



“十二五”国家重点图书出版规划项目
材料科学研究与工程技术系列

金属热加工设备及工艺

Matal Hot Working Equipment and Process

- 杨文杰 李洪波 朱永长 李海涛 主编
- 李慕勤 主审

哈尔滨工业大学出版社

014056875

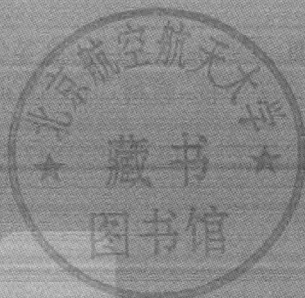
TG306
09

M “十二五”国家重点图书出版规划项目
材料科学研究与工程技术系列

金属热加工设备及工艺

Matal Hot Working Equipment and Process

● 杨文杰 李洪波 朱永长 李海涛 主编
● 李慕勤 主审



哈尔滨工业大学出版社



北航

C1741984

TG 306
09

014020210

内 容 提 要

本书简要地阐述了金属热加工生产中常用的热加工工艺方法及设备,并根据铸造工艺方法及设备、锻压工艺方法及设备、焊接工艺方法及设备、金属热处理方法及设备有关的基础理论,分别讲述金属热加工工艺方法及设备的工作原理和特点、适用范围、设备结构、使用的材料、工艺手段以及所派生出的新方法。本书注意理论联系实际,突出重点,并注意反映国内外新的研究成果和发展趋势。

本书可作为高等院校金属材料工程专业、材料成型及控制工程专业的本科生教材,亦可供从事金属材料热加工领域的工程技术人员参考。

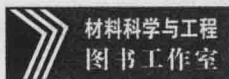
图书在版编目(CIP)数据

金属热加工设备及工艺/杨文杰等主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2014.6

ISBN 978-7-5603-4648-9

I. 金… II. ①杨… III. ①热加工-设备-高等学校-教材②热加工-生产工艺-高等学校-教材 IV. TG306

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 051847 号



材料科学与工程
图书工作室

责任编辑 许雅莹

封面设计 高永利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 23.25 字数 566 千字

版 次 2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-4648-9

定 价 38.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

哈尔滨工业大学出版社

前 言

随着科学技术和工业技术的发展,我国金属材料热加工方法及手段也得到了蓬勃的发展,出现了许多革新性技术。随着经济建设的发展,金属材料热加工新技术在企业生产中得到广泛地推广和应用,促进了金属材料热加工行业的进一步发展。

世界钢铁协会发布 2012 年全球钢铁生产统计数据。中国大陆 2012 年粗钢产量 7.16 亿吨,占全球钢产量的 46.3%,这些金属材料绝大部分需要通过热加工方法及手段转化为实际的各种用途的产品。通过铸造的热加工方法获得的铸件产品,必须依靠机械化与自动化的保证,才能更好的保证产品的精度,减少加工量。现代技术的发展,使铸造车间的机械化自动化水平不断提高。现在,工业机器人正在步入铸造车间,扩大在铸造车间中的应用范围。计算机技术,如计算机辅助加工、计算机辅助设计与计算机辅助制造(CAD/CAM)等在铸造车间中应用日渐增多,把各个工序有机地联系在一起,形成计算机集成生产(CIM)系统。日新月异的技术正在改变铸造车间的面貌。

锻压作为金属加工的一种重要生产手段,不但可赋予产品一定的结构形状,而且能直接起到改善和提高产品组织性能的作用;现代锻压设备及其控制系统,正发生着从以机器为特征的传统技术向以信息为特征的现代技术迈进的变化,即用信息技术来改造和提升传统设备及控制系统。随着航空、机械、汽车等工业的持续发展,高科技含量的锻压技术将主导锻压装备,以自动化、数控化、柔性化为发展方向,将推动锻压技术及装备的发展。

焊接作为一种重要的金属材料永久性连接的方法,随着焊接自动化要求和对焊接质量要求的提高,人们在焊缝成形控制、熔滴过渡控制、降低焊接飞溅等方面不断做出努力,促进焊接热输入方式的改进和热输入量的控制研究,如把电弧力控制与电弧稳定性控制、焊接电源的研制、薄件焊接等联系起来,推动了焊接技术与装备的发展。

而随着各种焊接方法的不断出现,各种焊接方法的机械化、自动化水平也在不断提高。电子技术、计算机技术、传感技术、自适应控制技术以及信息和软件技术在焊接领域的应用,使焊接生产自动化程度日新月异,目前正在向焊接过程智能化控制的方向发展。特别是工业焊接机器人的引入,是焊接自动化的革命性的进步,它突破了传统的焊接刚性自动化方式,开拓了一种柔性自动化的新方式。

金属材料热处理作为机械制造业的一道重要工序,是保证和提高通过各种加工方法获得的零部件质量和使用寿命,充分挖掘金属材料潜力的有效手段。热处理设备是实现热处理工艺的基础和保证,直接关系热处理技术水平的高低和工件质量的好坏。

为适应金属材料热加工技术及国民经济建设发展的需要,满足金属热加工专业教材在内容上对一些相关专业技术的发展要求,保证教学的需要,以及适应行业新技术、新工艺发展的推广和普及,根据作者多年从事专业教学和科研工作的经验,编写了本书。写作过程中参考了大量的金属热加工专业教材,并参阅了许多金属热加工技术文献,在此一并表示谢意,

本书可作为金属材料工程专业、材料专业及控制工程专业的教材,主要介绍了铸造、锻压、焊接及金属材料热加工技术设备的基本原理、特点、使用方法、使用的环境要求。

本书由杨文杰、李洪波、朱永长、李海涛主编。李慕勤教授审阅了全书。

由于编者的专业知识有限,难免出现差错和不足,敬请读者批评指正。

编者

2014年5月

目 录

绪 论	1
第1篇 铸造方法及设备	
第1章 造型机及制芯机的工艺基础	5
1.1 砂型紧实度的要求及测量	5
1.2 压实过程	6
1.3 压实所得紧实度的分析	9
1.4 压实实砂紧实度均匀化的方法	12
第2章 造型及制芯设备	15
2.1 震击与震压造型机	15
2.2 多触头高压造型机	18
2.3 射芯机	22
2.4 射压造型机	26
2.5 气流造型机	31
第3章 造型及制芯生产线	36
3.1 造型及制芯生产线的运输设备	36
3.2 造型及制芯生产线的辅机	44
3.3 造型和制芯工段的布置及生产线	48
第4章 熔化工部机械化设备	51
4.1 备料机械	51
4.2 冲天炉配料及加料的机械化	52
4.3 浇铸的机械化和自动化	54
4.4 浇铸自动化的相关问题	56
第5章 砂处理机械化	61
5.1 新砂的处理和制备	61
5.2 旧砂处理设备	63
5.3 型砂处理	69
5.4 砂处理系统的运输设备和辅助装置	72
第6章 落砂与清理机械	80
6.1 落砂机	80
6.2 清理机械	82
6.3 清理的机械化	90

第2篇 锻压工艺及设备

第7章 金属的塑性成型	93
7.1 单晶体的塑性变形	93
7.2 多晶体的塑性变形	95
7.3 塑性变形对金属组织和性能的影响	96
第8章 压力加工及其工艺	100
8.1 压力加工概述	100
8.2 压力加工理论基础	101
第9章 自由锻造	107
9.1 自由锻造设备	107
9.2 自由锻基本工序	108
9.3 自由锻工艺规程及锻件结构	116
第10章 模型锻造	122
10.1 锻模的各类模膛	122
10.2 模型锻造分类及工艺设备	123
第11章 塑性加工新技术及发展	136
11.1 现代塑性加工技术	136
11.2 现代塑性加工技术的发展趋势	147

第3篇 焊接方法及设备

第12章 焊接电弧基础	149
12.1 焊接电弧的物理本质	149
12.2 焊接电弧各区域的导电机构	152
12.3 焊接电弧的静特性	154
12.4 焊接电弧的产热及温度分布	155
12.5 焊接电弧力及影响因素	157
12.6 焊接电弧的稳定性及其影响因素	160
12.7 焊丝的加热、熔化与熔滴过渡	162
12.8 母材熔化与焊缝成形	172
第13章 电弧焊的自动控制技术	180
13.1 熔化极电弧焊的自动调节系统	180
13.2 等速送丝调节系统	182
13.3 电弧电压反馈调节系统	186
第14章 埋弧焊	191
14.1 埋弧焊的原理和特点	191
14.2 埋弧焊用焊接材料	193

14.3	埋弧焊的冶金特点	194
14.4	埋弧焊的自动焊设备	196
14.5	高效埋弧焊	198
第15章	钨极氩弧焊	201
15.1	钨极氩弧焊原理、特点与应用	201
15.2	钨极氩弧焊的电极材料与保护气体	202
15.3	钨极氩弧焊设备组成	205
15.4	钨极氩弧焊的引弧与稳弧方式	206
15.5	钨极氩弧焊电流的种类和极性	208
15.6	钨极脉冲氩弧焊	210
15.7	高效钨极氩弧焊技术	211
第16章	熔化极氩弧焊	214
16.1	熔化极氩弧焊原理、特点与应用	214
16.2	熔化极氩弧焊熔滴过渡	215
16.3	熔化极氩弧焊的自动调节系统	216
16.4	熔化极氩弧焊设备	218
16.5	熔化极脉冲氩弧焊	219
16.6	混合气体的选择和使用	220
16.7	高效熔化极气体保护焊	222
第17章	CO₂ 气体保护电弧焊	226
17.1	CO ₂ 气体保护电弧焊的原理、特点与应用	226
17.2	CO ₂ 气体保护电弧焊的冶金特性	227
17.3	CO ₂ 气体保护电弧焊焊接材料	230
17.4	CO ₂ 气体保护电弧焊工艺	230
17.5	CO ₂ 气体保护电弧焊设备	233
17.6	CO ₂ 气体保护电弧焊的其他方法	235
第18章	等离子弧焊接与切割	238
18.1	等离子弧的产生及其特性	238
18.2	等离子弧焊接设备	241
18.3	等离子弧焊接	243
18.4	等离子弧切割原理及特点	245
第19章	电阻焊	248
19.1	电阻焊的实质、分类及特点	248
19.2	电阻焊的基本原理	249
19.3	点 焊	253
19.4	凸 焊	257
19.5	缝 焊	259
19.6	对 焊	261

第4篇 热处理设备

第20章 热处理设备概述	267
20.1 热处理设备分类	267
20.2 热处理炉的分类、特性和编号	269
20.3 加热装置的类别和特性	271
20.4 气相沉积装置的类别和特性	273
20.5 热处理设备的技术经济指标	273
第21章 热处理设备常用材料及基础构件	275
21.1 耐火材料	275
21.2 保温材料	277
21.3 炉用金属材料	278
21.4 电热材料	279
21.5 常用设备和仪表	282
第22章 热处理电阻炉	283
22.1 周期作业式电阻炉	283
22.2 连续作业式电阻炉	293
第23章 热处理浴炉及流态粒子炉	294
23.1 浴 炉	294
23.2 流态粒子炉	302
第24章 真空与等离子热处理炉	307
24.1 真空热处理炉	307
24.2 等离子热处理炉	312
第25章 可控气氛热处理炉	315
25.1 可控气氛的类型和制备	315
25.2 气氛控制方法	321
25.3 可控气氛热处理炉的类型和特点	323
25.4 可控气氛热处理炉	324
第26章 感应加热装置及其他表面加热装置	339
26.1 感应加热装置	339
26.2 其他表面加热装置	341
第27章 热处理冷却设备	343
27.1 淬火冷却设备	343
27.2 冷处理设备	351
第28章 热处理辅助设备	353
参考文献	360

绪论

金属材料热加工方法包括铸造、锻压、焊接及热处理等,由于金属材料的使用方式方法、使用目的和使用环境不同,需采取不同的材料加工和处理方法。这些金属材料热加工方法和手段,被广泛地应用于机械制造、石油化工、桥梁、建筑、动力工程、机动车辆、船舶、航天、航空等各个工业部门,与金属切削加工等其他金属加工方法一起成为现代企业产品生产中不可缺少的加工工艺手段。随着科学技术的发展和进步,特别是电力电子技术及微电子技术的发展为热加工方法的发展提供了良好的支撑,其各类金属材料热加工方法和手段得到不断地改进和提高,而且,随着国民经济的发展,其应用领域还将不断地被拓宽。

1. 铸造技术的发展及分类

铸造生产行业,通过近几十年的发展,已从传统手工业逐步转向现代化生产模式,铸造设备的机械化与自动化也成为现代化铸造生产的明显标志。通过实现铸造生产的自动化和机械化,不但保证了铸件的质量,提高劳动生产率,降低铸件成本,而且大大改善了铸造工人的劳动强度和工作环境。铸造机械化生产也成为现代产品成型技术的分支之一。随着近几年来产品需求环境的改变,铸造工作者正在为提高产品质量,适应现代化建设,为航天、汽车、制造等行业提供合格的产品而努力。

现代铸件的质量,必须依靠机械化与自动化的保证,才能更好地保证产品的精度,减少加工量;通过机械造型,紧实度高而均匀,起模平稳,使所得砂型精度高,从而获得较高的铸件成品率,减少制造成本,提高经济效益。机械浇注,易于控制浇注温度与浇注速度,有利于减少铸件的缺陷,提高铸件的质量。特别是对于现代生产应用,对于重型机械要求的铸件质量大,重的达数吨,而有些铸件,又要求质量小,精度高,壁厚薄,这就要求必须采用适当的熔炼设备或高紧实度造型机造型,而且要求对铸造过程中的工序进行严密的检测与控制。同时,生产过程中,通过现代化的运输设备的合理配合,大量的铸造主机与辅机的配合使用,使得劳动生产率得到大大提高。特别是现代化生产中自动控制的应用,操作者主要用按钮控制工序的进行,采用通风除尘设备保证车间内空气清新,劳动强度大为降低,劳动条件显著改善。现代技术的发展,使铸造车间的机械化自动化水平不断提高。现在,工业机器人正在步入铸造车间,扩大在铸造车间中的应用范围。计算机技术,如计算机辅助加工、计算机辅助设计与计算机辅助制造(CAD/CAM)等在铸造车间中应用日渐增多,把各个工序有机地联系在一起,形成计算机集成生产(CIM)系统。日新月异的技术正在改变铸造车间的面貌。我国的铸造行业近年来得到了很大的发展,建立了许多新的机械化铸造车间,其中以长春第一汽车制造厂的铸造车间较具代表性。特别是近十年来,新的铸造机械化设备的研制成功,新的造型生产线引进和投产,使得国内的铸造生产车间面貌焕然一新。但是,总体来说,我国铸造行业的机械化水平仍然是比较落后的,人才需求量很大,传统生产的面貌还没有得到根本的改善,这正是每位从事铸造行业工作者所面临的挑战。

为了推动国内铸造行业的快速发展,尽早与世界铸造技术的发展程度相接轨,提高国际市场竞争能力,我国铸造行业仍然面临着时代的挑战。随着我国社会主义建设事业的前进,我国铸造车间必将用先进的铸造机械装备起来,逐步走向现代化。

2. 锻压技术的发展及分类

锻压是金属加工及成形的一种重要生产手段,不但可赋予产品一定的结构形状,而且能直接起到改善和提高产品组织性能的作用。随着科学的发展和工业化程度的提高,锻压技术也得到不断的进步,不但在常规金属材料加工中扮演着重要角色,而且在各种高合金钢、稀有金属合金、粉末冶金等特种材料与产品的生产中发挥着重要的作用。

20 世纪 40 ~ 50 年代,锻压使用蒸气锤、电动空气锤、蒸气增压式液压机为主要设备。现代锻压设备及其控制系统,正发生着从以机器为特征的传统技术向以信息为特征的现代技术迈进的变化,即用信息技术来改造和提升传统设备及控制系统。

由于工业产品向几何形状复杂和加工质量高精的方向发展,锻压设备的结构及控制系统也越来越复杂。液压传动已被广泛用于机械设备和精密的自动控制系统,而仿真技术作为液压系统或元件设计的必要手段,随着相关学科的发展,特别是计算机技术的突飞猛进,液压仿真技术日趋成熟。锻压设备中,机械、液压、控制三者直接影响着设备的性能。采用计算机数字控制技术(CNC),可使压机具有存储、调用、输出数据并根据这些信息进行调整的功能,在提高压机精确制造复杂、多台面零件能力的同时,可对生产的每一行程及压机和冲头的运动进行在线控制,使其精度和柔性大为增强,生产效率和工件质量显著提高。锻压技术的进步与社会经济的发展密切相关,随着航空、机械、汽车等工业的持续发展,高科技含量的锻压技术将主导锻压装备,以自动化、数控化、柔性化为发展方向,用信息技术改造传统产业,将推动锻压技术及装备的发展。

3. 焊接技术的发展及分类

焊接作为一种实现材料永久性连接的方法,也被广泛地应用在金属材料热加工中。从 1801 年迪威发现电弧放电现象开始,到 1885 年俄国人发明的碳弧焊的出现,这是电弧作为焊接热源应用的开始,也是近代焊接技术的起点。19 世纪中叶人们提出了利用电弧熔化金属并进行材料连接的思想,许多年后真正出现了达到实用程度的电弧焊接方法。最初可以称为电弧焊接的是以碳电极作为阳极产生电弧的焊接方法,被用在铁管及容器的制造和蒸汽机车的修理中。1892 年发明了金属极电弧,随之出现了金属极电弧焊;在 1907 年瑞典人发明了焊条,将其用作金属极电弧焊中的电极,于是出现了薄皮焊条电弧焊和厚皮焊条电弧焊,并于 1912 年开发出保护性能良好的厚涂层焊条,确立了焊条电弧焊技术的基础。从“利用电弧进行金属的熔化焊接”这一新思想产生开始,经历了 50 多年的岁月,焊接技术的基础才得以确立。

焊条焊接法的成功进一步促进了电弧焊接技术的发展。由于焊条焊接采用了有限长度的焊条,所进行的焊接是不连续的,所以不适于连续焊接的要求。为克服此项难点,1935 年人们发明了埋弧焊。埋弧焊方法是向颗粒状焊剂中连续送进钢制焊丝,电弧放电所需电流从导电嘴供给,这种电流供给方式成为现代自动焊的原型。

从 20 世纪 40 年代初开始,惰性气体保护电弧焊开始在生产中大量应用。1930 年后以美国为中心,进行了钨电极与氦气保护的钨电极电弧焊接方法的研究。1940 年该方法首先用于镁及不锈钢薄板的焊接。对于铝合金,由于表面氧化膜的存在,焊接困难。1945 年前后确定了电弧放电的阴极斑点具有去除氧化膜的作用,随后出现了以铝合金为对象

的交流 GTA 焊接法、在氩气保护气氛中采用铝焊丝的直流金属极焊接法,即 GMA 焊接法。与此同时,电阻焊开始大量被使用,这使得焊接技术的应用范围迅速扩大,在许多方面开始取代铆接,成为机械制造业中一种基础加工工艺。

进入 20 世纪 50 年代以后,现代工业和科学技术迅猛发展,焊接方法得到更快的发展,1951 年出现了用熔渣电阻热作为焊接热源的电渣焊;1953 年出现了 CO_2 气体保护焊;1956 年出现了以超声波和电子束作为焊接热源的超声波焊和电子束焊;1957 年出现了以等离子弧作为热源的等离子弧焊接和离子弧切割方法以及摩擦热作为热源的摩擦焊;1965 年和 1970 年又相继出现了以激光束作为热源的脉冲激光焊和连续激光焊。

20 世纪 80 年代以后,人们又开始对更新的焊接热源进行探索,如太阳能、微波等。历史上每一种新热源的出现,都伴随着新的焊接方法的问世,焊接技术发展到今天,几乎运用了一切可以利用的热源,包括火焰、电弧、电阻热、超声波、摩擦热、电子束、激光、微波等。而人们对焊接热源的研究与开发仍未停止过。可以预料,在 21 世纪,随着现代工业的发展和科学技术的进步,焊接方法将有更新的发展。

焊接作为材料连接技术,是通过某种物理化学过程使分离的材料产生原子或分子间的作用力而连接在一起。近年来,随着焊接技术应用领域的迅猛发展,特别是新技术、新方法、新材料的不断涌现,焊接被赋予更具广泛意义的技术范畴。通常要使两个物体(相同物体或不同物体)产生原子间结合有一定的难度。为了达到这个目的,实际中可以采用在两物体的界面上加压和加热熔化的办法。

焊接方法发展到今天,其数量已有几十种之多。按照焊接过程中母材是否熔化以及对母材是否施加压力进行分类,可以把焊接方法分为熔焊、压焊和钎焊三大类,在每一大类方法中又分成若干小类。

(1) 熔焊

熔焊是在不施加压力的情况下,将待焊处的母材加热熔化形成焊缝的焊接方法。焊接时母材熔化而不施加压力是其基本特征。根据焊接热源的不同,熔焊方法又可分为:以电弧作为主要热源的电弧焊;以化学热作为热源的气焊;以熔渣电阻热作为热源的电渣焊;以高能束作为热源的电子束焊和激光焊等。

(2) 压焊

压焊是焊接过程中必须对焊件施加压力(加热或不加热)才能完成焊接的方法。焊接时施加压力是其基本特征。共有两种形式:一种是将被焊材料与电极接触的部分加热至塑性状态或局部熔化状态,然后施加一定的压力,使其形成牢固的焊接接头,如电阻焊、摩擦焊、气压焊、扩散焊、锻焊等。第二种是不加热,仅在被焊材料的接触面上施加足够大的压力,使接触面产生塑性变形而形成牢固的焊接接头,如冷压焊、爆炸焊、超声波焊等。

(3) 钎焊

钎焊是焊接时采用比母材熔点低的钎料,将焊件和钎料加热到高于钎料熔点,但低于母材熔点的温度,利用液态钎料润湿母材,填充接头间隙,并与母材相互扩散而实现连接的方法。其特征是焊接时母材不发生熔化,仅钎料发生熔化。钎焊方法可分为硬钎焊和软钎焊,其中使用的钎料熔点高于 $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为硬钎焊,使用的钎料熔点低于 $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为软钎焊。另外,根据钎焊的热源和保护条件的不同也可分为:火焰钎焊、感应钎焊、炉中钎焊、盐浴钎焊等若干种。

电弧焊和电阻焊是焊接方法的两种基本形式,到目前为止,在各类焊接方法的应用量

中居主要地位。该方法就是对能够产生连接的两个部件的一部分进行熔化,熔化金属混合、凝固后就形成了两部件的冶金结合。

随着各种焊接方法的不断出现,各种焊接方法的机械化、自动化水平也在不断提高。电子技术、计算机技术、传感技术、自适应控制技术以及信息和软件技术在焊接领域的应用,使焊接生产自动化程度日新月异,目前正在向焊接过程智能化控制的方向发展。特别是工业焊接机器人的引入,是焊接自动化的革命性的进步,它突破了传统的焊接刚性自动化方式,开拓了一种柔性自动化的新方式。

4. 金属材料热处理技术的发展及分类

热处理是机械制造业的一道重要工序,是保证和提高机械零件质量和使用寿命,充分挖掘金属材料潜力的有效手段。热处理设备是实现热处理工艺的基础和保证,直接关系到热处理技术水平的高低和工件质量的好坏。先进设备就是高新技术的载体,是优质、高效、节能、低成本和清洁生产的基本条件。

热处理炉和加热装置是热处理的主要设备,除主要设备外,还有清洗清理设备和炉气氛、加热介质、渗剂制备设备等热处理辅助设备。

热处理炉的种类很多,不同工业部门由于生产需要所使用的炉型不同。根据不同需要,热处理炉分类方法也有多种,常用分类方法如下。

- (1)按热能来源分:电阻炉和燃料炉。
- (2)按作业规程分:周期作业炉和连续作业炉。
- (3)按工作温度分:低温炉($\leq 650\text{ }^{\circ}\text{C}$)、中温炉($650 \sim 1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$)和高温炉($> 1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$)。
- (4)按炉膛介质分:自然介质炉、浴炉、可控气氛炉和真空炉。
- (5)按生产用途分:退火炉、淬火炉、回火炉、正火炉、渗碳炉和氮化炉。
- (6)按电源频率分:工频炉、中频炉和高频炉。

我国热处理设备的生产已有 60 年历史,现已具备一定的规模和能力。但与工业发达国家相比仍有相当大的差距,致使我国热处理技术仍相对落后。我国工业使用的热处理炉最初是仿苏联的 20 世纪 50 年代的空气加热电阻炉,并以箱式炉和井式炉为主。20 世纪 70 年代对主要炉种进行了整顿,品种规格有所增加,性能有所改进,系列化程度有所提高。20 世纪 80 年代又进行了一次产品更新换代,发展了第二代节能系列产品,能生产多用炉、真空炉、离子渗氮炉和流态粒子炉等新型炉种。自改革开放以来,通过引进国外先进的热处理设备和中外合资合作生产,使我国热处理设备的设计制造水平和生产能力有了很大的提高。工业发达国家在 20 世纪 60 年代就已基本淘汰了空气加热炉,普及了少氧化无氧化热处理,而我国迄今空气加热炉仍占热处理炉总数的 70% 以上,90% 以上是周期作业,可控气氛炉和真空炉的比例只有 5% 左右。总之,目前我国热处理炉存在的问题是:效率低、能耗大;炉温均匀性差,工件氧化脱碳严重;自动化程度低,人为因素影响大,产品质量不稳定;配套仪表、元器件质量差;污染严重,工作环境差。我国正在努力更新并研制新型高效热处理设备,以满足我国热处理工业的发展需要。

随着对金属材料热处理质量的要求不断提高,热处理炉炉型发展趋势是由间断式炉(车底炉、罩式炉和井式炉等)向连续式炉发展;由空气炉向可控气氛炉发展;并向着节能、环保及自动化方向发展。

第1篇 铸造方法及设备

现代铸件的质量,必须依靠机械化与自动化的保证,才能更好地保证产品的精度,减少加工量,从而获得较高的铸件成品率,减少制造成本,提高效益。现代技术的发展,使铸造车间的机械化自动化水平不断提高。现在,工业机器人正在步入铸造车间,扩大在铸造车间中的应用范围。本篇主要介绍造型、制芯设备的类型,基本结构及工作原理;新、旧砂处理设备的基本结构、工作原理及工艺特点。

第1章 造型机及制芯机的工艺基础

造型及制芯是铸造生产的核心环节,其机械化程度,决定着铸造劳动生产率的提高,铸件质量的高低以及工人劳动条件的改善,同时还对运输机械、浇注设备、落砂机械等的选用起着重要作用,在一定程度上决定着铸造车间生产机械化水平。所以,在实现铸造车间机械化的同时,必须认真着眼于造型及制芯设备的机械化。

铸造车间所用的机械很多,分别采用了不同的工作原理和工艺基础。目前,黏土砂造型依然是铸造车间大中型铸件造型方法的主流。因此,本章主要介绍黏土砂造型用的造型机和制芯机的相关工艺基础。

1.1 砂型紧实度的要求及测量

造型机和制芯机实质上是相同的,它们的作用主要是填砂、实砂和起模,其中,实砂是关键的一环。

1. 紧实度

实砂就是使型砂紧实,赋予一定的强度和刚度。型砂被紧实的程度通常用单位体积内型砂的质量表示,称为紧实度,即

$$\delta = \frac{m}{V}$$

式中 δ ——砂型的紧实度, g/cm^3 ;

m ——型砂的质量, g ;

V ——型砂的体积, cm^3 。

砂型紧实度和物理学中的密度单位相同但概念不同,型砂体积 V 中包括了砂粒间的空隙。

通常来讲,砂型的平均紧实度比较容易确定,但砂型内各部分的紧实度往往不相同,因而知道砂型内不同点的紧实度变得十分必要。

2. 紧实度的测量

紧实度的测量方法:用一钢管或特制的钻头把被测部分的型砂取出来,称出其质量并计算其体积。这一方法相当麻烦且不易准确,主要用于试验研究工作。下面是几个常见的型砂紧实度的数值:十分松散的型砂紧实度为 $0.6 \sim 1.0 \text{ g/cm}^3$;从砂斗填到砂箱的松散砂紧实度为 $1.2 \sim 1.3 \text{ g/cm}^3$;一般紧实的型砂紧实度为 $1.55 \sim 1.7 \text{ g/cm}^3$;高压紧实后的型砂紧实度为 $1.6 \sim 1.8 \text{ g/cm}^3$;非常紧实的型砂紧实度为 $1.8 \sim 1.9 \text{ g/cm}^3$ 。

在实际生产中,测量砂型的紧实时,常采用砂型表面硬度计(见图 1.1)。一般砂型的表面硬度为 $60 \sim 80 \text{ g/mm}^2$;高压造型可达 90 g/mm^2 以上。砂型硬度计分 A、B、C 三种型式,其中 A、B 型的压头为球形,用于测量一般砂型;C 型硬度计的压头呈锥形,用于测量硬度高的砂型。目前,我国普遍使用的砂型硬度计全部是机械式的,一直存在着准确度低、示值及重复性严重超差等致命弱点,无法满足铸造工艺的技术要求。近年来,出现了数显砂型硬度计(见图 1.2),克服了老式仪器的诸多不足,准确度能达到 1% ,重复性好,且数字显示无视差及操作误差,提高了测量精度,为保证铸造件的产品质量提供了准确的数据。

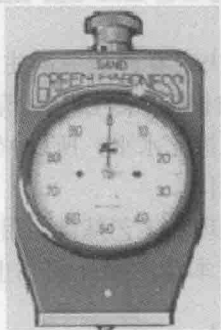


图 1.1 砂型表面硬度计

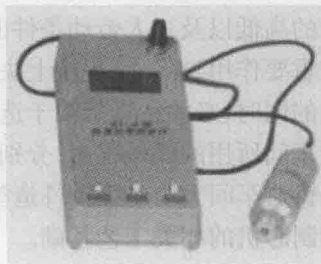


图 1.2 数显砂型硬度计

3. 对砂型紧实的工艺要求

从铸造工艺上说,对紧实后的砂型有以下几点要求:

(1) 砂型紧实后要具有足够的紧实度,使砂型能经受住搬运或翻转过程中的震动而不损毁;同时还要考虑到铸件浇注和凝固过程中产生的压力和应力,由于砂型的紧实度不足,可能产生型壁的移动,造成铸件尺寸偏差。

(2) 紧实后的砂型应是起模容易,回弹力小,起模后能保持铸型精度。

(3) 砂型应具备必要的透气性,避免浇注时产生气孔等缺陷。

所以,对各种实砂方法的评价,主要应视其所得砂型能否达到以上要求,也要注意各个因素之间的相互制约关系,进而保证砂型表面的每一点都有足够的紧实度。

1.2 压实过程

压实实砂就是直接加压使型砂紧实(见图 1.3)。压实时,压板压入辅助框中,砂柱高

度降低,型砂紧实。因紧实前后型砂的质量不变,可得

$$H_0\delta_0=H\delta \quad (1.1)$$

式中 H_0 、 H ——砂柱初始高度及紧实后高度;

δ_0 、 δ ——型砂紧实前及紧实后的紧实度。

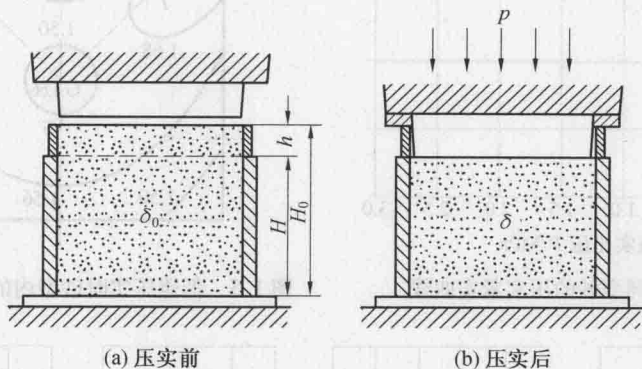


图 1.3 压实实砂

若砂箱的高度为 H , 辅助框的高度为 h , 则 $H_0=H+h$, 由式(1.1)可得

$$h=H\left(\frac{\delta}{\delta_0}-1\right) \quad (1.2)$$

压实时, 砂型的平均紧实度与所加压力有关, 压力越大, 则平均紧实度也就越高。压力常用单位面积上的压力表示, 称为压实比压。图 1.4 是 3 条性能不同型砂的压实紧实曲线。由图可见, 不论哪一种型砂, 在压实开始时 p 都增加很小, 就引起 δ 很大的变化; 但当压实比压逐渐增高时, δ 的增大减慢; 在高比压阶段, 虽然压力增大很多, 然而 δ 的增加很微小。

型砂的平均紧实度与压实比压之间这样一个变化关系是型砂紧实的特性, 因此大致可分为 3 个阶段。第 1 阶段, 砂粒之间大的孔隙在外力的作用下被挤压消失, 相对砂柱高度下降的较为明显, 所以紧实度增加的也较大; 第 2 阶段, 由于第 1 阶段砂粒已经相互接触, 再增大压实比压, 砂粒通过移位或旋转一定角度, 使排列方式发生进一步变化而紧密分布, 但紧实度的增加相对减缓; 第 3 阶段, 影响型砂紧实度的主要因素就是砂粒之间的摩擦力, 此时如果想要进一步提高紧实度, 只能使压实比压按几何级数增大。

压实时, 砂箱内砂粒移动及紧实度的变化又与压板压入的相对速度有关。

1. 慢速压实

加压速度很低 ($<0.01 \text{ m/s}$) 时, 砂箱壁上的摩擦阻力对砂粒移动的作用较大。压实开始时, 箱壁上的摩擦阻力使压板边角处应力升高, 在压板下沿着砂箱壁形成一个高应力环形区 (见图 1.5)。这时, 型砂的内摩擦力与压板的向下推力 W 结合, 形成一个向下向中心的作用力 T 。随着压实过程的进展, 高紧实区在砂型的中心 G 点交汇, 成为一个倒拱形高紧实度区, 这样压实所得砂型内的紧实度大致如图 1.6(a) 所示。在砂型中心的高度上, 紧实度的差别不大, 在大约相当于砂型宽度 $2/3$ 的深度上, 出现极大值 (曲线 1), 亦即相当于图 1.5 中 G 点处出现极大值。在砂型的边角处, 紧实度上高下低, 特别是下边模板的边角处, 紧实度很低。

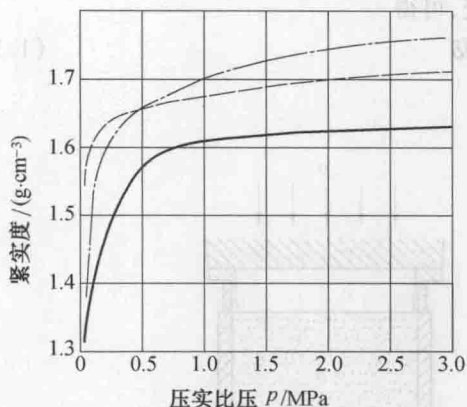


图 1.4 不同型砂的压实紧实曲线

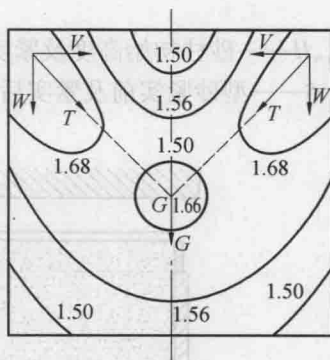


图 1.5 低速压实时砂型内的模型高紧实度区

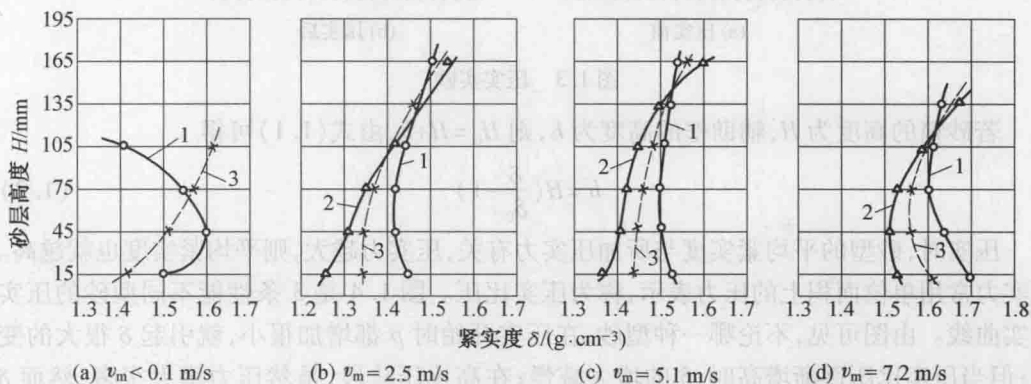


图 1.6 压实速度对紧实度的影响

1—砂型中心紧实度分布;2—砂型角上紧实度分布;3—砂型边上中间紧实度分布

试验条件:(a)压实比压 1 000 kPa;填砂高度 250 mm;(b)、(c)、(d)型砂紧实率 45%,

黏土含量 5%,填砂高度 270 mm; v_m 为名义压实速度

2. 高速压实

当压板压向砂型的速度很高时(>7 m/s),压板的作用力主要是向下的,横向的作用力相对很弱,这时的压实过程大致可分为 3 个阶段。

(1) 型砂初步紧实并向下加速运动阶段

压板高速拍击型砂,使砂型顶部的砂层一方面被初步紧实,另一方面被推动向下运动(见图 1.7(a))。砂层的紧实度因压板的速度、填砂的紧实度、型砂的紧实度等因素的大小而定。上面一层型砂得到加速后,立即推动它下面的砂层,同样使其初步紧实及向下运动,这样层层由上而下形成一种紧实波。这种紧实波向下发展速度很快,可以达到压板速度的好几倍。图 1.7(b)是紧实波到达模板前的情况。

(2) 砂层的冲击紧实阶段

当砂层紧实波到达模板表面时,高速运动的砂层产生很高的冲击力,使型砂进一步紧实,达到很高紧实度(见图 1.7(c))。模板上的砂层紧实后,它上面的砂层受到更上层砂层的冲击,也得到冲击紧实。如此,冲击由下层层向上,砂层也层层得到紧实(见图 1.7(d))。