

现代感应 热处理技术

XIANDAI GANYING
RECHULI JISHU

沈庆通 梁文林 编著



TG156.99/3

2008

现代感应热处理技术

沈庆通 梁文林 编著

机械工业出版社

本书全面系统地介绍了现代感应热处理技术。内容包括现代感应加热电源、感应加热电源的选择、感应淬火机床与淬火夹具、感应淬火机床的主要部件与监控仪器、感应加热装置的辅助设备、表面淬火用感应器、感应淬火成套设备的组成与布置、感应热处理工艺、感应热处理技术开发等。本书着眼于应用技术,配有丰富的图表与实例,实用性、针对性强。

本书适合于从事感应热处理工艺、装备设计的技术人员及操作人员阅读,也可供相关专业大专院校师生及研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代感应热处理技术/沈庆通,梁文林编著. —北京:机械工业出版社,2008.1

ISBN 978-7-111-22936-0

I. 现… II. ①沈…②梁… III. 感应热处理 IV. TG156.99

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 185259 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:陈保华 责任编辑:蒋有彩 版式设计:霍永明

责任校对:张媛 封面设计:鞠杨 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷(兴文装订厂装订)

2008 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·10.125 印张·393 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-22936-0

定价:30.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)68351729

封面无防伪标均为盗版

前言

在 20 世纪 30 年代,出现了感应热处理。最初应用在曲轴颈表面淬火,随后扩大到发动机、汽车底盘、坦克履带等各种零件上,现在已扩大到机床、轴承、石油、铁道、重型机械等各个行业。

由于感应热处理具有节能、高效、劳动环境好、在线生产、便于自动化等一系列优点,因此发展异常迅速,在国内外得到普遍的应用与推广。

我国感应热处理技术的应用起步于 20 世纪 50 年代初,在前苏联的技术援助下,首先应用于机床与纺机制造业,其后,汽车、拖拉机制造厂大量地采用了感应热处理工艺。

国内感应热处理技术的发展经历了几个里程碑:20 世纪 50 年代,前苏联援助阶段;20 世纪 60 年代,独立自主,自力更生阶段;20 世纪 80 年代后,对外开放,技术引进阶段;20 世纪 90 年代到 21 世纪初,发展为技术创新阶段。

感应热处理技术包含了材料、金属热处理、机械、电气、电磁、电子、计算机应用等多门学科。在前苏联,列宁格勒电工学院曾设置了此专业。我国此专业人才大都来自机械、热处理、材料与机电一体化专业。

20 世纪 50 年代,国内感应热处理所用的装备,首批来自前苏联等国家,其后从仿制到研制。电子管高频及机械式中频发电机、液压及机械传动的通用淬火线、聚焦型齿轮感应器、开合型曲轴感应器等均是当时的产品。1958 年,在原一机部新技术推广所组织的第一次全国高频电热技术交流会上,已经呈现出装备制造、工艺应用等各方面欣欣向荣的景象了。20 世纪 60 年代后,由于当时国外技术来源断绝,工业上走自力更生道路,以当时第二汽车制造厂建厂所采用的高中频装备为例,绝大部分由国内供应。数十台高、中频淬火线是组织国内设计院、工厂共同设计的。原一机部第六设计院曾将国内自行设计的数十台淬火线机床汇编成图册,其中许多机床具有实用性与先进性等特点。当时第二汽车制造厂各分厂感应淬火线件的生产水平亦具有时代特征,其中相当部分具有独创性。原上海机械厂(现上海热处理厂)在高频淬火线生产管理上亦卓有成效。

改革开放以来,来自德、美、英、法、日、意、西班牙、比利时等工业发达国家的感应热处理设备进入了国内各企业,其中有曲轴、凸轮轴、等速万向节、齿轮等数十种感应淬火线成套装置,具有不同的风格与特点,一般具有节能、高效、低劳动强度、自动化程度高等特点。装置的耐用性较高、故障率低、结构紧凑、占地面积小、外形美观,并且便于调整。在进口国外技术中存在着重

IV

硬件、轻软件的偏向，因此，出现了如何将这些进口的先进装备，择其优点、洋为中用的问题。

中国热处理协会工艺装备委员会和中国热处理学会感应加热技术委员会，于1992年5月在无锡市召开了“感应加热进口设备与引进技术消化吸收经验交流会”，旨在促使国内专业人员了解国内已进口的感应加热装置的技术，以及工业发达国家感应加热技术发展的现状。国内多次举办的感应加热专题研讨会与热处理展览会亦均有同一目的，即交流国内外的新技术。

新中国建立以来，国内已出版了多种感应热处理专著，例如：梁文林教授编的《感应加热装置》（1981年机械工业出版社）；刘志儒教授等编的《金属感应热处理》（1985年机械工业出版社）；林信智高工等编的《汽车零部件感应热处理工艺与装备》（1998年北京理工大学出版社）；笔者编的《感应热处理问答》（1990年机械工业出版社）等。以上专著均在一定时期、一定范围内介绍了当时的感应热处理技术。

国际上经常举办热处理及感应加热技术研讨会，交流各国、各企业、研究所感应加热技术的发展状况，只是我国参加这些会议的人员不多，行业人员收集阅读这些会议资料的亦不多。

企业进口感应加热装置时，一般派员去国外企业进行考察及预验收设备，这是了解国外新技术发展的好机会。在20世纪80年代，热处理学会曾组织过两次热处理出国人员考察座谈会，编有内部资料，但看到的人不多。因此，常常有国外企业知道其产品销售给中国哪几个企业，而国内同行反而不知道该项设备已进口多台的情况。同样，对国外哪个企业的设备具有什么优势等亦不甚了解。

笔者多年来坚持以下观点：从高起点出发，引进国外一些先进技术，加快我国对该项技术的发展是必要的，但不应多次重复进口同种设备，应该将从多个国家进口的项目，去粗取精，洋为中用，结合中国国情，发展我国自己的技术与装备，即应有独创性。有鉴于此，笔者力促举办1992年的无锡会议，在国内感应热处理专业研讨会上，亦力倡对国外先进技术进行消化吸收，制造我国具有独创性的感应加热装置。

回顾20世纪50年代，笔者在第一汽车制造厂从事高频感应热处理工艺工作，随前苏联专家П. А. 兰金博士进行汽车底盘高频淬火件工艺调试；20世纪60年代初，随高频电流科学研究院专家П. Б. 沙莫伊洛夫在第一拖拉机厂参与东方红拖拉机高频淬火件的工艺与设备调试；改革开放以后，笔者在菲亚特公司下属各厂考察农机热处理零件的工艺与装备，在艾洛瑟默公司预验收半自动旋转曲轴淬火机等；退休后，在光华感应加热器厂（现升华感应加热有限公司）从事感应器设计与制造技术工作，在此阶段接触了许多国外公司与进口的感应

器项目，了解了很多现代感应器的设计与制造技术。

在年逾古稀之际，深感到行业中对现代感应热处理技术资料需要的迫切性。为行业中的年轻一代创造一个浏览面更大一些、思路更宽一些的条件，使行业在该项技术的发展中，多一些借鉴，少一些弯路，这个责任时刻在鞭策着我，这就是笔者编写此书的缘起与动力。

梁文林教授对电子管高频感应加热装置，从理论到实践均有很高的造诣，经笔者约请，他参与了第2章现代感应加热电源部分的编写。对感应加热新电源 IGBT 与 MOSFET 部分，梁教授是苦心孤诣、认真负责的，多次进行修改与补充，三易其稿，笔者深深地表示钦佩与感谢。

在本书即将付印之际，笔者要感谢第一个给我提供资料的 F. H. 莱因格博士。早在 20 世纪 80 年代初，是他寄给我许多论文，有曲轴、履带行走部分、一发法淬火等多种资料。Gerd 奥玛工程师（AEG-Elotherm 公司）提供了感应加热多种资料。美国达科（TOCCO）公司的 George D. 法天门先生多次寄给我许多论文资料，使我对美国该行业的发展情况了解得更多。V. S. 乃姆可夫博士与 K. 3. Шепеляковский 博士均将自己的感应加热专著赠予我。还有应达公司周大振先生，G. H. 电热公司北京办事处均为本书提供了资料与图片，在此一并感谢。

本书的编写得到升华感应加热有限公司张宗杰总经理等的大力支持，李红莉、毛海群、王峰、刘琳琳等先后为本书的整理给予了极大的帮助，特别是刘琳琳，最后协助我完成了全部文稿。

由于笔者学识所限，在书中肯定会有一些片面或差错之处，希望读者鉴谅并指正。深深地祝愿广大读者能为我国的感应热处理事业创造辉煌的未来！

沈庆通

2007 年 5 月

目 录

前言

第1章 概 述	1
1.1 感应加热的发展历史	1
1.2 感应热处理的优点及其局限性	2
1.3 感应热处理在工业各部门的应用	3
第2章 现代感应加热电源	5
2.1 概述	5
2.2 晶闸管 (SCR) 中频电源	8
2.2.1 普通型晶闸管	9
2.2.2 晶闸管的一些派生器件	12
2.2.3 电力半导体模块	13
2.2.4 晶闸管 (SCR) 中频感应加热电源	14
2.3 MOSFET 高频电源	21
2.3.1 MOSFET 的特性及参数	21
2.3.2 MOSFET 高频逆变器	24
2.4 IGBT 超音频及高频电源	26
2.4.1 IGBT 的特性及参数	26
2.4.2 IGBT 超音频逆变器	28
2.4.3 MOSFET 与 IGBT 逆变电源的谐振电容器	33
2.4.4 (全) 固态感应加热电源	35
2.5 真空管 (电子管) 高频感应加热电源	36
2.5.1 真空管高频感应加热电源的组成	37
2.5.2 三相交流调压器	37
2.5.3 高压硅堆三相整流器	40
2.5.4 真空管高频振荡器	41
2.5.5 老式真空管高频感应加热装置的技术改造	44
2.5.6 真空管高频感应加热设备的安装、调试与维护	45
2.6 感应加热电源的大容量化及制造水平	47
2.6.1 感应加热电源的大容量化	47
2.6.2 感应加热电源的制造水平	48
第3章 感应加热电源的选择	49
3.1 电流频率的选择	49
3.2 加热功率的选择	53

第4章 感应淬火机床与淬火夹具	64
4.1 感应淬火机床的特点	64
4.2 感应淬火机床主要功能的确定	64
4.3 通用型感应淬火机床的典型结构	67
4.3.1 EKS—30 型通用淬火机床	67
4.3.2 变压器升降的 UM—1000 通用型淬火机床	68
4.3.3 紧凑结构的立式感应淬火装置	70
4.3.4 GCLD 数控通用立式淬火机床	71
4.3.5 GCLH 系列数控通用立式淬火机床	71
4.3.6 变压器升降式立式淬火机床	72
4.3.7 大型立式淬火机床	73
4.4 专用感应淬火机床	74
4.4.1 曲轴感应淬火机床	74
4.4.2 凸轮轴感应淬火机床	81
4.4.3 半轴感应淬火机床	84
4.4.4 链轨节淬火机床	89
4.4.5 销套淬火机床	92
4.4.6 驱动轮淬火机床	92
4.4.7 导向轮淬火机床	93
4.4.8 履带销扫描淬火机床	94
4.4.9 低淬透性钢齿轮中频淬火机床	96
4.4.10 油层下感应淬火机床	97
4.4.11 托带轮和支重轮淬火机床	98
4.4.12 缝纫机针杆高频感应淬火机床	99
4.4.13 螺钉头全自动感应淬火机床	100
4.4.14 气门摇臂感应淬火机床	101
4.4.15 气门杆端淬火机床	101
4.4.16 减振器连杆感应淬火回火自动机床	102
4.4.17 铰杆感应淬火机床	104
4.4.18 滚珠丝杠感应淬火机床	104
4.4.19 钟形壳全自动淬火机床	105
4.4.20 小型感应热处理中心	108
4.4.21 半自动数控曲轴旋转淬火成套装置	108
4.4.22 冷轧辊双频感应淬火机床	109
4.4.23 大直径冠齿轮一次加热淬火机床	111
4.5 感应热处理生产线	111
4.5.1 族类零件淬火机床和 CVJ 钟形壳生产线	111
4.5.2 驱动轴感应淬火生产线	114

4.5.3 PC 钢筋热处理生产线	116
4.5.4 双频齿轮感应淬火生产线	119
4.6 感应淬火夹具	120
4.7 机器人在感应淬火机床上的应用	123
第5章 感应淬火机床的主要部件与监控仪器	124
5.1 中频淬火变压器	124
5.2 电热电容器	129
5.3 流量监控仪 (流量表与流量开关)	131
5.4 能量监控器	132
5.5 接地故障断流器	133
5.6 功率分配器	134
5.7 淬火液管路的控制器件及连接件	134
5.8 淬火机床常用控制系统	136
5.9 测温仪表	137
5.10 折光仪	139
5.11 高精度电感仪	140
第6章 感应加热装置的辅助设备	141
6.1 感应加热设备冷却水系统	141
6.1.1 感应加热器部件的冷却水质量标准	141
6.1.2 循环系统监控器件与材料的改进	143
6.1.3 采用换热器降低软水的温度	144
6.1.4 典型的配有换热器的冷却水循环系统	144
6.2 淬火液循环冷却系统	145
6.3 淬火机的排油烟系统	147
6.4 用机械手或机器人装卸工件	148
6.5 校正辊与防弯曲变形装置	148
第7章 表面淬火用感应器	150
7.1 表面淬火感应器的设计概念与要求	150
7.1.1 感应器设计要求	151
7.1.2 感应器设计的理论与法则	151
7.1.3 感应器的结构设计	152
7.1.4 提高感应器效率的途径	159
7.2 高频淬火感应器的典型结构	164
7.2.1 利用电流途径的蜗杆一次加热感应器	164
7.2.2 利用邻近效应的凹槽侧加热感应器	164
7.2.3 内孔加热感应器	165
7.2.4 端面加热感应器	165
7.2.5 双端面加热感应器	166

7.2.6	法兰端面与圆柱面均能加热淬火的扫描加热感应器	166
7.2.7	盘状多匝感应器	167
7.2.8	分支返回型感应器	167
7.2.9	螺管线圈加热气门端头感应器	167
7.2.10	机床导轨等平面扫描淬火感应器	168
7.2.11	缸套内孔加热扫描淬火感应器	168
7.2.12	斜圈式感应器	169
7.3	中频淬火感应器的典型结构	169
7.3.1	半环型曲轴感应器	169
7.3.2	纵向加热的轴类半环型感应器	170
7.3.3	凸轮轴淬火感应器	171
7.3.4	缸套内表面淬火感应器	172
7.3.5	短圆柱体加热感应器	173
7.3.6	钟形壳花键部加热感应器	173
7.3.7	钟形壳内球窝感应器	174
7.3.8	三柱滑套内孔加热感应器	174
7.3.9	半轴扫描淬火感应器	175
7.3.10	半轴一次加热感应器	175
7.3.11	带定位夹具的销子感应器	176
7.3.12	多层多匝感应器	177
7.3.13	钢管内孔扫描淬火感应器	178
7.4	集流器在感应器上的应用	179
7.4.1	集流器的主要功能	179
7.4.2	典型集流器的结构	180
7.4.3	集流器设计中的注意事项	184
7.5	强力感应器与导磁体	184
7.5.1	强力感应器	185
7.5.2	导磁体的应用与发展	187
7.6	感应器快换夹头	190
7.7	感应器制造用材料	192
7.7.1	导电部分材料	192
7.7.2	非导电部分的金属材料	194
7.7.3	感应器用绝缘材料	195
7.7.4	感应器用特殊材料	196
7.7.5	感应器用导磁体	197
7.7.6	感应器用软管	197
7.8	感应器制造技术	198
7.8.1	不同坯料制成的高、中频感应器	198
7.8.2	零件制造与组装	198

X

7.8.3 制造用的模具	199
7.8.4 检验夹具	200
7.9 感应器的质量检验	201
7.10 感应器的使用与维护	202
7.10.1 感应器的使用寿命	202
7.10.2 半环型曲轴感应器常见加热线圈的损坏形式	203
7.10.3 线圈变形的防止	204
7.10.4 接触板烧伤与偏接触	205
7.10.5 导电板间短路和线圈匝间短路	206
7.10.6 防止导磁体失效	206
7.10.7 定位块螺钉松动	206
7.10.8 内孔感应器的使用与维护	206
第8章 感应淬火成套设备的组成与布置	207
8.1 感应加热电源的布置	207
8.1.1 电子管式高频电源的布置要求	207
8.1.2 晶闸管与晶体管电源及成套感应淬火设备	208
8.2 高、中频供电电缆与母线	212
8.2.1 中频电缆的布线	213
8.2.2 中频同轴电缆	213
8.2.3 高、中频供电母线	214
8.3 感应加热设备上、下水及水循环系统设计布置时的注意事项	215
8.3.1 工业用水或自来水不同管径的耗水量	215
8.3.2 设备冷却水的水量计算和温度控制	215
8.3.3 冷却水系统换热器的换热量	217
8.3.4 对淬火槽和相关管路的要求	218
8.3.5 工业用水的蒸发冷却系统	219
8.3.6 软水循环水系统	219
8.3.7 淬火槽的布置	220
第9章 感应热处理工艺	221
9.1 感应淬火工艺的方式	221
9.2 感应淬火常用的淬火剂	224
9.3 回火	227
9.4 感应退火或正火	230
9.5 感应热处理件的技术要求	231
9.5.1 感应淬火件的硬度	231
9.5.2 感应淬火件的淬硬区	232
9.5.3 感应淬火件的硬化层深度	233
9.6 感应热处理的工艺调整	237

9.6.1 电规范调整	237
9.6.2 感应加热的热处理规范调整	245
9.7 感应淬火件的质量检验	248
9.8 感应淬火件常见淬火缺陷及其防止措施	252
9.8.1 表面淬火后硬度不够	252
9.8.2 硬化层剥落、崩落及边棱开裂、掉圈	253
9.8.3 感应淬火件的淬火裂纹	254
9.8.4 感应淬火件的变形与减少变形的措施	256
9.8.5 感应淬火件表面局部烧熔	258
9.9 典型感应淬火件的感应淬火工艺	259
9.9.1 曲轴颈圆角淬火与柔性曲轴颈淬火机床	259
9.9.2 凸轮轴感应淬火工艺	261
9.9.3 气缸套感应淬火工艺与质量问题	264
9.9.4 飞轮齿圈感应淬火工艺与质量	266
9.9.5 半轴感应淬火工艺	267
9.9.6 等速万向节钟形壳感应淬火工艺与质量	269
第10章 感应热处理技术开发	272
10.1 整体加热表面淬火及可控淬透性钢	272
10.1.1 整体加热表面淬火	272
10.1.2 可控淬透性钢在生产中的应用	273
10.1.3 可控淬透性钢整体加热表面淬火新工艺应用的经济效果	276
10.2 固定式曲轴颈淬火与回火工艺	277
10.3 用旋转感应器进行内孔淬火	279
10.3.1 旋转式的变压器感应器组	279
10.3.2 缸盖阀座双工位旋转加热变压器感应器组	281
10.4 螺旋弹簧感应淬火	281
10.5 大功率脉冲感应淬火	282
10.6 超高频脉冲淬火	283
10.7 计算机模拟在感应加热中的应用	284
10.7.1 感应加热计算机模拟的特点及过程	285
10.7.2 感应加热计算机模拟软件	285
10.7.3 计算机模拟实例	286
10.8 齿轮双频感应淬火	289
10.8.1 齿轮双频感应淬火的挑战	289
10.8.2 齿轮双频感应淬火法的试验与对比	290
10.8.3 现代化的齿轮双频淬火法	292
10.8.4 齿轮双频淬火的工业应用	292
附录	295

附录 A 感应加热的常用术语	295
附录 B 感应淬火用钢铁材料	297
附录 C 常用高频导磁体规格	304
附录 D 感应加热常用图表	306
参考文献	309

第 1 章 概 述

1.1 感应加热的发展历史

1831 年, 法拉第 (Michael Faraday) 发现的电磁感应是感应加热的理论基础。

1868 年, 福考特 (Foucault) 提出了涡流理论。

1916 年, 美国 Princeton 大学 Palmer 实验室的诺思拉普 (Edwin f. Northrup) 研制出火花式逆变器感应炉, 用于熔炼金属。

1930 年, 前苏联的 В. П. ВОЛОГДИН 研制成高频感应炉。

感应加热用于表面淬火的最早的例子, 在前苏联是应用于曲轴颈的表面淬火。与此同时, 美国俄亥俄州曲轴工厂为提高曲轴颈的耐磨性, 亦研制了曲轴淬火机床。其后, 感应加热淬火广泛地应用于汽车、铁路、机床、机车、轴承制造等各个行业。由于感应加热具有节能、劳动环境好及便于自动化等优点, 感应加热技术得到迅速发展。

1939 年, В. П. ВОЛОГДИН 出版了首部感应加热专著《感应方法表面淬火》。1947 年, 前苏联在列宁格勒市建立了高频电流科学研究院 (НИИТВЧ), 其后该研究院以 ВОЛОГДИН 命名, 称为沃罗格金高频电流科学研究院, 即 ВНИИТВЧ。

我国在 20 世纪 50 年代中期, 中国科学院长春光机所已研制出火花式高频电源, 1958 年, 天津广播器材厂与北京广播器材厂相继研制出 200 ~ 300kHz、30kW、60kW、100kW 的电子管高频电源, 湘潭电机厂与锦州电炉厂则制造出机械式发电机及控制设备, DGF—C—102、108、252, GT40/4 感应透热设备等系列产品, ZG—200 型真空感应电炉亦开始供应市场。

其后在工业发达国家感应加热装置的发展有以下几个里程碑:

1964 年, Louis Allis Co 设计并应用晶闸管于逆变器。

1969 年, 第一台 540Hz 全固态电源建成。

1972 年, 第一台 50kHz 电源建成。

1973 年, LED 诊断控制屏用于故障显示。

1974 年, 电源设备的冷却系统改进, 可见的排出水被流量计及压力表所取代, 第一台压力闭路循环冷却系统使用于整个感应加热系统的冷却。

1978 年, 第一台效率为 97% 固态电源由 Pillar Co. 设计并制造。

1980 年, 在工业发达国家实际上淘汰了机式发电机及倍频器。

1.2 感应热处理的优点及其局限性

1. 感应热处理的优点

(1) 表面淬火 表面淬火使工件具有硬的外壳、韧的心部。因此, 它可替代一部分渗碳、调质和氮化工艺, 节省材料的合金元素。由于加热时间短, 氧化皮很少, 变形亦小。

(2) 可进行工件局部淬火 它能精确地将工件需进行淬火的局部进行加热, 特别是在采用导磁体和使用高功率密度的情况下。

(3) 节能热处理 其能耗与渗碳、氮化、调质相比具有极大的优势, 当工件淬火部位质量与整体质量之差越大时, 它的优势也越显著。感应热处理常具有高的附加值。

(4) 快速热处理 感应淬火的加热时间以秒计, 一般在 $2 \sim 10\text{s}$ 之内, 生产周期亦短, 特别是在采用自回火或随机感应回火情况下, 此工序与机加工工序相似。为此, 现代化的感应淬火装备已经安排在生产线上或自动线上。

(5) 清洁热处理 感应淬火所用淬火液一般为水或具有添加剂的水溶液, 淬火时, 几乎没有油烟, 劳动环境好。

(6) 便于机械化及自动化 大批量生产的感应淬火件, 一般均配有步进送料、机械手取工件及机器人操纵感应器等减少体力劳动的装置。图 1-1 所示是一种新型的曲轴颈淬火、回火装置, 曲轴淬火与回火可在一台装置上进行。

2. 感应热处理的局限性

(1) 感应热处理不适合于复杂形状的工件 例如某些传动齿轮, 它要求极高的耐磨性与韧的心部, 目前仍采用氮化工艺等。

(2) 需要专用工装即感应器 热处理炉一炉可装多种工件进行加热、渗碳、氮化, 而感应淬火则要求一个部位一种感应器, 甚至要求一种专用定位夹具等, 因此工具费用高。它只适用于大批量生产一种或一种族的工件。

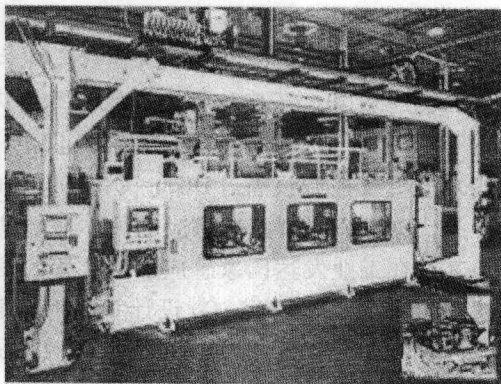


图 1-1 全自动曲轴颈淬火、回火装置
(Inducto-Heat Co.)

(3) 成套装置投资费用高 和一般热处理设备比, 感应淬火成套装置包括变频电源、淬火机床、感应器, 以及附属的冷却水、淬火液循环装置等, 其投

资费用相对比较高，维护技术及费用亦比一般热处理设备高。

1.3 感应热处理在工业各部门的应用

1. 汽车制造业

汽车制造业广泛地采用了感应热处理技术，感应加热淬火的汽车零部件，已上升到占全部热处理零件的 50% 左右。感应淬火的目的是提高零件的耐磨性以外，相当部分是提高零件的扭转疲劳强度和弯曲疲劳强度。典型的零件有曲轴、凸轮轴、飞轮齿圈、半轴、等速万向联轴器、变速叉、传动器轴、十字轴、减振器轴等。

2. 拖拉机及工程机械

除发动机淬火零件与汽车发动机相似外，其行走部分有许多感应淬火件，例如：驱动轮、导向轮、支重轮、链轨节、销、套、水泵轴、气门摇臂、推土机刀片、拖拉机最终传动齿轮等。

3. 机床制造业

机床制造业中，感应淬火件有主轴箱的变速齿轮、主轴、变速叉、导轨表面及各种小零件的耐磨部分。

4. 重型机械

重型机械感应热处理件有传动大模数齿轮、挖掘机的铲齿板。

5. 轴承工业

轴承圈，特别是大型轴承圈的滚道、铁路轴承等，采用感应淬火的比例在逐年上升。

6. 铁路运输

60kg 及以上的钢轨全长淬火是提高其强韧性的主要途径之一，铁道部已建立起 10 多条钢轨感应淬火生产线。此外，机车零件应用感应淬火的有内燃机的相关零件，例如：曲轴、齿轮、轴等。

7. 石油钻机

石油工业用油管、抽油杆及接箍部分均采用感应淬火。

8. 冶金机械

轧辊采用双频感应淬火，以达到最佳的加热深度；其他如大模数齿轮、钢管焊缝退火或回火。

9. 纺织机械

纺机锭杆等零件采用感应淬火与回火。

10. 建筑材料

主要有预应力钢筋淬火及焊缝退火。图 1-2 所示为 PC 钢筋淬火、回火生产

线示意图。在国内，已建有相当数量的管桩钢丝热处理生产线，最近又增添了轨枕钢丝热处理生产线等。

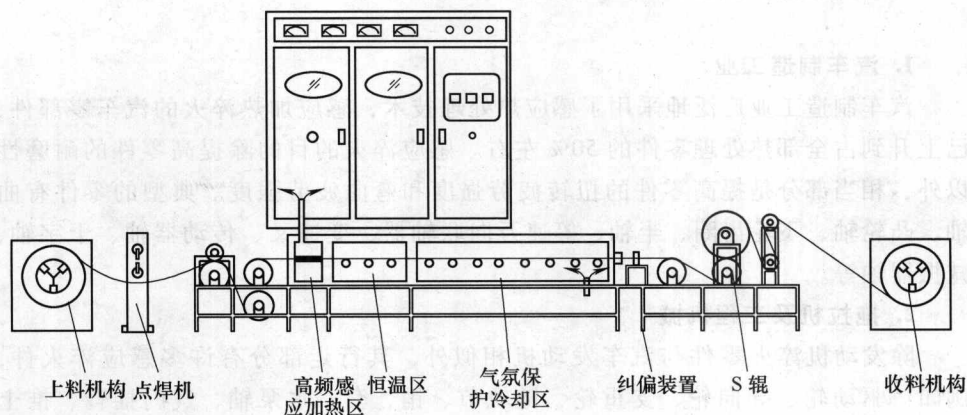


图 1-2 PC 钢筋淬火、回火生产线 (Radyne Co.)