 预备热处理的分类与特点	8
1.2.1 钢的退火和正火	8
1.2.2 钢的调质处理	12
1.3 最终热处理的特点	13
1.3.1 钢的淬火和回火的特点	13
1.3.2 钢的冷处理与时效处理的特点	19
1.4 机械零件表面强化工艺及其特点	20
1.4.1 渗碳与碳氮共渗	20
1.4.2 渗氮与氮碳共渗	26
1.4.3 钢的表面淬火技术	42
1.5 机械零件新型热处理工艺简介	47
1.5.1 形变热处理工艺	47
1.5.2 激光热处理工艺	51
1.5.3 激光表面合金化工艺	56
1.5.4 真空热处理工艺	57
1.6 机械零件复合热处理工艺及特点	63
1.6.1 复合热处理工艺的概念	63
1.6.2 复合热处理技术的特点	63
1.6.3 复合热处理的分类和主要内容	63
参考文献	67

第2章 齿轮类零件的热处理工艺与规范

68

2.1 齿轮零件的服役条件、失效分析与合理选材	69
2.1.1 齿轮零件的服役条件分析	69

2.1.2	齿轮零件常见的主要失效形式	69
2.1.3	齿轮零件失效类型和原因的统计分析	71
2.1.4	齿轮零件失效分析的方法	72
2.1.5	齿轮零件的主要性能要求	73
2.1.6	齿轮用材的合理选择	73
2.1.7	典型用途的齿轮用钢铁材料及其热 处理工艺	81
2.1.8	齿轮合理用材典型实例分析	89
2.2	齿轮零件热处理的结构工艺性与加工工艺流程	95
2.2.1	齿轮热处理零件的结构工艺性	95
2.2.2	齿轮的热处理工艺与其他机械加工工艺的 相互配合	97
2.2.3	齿轮零件的机械加工工艺安排	100
2.2.4	齿轮热处理零件结构工艺性典型实例 分析	100
2.3	齿轮零件热处理的分类与质量控制概述	107
2.3.1	金属零件热处理工艺的分类	107
2.3.2	齿轮零件热处理质量控制	107
2.3.3	齿轮零件热处理常见缺陷及其防止措施	110
2.3.4	防止齿轮零件热处理加热、冷却缺陷的实例 分析	119
2.4	齿轮零件的预备热处理工艺与规范	124
2.4.1	齿轮锻坯预备热处理工艺特点	124
2.4.2	齿轮零件的锻造余热节能预备热处理 技术	133
2.4.3	齿坯预备热处理质量控制与缺陷分析	135
2.4.4	齿轮坯料的预备热处理工艺典型案例 分析	138
2.5	齿轮零件的最终整体热处理工艺与规范	147
2.5.1	齿轮的整体淬火与回火工艺	148
2.5.2	齿轮“淬火+低温回火”整体最终热处理质量 控制与缺陷分析	162
2.5.3	齿轮整体调质最终热处理工艺	167
2.5.4	大型齿轮的调质最终热处理工艺特点	170
2.5.5	调质齿轮的热处理质量控制与缺陷分析	173
2.5.6	齿轮零件整体最终热处理工艺典型实例 分析	177
2.6	齿轮的表面形变与表面淬火热处理工艺与规范	183
2.6.1	表面形变强化技术	183
2.6.2	齿轮的表面形变热处理强化技术典型实例 分析	184
2.6.3	齿轮表面淬火热处理工艺的特点	186

2.6.4	表面淬火齿轮的质量控制与缺陷分析	199
2.6.5	表面淬火齿轮典型应用案例分析	201
2.6.6	齿轮零件的高能束表面淬火强化工艺及应用 案例	210
2.7	齿轮的化学热处理工艺与规范	219
2.7.1	齿轮渗碳和碳氮共渗化学热处理工艺	219
2.7.2	齿轮渗碳和碳氮共渗的质量控制与缺陷 分析	237
2.7.3	齿轮渗碳和碳氮共渗表面强化典型应用案例 分析	262
2.7.4	齿轮渗氮和氮碳共渗及其特点	287
2.7.5	齿轮渗氮和氮碳共渗的质量控制与缺陷 分析	301
2.7.6	齿轮渗氮和氮碳共渗表面强化典型应用案例 分析	317
2.8	齿轮零件的复合热处理工艺与规范	332
2.8.1	复合热处理概述	332
2.8.2	齿轮的复合化学热处理技术	333
2.8.3	齿轮(表面)形变与热处理的复合热处理 技术	335
2.8.4	齿轮表面(热)处理与化学热处理的复合热 处理技术	337
2.8.5	齿轮整体热处理与化学热处理的复合热处理 技术	349
2.8.6	齿轮复合热处理技术典型应用实例分析	353
2.9	齿轮铸件及其热处理强化工艺与规范	376
2.9.1	齿轮铸件的特点及选材原则	376
2.9.2	铸钢齿轮的热处理工艺	382
2.9.3	灰铸铁齿轮的热处理工艺	388
2.9.4	球墨铸铁齿轮的热处理工艺	391
2.9.5	等温淬火球墨铸铁(ADI)及其等温淬火 工艺	395
2.9.6	齿轮铸件热处理质量控制与检验	396
2.9.7	齿轮铸件热处理典型案例分析	399
	参考文献	415

第3章 常用标准件的热处理工艺与规范

417

3.1	滚动轴承件的热处理工艺与规范	417
3.1.1	滚动轴承内、外套圈的热处理工艺与 规范	417
3.1.2	特大型轴承零件的热处理工艺与规范	424

3.2 弹簧零件的热处理工艺与规范	428
3.2.1 汽车钢板弹簧的热处理工艺与规范	428
3.2.2 高强度弹簧的热处理工艺与规范	435
3.2.3 其他弹簧的热处理工艺与规范	439
3.3 紧固件的热处理工艺与规范	443
3.3.1 高强度螺栓(连杆螺栓)的热处理工艺 与规范	443
3.3.2 滚动销的热处理工艺与规范	447
3.4 柴油机紧固件的热处理工艺特点与规范	449
3.4.1 柴油机紧固件热处理工艺特点	449
3.4.2 柴油机紧固件热处理工艺与规范(紧固件 热处理的影响因素)	450
3.4.3 柴油机高强度螺栓的热处理工艺与规范	451
3.4.4 摇臂轴、销轴和弹簧销的热处理 工艺与规范	452
3.5 紧固件的质量检验与控制	457
3.5.1 紧固件的热处理质量检验	457
3.5.2 成品或半成品的最终热处理控制	458
参考文献	460

第4章 大型铸件、锻件及焊接件的热处理工艺与规范

461

4.1 概述	461
4.1.1 简述	461
4.1.2 冶金质量对于大型零件质量的影响	462
4.1.3 铸造质量对于大型零件质量的影响	462
4.1.4 锻造质量对于大型零件质量的影响	464
4.2 大型铸件的热处理工艺与规范	465
4.3 大型锻件的热处理工艺与规范	467
4.3.1 大型锻件的预备热处理工艺与规范	467
4.3.2 大型锻件的最终热处理工艺与规范	472
4.4 大型焊接件的热处理工艺与规范	481
4.5 大型轧机典型零件的热处理工艺与规范	482
4.5.1 概述	482
4.5.2 热轧工作辊的热处理工艺与规范	485
4.5.3 冷轧工作辊的热处理工艺与规范	488
4.5.4 支承辊的热处理工艺与规范	496
4.6 典型大型锻铸件和轧辊的热处理实例分析	501
4.6.1 Cr2Mo 钢 $\phi 660\text{mm}$ 冷轧工作辊的热处理	501
4.6.2 汽轮机叶轮的热处理	504
4.6.3 大剪刀板的热处理	507
参考文献	511

5.1	概论	513
5.1.1	工、模、量具的性能要求及常见的失效形式	513
5.1.2	工、模、量具用钢	515
5.2	工具的热处理工艺与规范	518
5.2.1	丝锥的热处理工艺与规范	518
5.2.2	圆板牙的热处理工艺与规范	524
5.2.3	搓丝板的热处理工艺与规范	529
5.2.4	滚丝轮的热处理工艺与规范	532
5.2.5	钻头、铰刀和钢针的热处理工艺与规范	540
5.2.6	锯条的热处理工艺与规范	547
5.2.7	锉刀的热处理工艺与规范	554
5.2.8	滚刀和锯片铣刀的热处理工艺与规范	559
5.2.9	拉刀的热处理工艺与规范	564
5.2.10	车刀的热处理工艺与规范	569
5.2.11	木工刨刀的热处理工艺与规范	574
5.3	量具的热处理工艺与规范	577
5.3.1	游标卡尺尺身的热处理工艺与规范	577
5.3.2	千分尺测杆等部件的热处理工艺与规范	579
5.3.3	工字卡规的热处理工艺与规范	581
5.3.4	块规的热处理工艺与规范	583
5.4	冷作模具的热处理工艺与规范	586
5.4.1	电机硅钢片冷冲孔冲裁模的热处理工艺与规范	586
5.4.2	6105Q-20 挺杆冷挤压模具的热处理工艺与规范	589
5.5	热作模具的热处理工艺与规范	593
5.5.1	锤锻模的热处理工艺与规范	593
5.5.2	3Cr2W8V 钢热挤压凸模的热处理工艺与规范	603
5.5.3	铝合金压铸模的热处理工艺与规范	604
5.6	塑料模具的热处理工艺与规范	606
5.6.1	5CrNiMnMoVSCa (5NiSCa) 钢制造精密密封橡胶模和精密热塑性塑料模的热处理工艺与规范	606
5.6.2	12CrNi3A 钢制对开胶木模的热处理工艺与规范	608
5.6.3	CrWMn 钢模套热处理 (热浴淬火) 工艺与规范	609
5.6.4	线圈架塑料压铸模的热处理工艺与规范	610
	参考文献	611

第1章

机械零件热处理概述

1.1 常用机械零件的机械加工工艺流程

工艺规程是指导生产的技术文件,它必须满足产品质量、生产率和经济性等多方面的要求。工艺规程应适应生产发展的需要,尽可能采用先进的工艺方法,但先进的高生产率的设备的成本较高,因此,所制定的工艺规程必须经济合理。

1.1.1 制定工艺规程的要求和步骤

零件的工艺规程就是零件的加工方法与步骤,它包括:排列加工工艺(包括热处理工序),确定各工序所用的机床、装夹方法、检测方法、加工余量、切削用量和工时定额等。将各项内容填写在一定形式的卡片上,这就是机械加工工艺的规程,即通常所说的“机械加工工艺卡片”。

(1) 制定工艺规程的要求

不同的零件,由于结构、尺寸、精度和表面粗糙度等要求不同,其加工工艺也随之不同,即使是同一零件,由于生产批量、机床设备以及工、夹、量具等零件的不同,其加工工艺也不尽相同,在一定的生产条件下,一个零件可能有几种工艺方案,但其中总有一个更为合理的。

合理的加工工艺必须能保证零件的全部技术要求;在一定的生产条件下,使生产效率最高,成本最低;有良好、安全的劳动条件。因此,制定一个合理的加工工艺,并非轻而易举。除了具有一定的工艺理论知识和实践经验外,还要深入工厂或车间,了解生产的实际情况。一个较复杂的零件的工艺,往往要经过反复实践、反复修改,使其逐步完善的过程。

(2) 制定工艺规程的步骤

制定工艺规程的步骤大致如下。

- ① 对零件进行工艺分析。
- ② 毛坯的选择。
- ③ 定位基准的选择。
- ④ 工艺路线的制定。
- ⑤ 选择或设计、制造机床设备。
- ⑥ 选择或设计、制造刀具、夹具、量具及其他辅助工具。
- ⑦ 确定工序的加工余量、工序尺寸及公差。
- ⑧ 确定工序的切削用量。
- ⑨ 估算时间定额。

⑩ 编制工艺文件。

1.1.2 制定工艺规程时要解决的主要问题

(1) 零件的工艺分析

要熟悉有关产品的装配图,了解产品的用途、性能、工作条件以及该零件在产品中的作用和地位,然后根据零件图对其全部技术要求作全面的分析,了解全局抓住重点,从加工的角度出发,对零件进行工艺分析,其主要内容有以下几点。

① 检查零件的图纸是否完整和正确,分析零件主要表面的精度、表面完整性、技术要求等在现有生产条件下能否达到。

② 检查零件材料的选择是否恰当,是否会使工艺变得困难和复杂。

③ 审查零件的结构工艺性,检查零件结构是否能经济地、有效地加工出来。

如果发现问题,应及时提出,并与有关设计人员共同研究,按规定程序对原图纸进行必要修改与补充。

(2) 毛坯的选择

毛坯的选择对经济效益影响很大,因为工序的安排、材料的消耗、加工工时的多少等,都在一定程度上取决于所选择的毛坯。毛坯的类型一般有型材、铸件、锻件以及焊接件等,具体选择要根据零件的材料、形状、尺寸、数量和生产条件等因素综合考虑决定。单件、小批量生产箱体零件时,一般采用砂型铸造毛坯,成批生产中小箱体零件时,一般采用金属型铸造毛坯。

(3) 定型基准的选择

在拟定加工路线时,先要选择工件的粗基准与主要精基准。粗基准与精基准的选择必须遵循一定的原则,以下是几种常见零件的主要精基准。

① 轴类零件的主要精基准 传动用的阶梯轴,一般选用两端的中心孔作为主要精基准,如图 1-1 所示,因为阶梯轴的主要位置精度是各外圆之间的同轴度或径向圆跳动及各轴肩对轴线的垂直度或端面圆跳动。以两端中心孔作为精基准加工各段外圆及端面,符合基准同一原则,能较好地保证它们之间的位置精度。轴线是各外圆的设计基准,两端的中心孔是基准轴线的体现,选用中心孔作为定位精基准,符合基准重合原则。在磨削前一定要研磨中心孔,其目的是提高定位精度,从而提高被加工表面的位置精度。

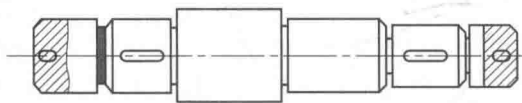


图 1-1 阶梯轴的主要精基准

② 盘套类零件的主要精基准 盘套类零件一般以中心部位的孔作为主要精基准,具体应用时有以下 3 种情况。

a. 在一次装夹中精车齿轮坯的孔、大外圆和大端面,以保证这些表面的位置精度要求,如图 1-2 所示。

b. 先精加工孔,然后以孔作为精基准,加工其他各表面。如图 1-2 所示的齿轮坯,也能较好地保证其位置精度。

c. 外圆与孔互为基准。如图 1-3 所示的套类零件,因小端外圆和孔的精度以及小端外观对孔的同轴度要求都很高,表面粗糙度要求很低,在车削后均须磨削。车削后可先以外圆和小端面作为基准,用百分表找正后磨孔;再以孔作为精基准,用心轴装夹磨外圆。由于内、

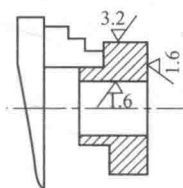


图 1-2 一次装夹精车齿轮坯

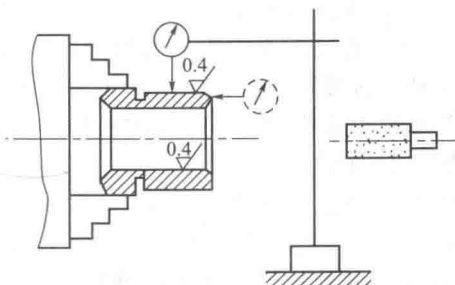


图 1-3 以外圆找正磨内孔

外圆互为基准，每一工序都为下一工序准备了精度更高的定位基准，因此可以得到较高的同轴度要求。

③ 支架箱体类零件的主要精基准 对于支架箱类零件，一般采用机座上的主要平面（即轴承支承孔的设计基准）作为主要基准加工各轴承支承孔，以保证各轴承支承孔之间以及轴承孔与主要平面的位置精度要求。

(4) 工艺路线的拟定

拟定工艺路线就是把加工零件所需要的各个工序按顺序排列起来，它主要包括以下几个方面。

① 加工方案的确定 根据零件每个加工表面（特别是主要表面）的精度、粗糙度及技术要求，选择合理的加工方案，确定每个表面的加工方法和加工次数。在确定加工方案时，还要考虑以下几个方面的内容。

- a. 被加工材料的性能及热处理要求。
- b. 加工表面的形状与尺寸。
- c. 考虑本公司或车间的现有设备状况、技术条件与工人的技术水平。

② 加工阶段的划分 当零件的精度要求较高或零件形状较复杂时，应将整个工艺过程划分为以下几个阶段。

- a. 粗加工阶段。其主要目的是切除绝大部分余量。
- b. 半精加工阶段。使各主要表面达到图纸要求，并为主要表面的精加工提供基准。
- c. 精加工阶段。保证各主要表面达到图纸要求。

划分阶段的目的如下。

- 有利于保证加工质量。由于粗加工余量大，切削力大，切削温度高，工件变形大，变形恢复时间长，如果不划分加工阶段，连续进行粗、精加工，会使已加工好的表面精度因变形恢复受到破坏。

- 有利于合理使用设备。粗加工采用精度低、功率大、刚性好的机床，有利于提高生产率。精加工采用精度高的机床，既有利于保证加工质量，也有利于长期保持设备精度。

- 有利于安排热处理工序。

- 可避免损伤已加工好的主要表面，也可及时发现毛坯缺陷，及时采取补救措施或报废，以免浪费过多工时。

③ 加工顺序的安排 就是要合理地安排机械加工工序、热处理工序、检验工序和其他辅助工序，以便保证加工质量，提高生产率，提高经济效益。

a. 机械加工工序的安排。在安排机械加工工序时，必须遵循以下几项原则。

- 基准先行。作为精基准的表面应首先加工出来，以便使用它作为定位基准加工其他表面。

- 先粗后精。先进行粗加工，后进行精加工，有利于保证加工精度和提高生产率。
- 先主后次。先安排主要表面的加工，然后根据情况相应安排次要表面的加工。主要表面就是要求精度表面粗糙度低的一些表面，次要表面是除了主要表面以外的其他表面。因为主要表面是零件上最难加工且加工次数最多的表面，因此安排好了主要表面的加工，也就容易安排次要表面的加工。
- 先面后孔。在加工箱体零件时，应先加工平面，然后以平面定位加工各个孔，这样有利于保证孔与平面间的位置精度。
- b. 热处理工序的安排。根据热处理工序的目的不同，可将热处理工序分为以下几项。
 - 预备热处理。是为了改善工件的组织和切削性能而进行的热处理，如低碳钢的正火和高碳钢的退火。
 - 时效处理。是为了消除工件内部因毛坯制造或切削加工所产生的残余应力而进行的热处理。
 - 最终热处理。是为了提高零件（或表面层）的硬度和强度而进行的热处理，如调质处理、淬火、渗碳、氮化等。

上述热处理工序的安排位置如图 1-4 所示。退火或正火安排在毛坯制造之后、粗加工之前。时效处理一般安排一次，通常安排在毛坯制造之后、粗加工之前，也可安排在粗加工之后、半精加工之前。对于复杂零件时效处理可安排两次。调质处理工序安排在粗加工之后、半精加工之前。淬火工序与渗碳（渗碳+淬火）工序安排在半精加工之后、精加工之前。因为淬火后零件表面会产生脱碳层，需要继续加工以去除零件表面上的脱碳层。氮化工序安排在精加工之后，因为氮化后的零件不需要淬火，零件表面没有脱碳层，不需要再加工。如果零件的精度、硬度要求较高，则可在氮化后再精磨一次或进行高频淬火，或进行复合热处理。

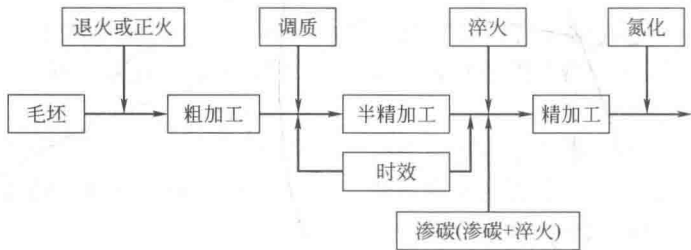


图 1-4 热处理工序安排位置

- c. 检验工序的安排。为了保证产品的质量，除了每道工序由操作者自检以外，还应该在下列情况下安排检验工序。
 - 粗加工之后。毛皮表面层有无缺陷，粗加工之后就能发现，如果能及时发现毛坯缺陷，就能有效降低生产成本。
 - 工件在转出车间或工序之前。在工件转出之前，工件是否合格，需要进行检验与确认，以避免扯皮现象的发生。
 - 关键工序的前后。关键工序是最难加工的工序，加工时间长，加工成本高，如果能在关键工序之前发现工件已经超差，可避免不必要的加工，从而降低生产成本。另一方面，关键工序是最难保证的工序，工件容易超差。因此，关键工序的前后要安排检验工序。
 - 特种检验之前。因为特种检验费用较高，因此在特种检验之前必须知道工件是否合格。
- d. 辅助工序的安排。辅助工序主要有表面处理、特种检验、去毛刺、去磁、清洗等。

- 零件表面处理工序。为了提高零件表面的耐蚀性、耐磨性等而采取的一些工艺措施。主要包括电镀、氮化和喷漆等。一般安排在加工过程的最后。

- 特种检验。为了特殊目的而进行的非常规检验。最常用的是无损探伤,例如X射线、 γ 射线、超声波探伤等用于检验工件内部质量,一般安排在毛坯制造之后、粗加工之前;磁粉探伤、荧光探伤等用于检验工件表面层的质量,通常安排在精加工阶段;密封性检验根据情况而定;平衡检验则安排在工艺过程的最后。

- 去毛刺、去磁、清洗等。根据加工过程的具体情况而定。

④ 工序的集中与分散 在制定工艺路线时,在确定了加工方案后,就要确定零件加工工序的数目和每道工序所要加工的内容。可以采用工序集中原则,也可以采用工序分散原则。

a. 工序集中原则。使每道工序包括尽可能多的加工内容,因而工序数目减少。工序集中到极限时,只有一道加工工序。其特点是工序数目少,工序内容复杂,工件安装次数少,生产设备少,易于生产组织管理,但生产准备工作量大。

b. 工序分散原则。使每道工序包括尽可能少的加工内容,因而使工序数目增加。工序分散到极限时,每道工序只包括一个工步。其特点是工序数目多,工序内容少,工件安装次数多,生产设备多,生产组织管理复杂。

在制定工艺路线时,是采用工序集中,还是采用工序分散,要根据下列条件确定。

a. 生产类型。单件、小批量生产时,采用工序集中原则;大批、大量生产时,采用工序分散原则,有利于组织流水线生产。

b. 工件的尺寸与重量。对于大尺寸和大重量的工件,由于安装与运输的问题,一般采用工序集中原则。

c. 工艺设备条件。自动化程度高的设备一般采用工序集中原则,如加工中心、柔性制造系统。

(5) 确定加工余量

要使毛坯变成合格零件,从毛坯表面上所切除的金属层称为加工余量。加工余量分为总余量和工序余量。从毛坯到成品总共需要切除的余量称为总余量。在某工序中所要切除的余量称为该工序的工序余量。总余量应等于各工序的余量之和。工序余量的大小应按加工要求来确定。余量过大,既浪费材料,又增加切削工时;余量过小,会使工件的局部表面切削不到,不能修正前道工序的误差,从而影响加工质量,甚至造成废品。

(6) 填写工艺文件

工艺过程拟定之后,将工序号、工序内容、工艺简图、所用机床等项目内容用图表的方式填写成技术文件。工艺文件的繁简程度主要取决于生产类型和加工质量,常用的工艺文件有以下几种。

① 机械加工工艺过程卡片 其主要作用是简要说明机械加工的工艺路线。实际生产过程中,机械加工工艺过程卡片的内容也不完全相同,最简单的只有工序目录。较详细的则附有关键工序的工艺卡片。主要用于单件、小批量生产中。

② 机械加工程序卡片 要求工艺文件尽可能地详细、完整,除了有工序目录外,还有每道工序的工序卡片。工序卡片的主要内容有:加工简图、机床、刀具、夹具、定位基准、夹紧方案、加工要求等。

③ 机械加工工艺(综合)卡片 对于成批生产而言,机械加工工艺过程卡片太简单,而机械加工程序卡片太复杂且没有必要。因此,应采用一种比机械加工工艺过程卡片详细,比机械加工程序卡片简单且灵活的机械加工工艺卡片。工艺卡片既要说明工艺路线,又要说明各工序的主要内容,甚至要加上关键工序的工序卡片。

1.1.3 典型实例：轴类零件典型工艺路线

对于 7 级精度、表面粗糙度 $Ra0.8\sim0.4\mu\text{m}$ 的一般传动轴，其典型工艺路线为：正火→车端面钻中心孔→粗车各表面→精车各表面→铣花键、键槽→热处理→研磨中心孔→粗磨外圆→精磨外圆→检验。

轴类零件一般采用中心孔作为定位基准，以实现基准统一的方案。在单件小批生产中，钻中心孔的工序常在普通车床上进行；在大批量生产中，常在铣端面钻中心孔专用机床上进行。中心孔是轴类零件加工全过程中使用的定位基准，其质量对加工精度有着重大影响，所以必须安排研磨中心孔工序。研磨中心孔一般在车床上用金刚石或硬质合金顶尖加压进行。

对于空心轴（如机床主轴），为了能使用顶尖孔定位，一般采用带顶尖孔的锥套心轴或锥堵，若外圆和锥孔需要反复多次、互为基准进行加工，则在重装锥堵或心轴时，必须按外圆找正或重新修磨中心孔。

轴上的花键、键槽等次要表面的加工，一般安排在外圆精车之后、磨削之前进行。因为如果在精车之前就铣出键槽，在精车时由于断续加工而易产生振动，影响加工质量，又容易损坏刀具，也难以控制键槽的尺寸，但也不应安排在外圆精磨之后进行，以免破坏外圆表面的加工精度和表面质量。

在轴类零件的加工过程中，应当安排必要的热处理工序，以保证其机械性能和加工精度，并改善工件的切削加工性。一般毛坯锻造后安排正火工序，而调质处理则安排在粗加工后进行，以便消除粗加工后产生的应力以及获得良好的综合力学性能。淬火工序则安排在磨削工序之前，如轴类零件的机械加工工艺文件的制定。

1.1.3.1 零件的工艺分析

图 1-5 所示零件是减速器中的传动轴，该零件小批生产。属于阶梯轴类零件，由圆柱面、轴肩、螺纹、螺尾退刀槽、砂轮越程槽和键槽等组成。轴肩一般用来确定安装在轴上零

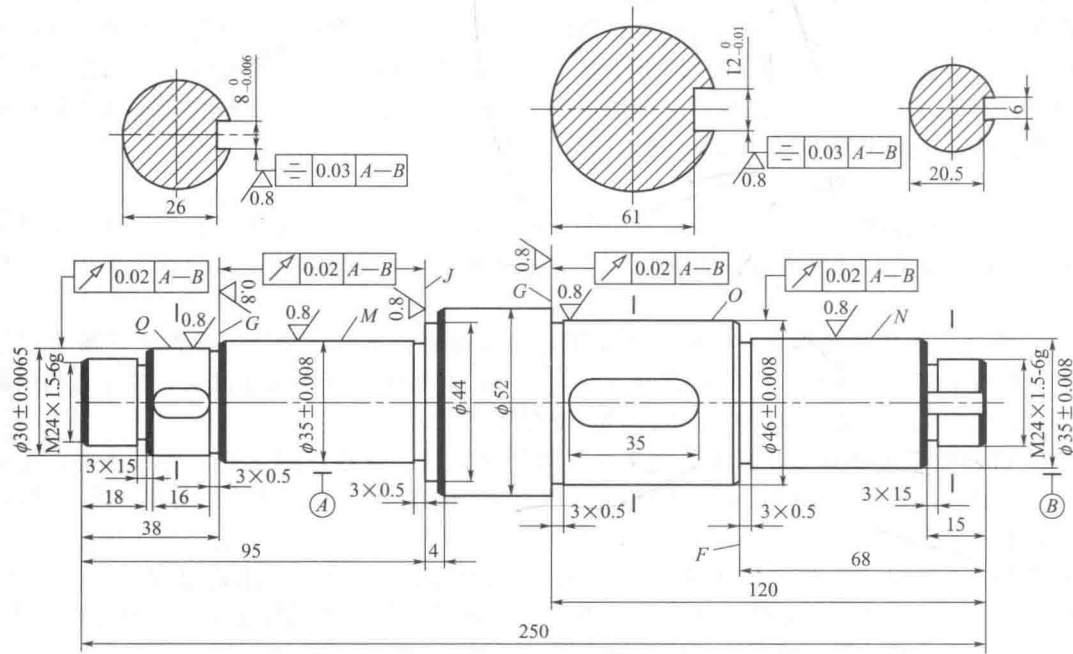


图 1-5 某减速器的传动轴简图

件的轴向位置,各环槽的作用:是使零件装配时有一个正确的位置,并使加工中磨削外圆或车螺纹时退刀方便;键槽用于安装键,以传递转矩;螺纹用于安装各种锁紧螺母和调整螺母。

根据工作性能与条件,该传动轴图样规定了主要轴颈 M 、 N ,外圆 P 、 Q 以及轴肩 G 、 H 、 I 有较高的尺寸、位置精度和较小的粗糙度值,并有热处理要求。这些技术要求必须在加工中给予保证。因此,该传动轴的关键工序是轴颈 M 、 N 和外圆 P 、 Q 的加工。

1.1.3.2 毛坯的选择

该传动轴的材料为 45 钢,因其属于一般传动轴,故选 45 钢可满足要求。本例传动轴属于中、小传动轴,并且各外圆直径尺寸相差不大,故选择 $\phi 60\text{mm}$ 的热轧圆钢作为毛坯。

1.1.3.3 定位基准的选择

合理地选择定位基准,对于保证零件的尺寸和位置精度有着决定性的作用。由于该传动轴的几个主要配合表面 (Q 、 P 、 N 、 M) 及轴肩面 (H 、 G) 对基准 $A-B$ 均有径向圆跳动和端面圆跳动的要求,它又是实心轴,所以应选择两端中心孔为基准,采用双顶尖装夹方法,以保证零件的技术要求。

粗基准采用热轧圆钢的毛坯外圆。中心孔加工采用三爪定心卡盘装夹热轧圆钢的毛坯外圆,车端面、钻中心孔。但必须注意,一般不能用毛坯外圆装夹两次钻两端中心孔,而应该以毛坯外观做粗基准,先加工一个端面,钻中心孔,车出一端外圆;然后以已车过的外圆做基准,用三爪定心卡盘装夹(有时在上工步已车外圆处搭建中心架),车另一端面,钻中心孔。如此加工中心孔,才能保证两中心孔同轴。

1.1.3.4 工艺路线的拟定

① 各表面加工方法的选择 传动轴大都是回转表面,主要采用车削和外圆磨削成形。由于该传动轴的主要表面 M 、 N 、 P 、 Q 的公差等级 (IT6) 较高,表面粗糙度 R_a 值较小,故车削后还需要磨削,外圆表面的加工方案可为:粗车→半精车→磨削。

② 加工顺序的确定 对精度要求较高的零件,其粗、精加工应分开,以保证零件的质量。该传动轴加工划分为三个阶段:粗车(粗车外圆、钻中心孔等),半精加工(半精车各处外圆、台阶和修研中心孔及次要表面等),粗、精磨(粗、精磨各处外圆),各阶段划分大致以热处理为界。

轴的热处理要根据其材料和使用要求确定。对于传动轴,正火、调质和表面淬火用得最多。该轴要求调质处理,并安排在粗车各外圆之后,并精车各外圆之前。

综合以上分析,传动轴的工艺路线如下:下料→车两端面,钻中心孔→粗车各外圆→调质处理→修研中心孔→半精车各外圆,车槽,倒角→车螺纹→划键槽加工线→铣键槽→修研中心孔→磨削→检验。

定位基准面中心孔应在粗加工之前加工,在调质处理之后和磨削之前,各需安排一次修研中心孔的工序。调质处理之后修研中心孔的目的是消除中心孔的热处理变形和氧化皮;磨削之前修研中心孔是为了提高定位基准面的精度,减小锥面的表面粗糙度。

拟定传动轴的工艺过程时,在考虑主要表面加工的同时,还要考虑次要表面的加工。在半精加工 $\phi 52\text{mm}$ 、 $\phi 44\text{mm}$ 和 $M24$ 外圆时,应车到图样规定的尺寸,同时加工出各退刀槽、倒角与螺纹;三个键槽应在半精车后及磨削之前铣削加工出来。这样既可保证铣键槽时有较精确的定位基准,又可避免在精磨后铣键槽时破坏已精加工的外圆表面。在拟定工艺规程时,应检验工序的安排、检查项目及检验方法的是否已确定。

1.1.3.5 轴类零件的检验

(1) 加工中的检验

自动测量装置作为辅助装置安装在机床上,这种检验方式能在不影响加工的情况下,根据测量结果,主动控制机床的工作过程,如改变进给量,自动补偿刀具磨损,自动退刀、停刀等,是指适应加工条件的变化,防止产生废品,故又称为主动检验。主动检验在线检测,即在设备运行、生产不停顿的情况下,根据信号处理的基本原理,掌握设备运行状况,对生产过程进行预测预报及必要调整。目前,在线检测在机械制造中的应用越来越广。

(2) 加工后的检验

单件小批生产中,尺寸精度一般用外径千分尺检验;大批大量生产时,常采用光滑极限量规检验,长度大而精度高的工件可用比较仪检验,表面粗糙度可用粗糙度仪进行检验;要求较高时可用光学显微镜或轮廓度仪检验。圆度误差可用千分尺测量出的工件同一截面直径的最大差值之半来确定。也可用千分尺借助V形铁来测量,若条件许可,可用圆度仪检验。圆柱度误差通常用千分尺测出同一轴向剖面内最大与最小值之差来确定。主轴相互位置精度检验一般以轴两端顶尖孔或工艺锥堵上的顶尖孔为定位基准,在两支承轴颈上方分别用千分表测量。

1.2 预备热处理的分类与特点

热处理工艺是指将钢通过加热、保温和冷却等过程来改变钢的内部组织结构,以满足工件加工和使用要求的加工方法。热处理工艺的制定应依据钢的相图和等温冷却曲线,因此钢在加热和冷却过程中的组织转变规律是制定热处理工艺参数的重要依据。

根据零件的热处理技术要求不同,其热处理的方法有很大的差异,但热处理的目的就是获得需要的组织结构和性能,下面介绍钢的预备热处理分类与特点。

预备热处理是指经过冶炼、铸造、锻造、轧制、冲压和挤压等工艺手段生产的钢材或毛坯及半成品等,为了改善其力学性能和后续加工工艺而实施的热处理技术。

预备热处理的作用包括消除上道工序的缺陷(如均匀化退火可以消除铸造偏析,去应力退火可以消除锻造后应力,去氢退火可以消除大件氢等)、为下道工序做准备(如完全退火可降低中碳钢硬度,正火可提高低碳钢硬度,便于机械加工)以及为最终热处理做组织准备(如调质处理)。

钢的正火与退火主要用于处理工件毛坯,为以后切削加工及最终热处理做准备,故正火与退火通常称为预备热处理。对一般铸件及性能要求不高的工件,正火与退火可作为最终热处理。可见预备热处理的目的是改善加工性能、消除内应力和为最终热处理准备良好的金相组织。

1.2.1 钢的退火和正火

退火是指将钢加热到一定温度以上(A_{c3} 或 A_{c1}),保温一定时间,随后缓慢冷却(一般随炉冷却),以获得平衡状态组织的热处理工艺。而正火则是加热到更高温度(A_{c3} 或 A_{ccm})以上,在空气中冷却或进行风冷、喷雾冷却等,可以看作退火的特例。退火和正火是目前应用最为广泛的预备热处理工艺,个别不重要的产品常把正火作为最终的热处理,图1-6为正火冷却方式类别。

1.2.1.1 退火和正火的目的

同样作为钢铁零件的预备热处理工艺,退火和正火的区别在于加热温度和冷却方法的不