

薄壁缸套生产技术

BOBI GANGTAO SHENGCHAN JISHU

张云电 著



国防工业出版社

薄壁缸套生产技术

张云电 著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

薄壁缸套生产技术/张云电著. —北京: 国防工业出版社, 2000. 11

ISBN 7-118-02289-6

I. 薄… II. 张… III. 气缸套-生产-技术
IV. TH138.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 17253 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/32 印张 10 1/8 220 千字

2000 年 11 月第 1 版 2000 年 11 月北京第 1 次印刷

印数: 1 - 3000 册 定价: 15.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

前 言

人类已经进入 21 世纪,在世纪之交的时刻,回顾内燃机气缸套生产的历史过程,总结薄壁缸套生产技术,展望未来内燃机气缸套的发展及其生产技术,有着特殊的意义,这是因为自从 19 世纪 60 年代第 1 台实用的内燃机诞生以来,它在世界各国汽车、拖拉机、摩托车、机车、船舶、飞机、发电设备等产品中获得了极为广泛的应用。

21 世纪是节约能源、保护环境的新时代。由于汽车、拖拉机、摩托车等交通运输工具的迅速发展,一方面促进了人类社会的繁荣和进步,另一方面耗费了巨大的能源,给环境带来了严重的污染,甚至带来了灾难。薄壁缸套作为内燃机气缸套的节能产品和绿色产品,已日益被人类接受,并极力推广。

21 世纪的中国是社会主义市场经济的中国,中国与世界经济的联系更为密切,更为广泛。中国不仅是一个巨大的汽车、拖拉机、摩托车用户市场,而且中国已有许多工厂开发薄壁缸套,21 世纪的中国将是一个生产薄壁缸套的大国。中国将为世界内燃机的发展作出贡献。

薄壁缸套加工质量要求高,刚度极低,生产技术难度大,因而引起了国内外众多研究人员和工厂技术人员的重视。多年来,许多工厂不惜投入巨资,进行研究开发,取得了许多成功的经验,也不乏有失败的教训。

著者从 20 世纪 80 年代末期开始研究薄壁缸套生产技

术。1988年,研制成功卧式超声珩磨装置。1989年,超声珩磨装置通过部级鉴定。1992年,研制成功了立式超声珩磨装置,由于采用了中心有圆柱孔的夹芯式压电换能器和变幅杆,使得珩磨油石在机床不停机的条件下可以沿径向胀开,从而使得立式超声珩磨装置具备了在工业化批量生产中应用的条件。其后,利用立式超声珩磨装置在立式超声珩磨机上对钢质薄壁缸套基体和镀铬层进行了工业化珩磨试验。1995年以来,对钢质薄壁缸套进行了模态分析,研究开发薄壁缸套新型加工方法和多种夹具以及检测技术。1997年,开始研究超声推挤技术。从1998年以来,研究薄壁缸套内壁微坑加工方法,开始微坑加工设备。

薄壁缸套生产技术涉及机械学、电子学、声学、光学、电镀工艺学等多个学科,因而可把薄壁缸套生产技术视为交叉学科。

本书汇集了国内外最新的薄壁缸套生产技术及试验结果,提供了相当数量在生产中应用的实例。著者在书中提出了研究开发蜂窝状点坑节能气缸套的思想,这对进一步提高耐磨性、节油和保护环境是颇有意义的。

著者认为,在薄壁缸套产品设计、开发和生产过程中,应特别重视技术创新。这里面包含两层含意:一是产品设计创新,例如设计蜂窝状点坑节能气缸套,薄壁缸套内壁形成蜂窝状微坑后,成为高耐磨性环保节能型产品;二是生产工艺的创新,如何高效率地加工出高精度的薄壁缸套已成为薄壁缸套生产中的重大问题,例如内孔镗孔中如何保证尺寸精度、圆度、圆柱度和加工效率一直是人们关注的重大技术难题之一。

本书如果能对设计、研究、开发、生产和使用薄壁缸套的

读者有所帮助,将是著者最大的欣慰。限于著者学术水平及实践经验,书中难免有不当之处,恳请读者不吝指正为盼。

著者向本书中所引用的著作及论文的所有作者,表示衷心的感谢。

张云电

杭州电子工业学院

内 容 简 介

薄壁缸套生产技术涉及机械学、电学、声学、光学、电镀学等五个学科,因而属于交叉学科。

本书系统地介绍了薄壁缸套的类型、结构及磨损形式,毛坯的成型方法,内孔和外圆的粗加工、半精加工、精加工和光整加工方法,重点讨论了四个问题:①薄壁缸套的模态分析;②平顶珩磨、超声珩磨和激光珩磨等先进光整加工方法;③超声推挤;④薄壁缸套工作表面的储油结构及生成方法。

本书以著者的研究成果为基础,参考了国内外权威著作及论文,以新颖的方法系统编写。全书观点明确,文笔流畅,深入浅出,通俗易懂。

全书共分 11 章。书中不仅汇集了国内外最新的薄壁缸套生产技术及试验成果,而且提供了相当数量的在生产中应用的实例。

本书可作为高等工科院校机械制造和汽车、拖拉机、摩托车、船舶设计专业的教材,也可供从事薄壁缸套生产技术的科研、生产人员及机械、内燃机行业的高、中级技术人员参考。

目 录

·第 1 章 绪论	1
§ 1-1 气缸套在内燃机中的作用	1
§ 1-2 薄壁缸套的分类	5
§ 1-3 气缸套的工况及磨损、损坏形式	11
§ 1-4 薄壁缸套生产技术的发展概况及前景	22
第 2 章 薄壁缸套的模态分析	24
§ 2-1 薄壁缸套模态分析的意义	24
§ 2-2 模态分析原理	25
§ 2-3 钢质薄壁镀铬气缸套在自由状态下的试验 模态分析	30
§ 2-4 薄壁缸套的有限元分析	34
§ 2-5 薄壁缸套在夹紧状态下的试验模态分析	45
第 3 章 机械加工工艺规程的制定	48
§ 3-1 薄壁缸套的工艺分析	48
§ 3-2 工艺规程的制定	49
§ 3-3 缸套自动生产线	51
第 4 章 毛坯制造方法	56
§ 4-1 缸套离心铸造法	56
§ 4-2 钢质缸套毛坯拉伸法	63
§ 4-3 无缝钢管	77
§ 4-4 翻边	81
§ 4-5 毛坯检验	90

第 5 章 热处理	98
§ 5-1 退火	98
§ 5-2 淬火	99
第 6 章 切削与磨削加工	102
§ 6-1 外圆车削	102
§ 6-2 镗孔	125
§ 6-3 外圆磨削	132
第 7 章 超声推挤	142
§ 7-1 超声推挤原理	143
§ 7-2 声振系统	145
§ 7-3 工艺试验	170
§ 7-4 机理分析	179
第 8 章 薄壁缸套工作表面的储油结构和加工方法	186
§ 8-1 松孔镀铬	186
§ 8-2 复合镀层	192
§ 8-3 平顶珩磨	197
§ 8-4 喷射加工	205
§ 8-5 激光珩磨	214
§ 8-6 用自激振动形成波纹形孔面的方法	225
§ 8-7 滚花	243
§ 8-8 冲击加工微坑	247
§ 8-9 蜂窝状点坑节能气缸套	252
第 9 章 超声珩磨	254
§ 9-1 超声珩磨装置的工作原理	254
§ 9-2 纵向振动立式超声珩磨装置	258

§ 9-3 珩磨负载对超声振动系统谐振频率的影响	265
§ 9-4 钢质薄壁缸套超声珩磨	272
§ 9-5 松孔镀铬层超声珩磨	278
§ 9-6 韧性材料超声珩磨机理	281
§ 9-7 铸铁缸套超声珩磨	284
第 10 章 检验	286
§ 10-1 主动测量	286
§ 10-2 镀铬层质量	290
第 11 章 清洗	297
§ 11-1 产品清洁度	297
§ 11-2 清洗液	299
§ 11-3 气相清洗	302
§ 11-4 超声清洗	304
§ 11-5 电解清洗	308
参考文献	309

第 1 章 绪 论

§ 1-1 气缸套在内燃机中的作用

内燃机是指燃料在气缸内部进行燃烧,放出热能,并直接利用燃气的膨胀压力,推动活塞对外作功的发动机。因此,人们认为内燃机是一种热力发动机,其特点是将燃料在气缸内燃烧产生的热能转变为机械能。内燃机包括汽油机、柴油机、煤气机和燃气轮机等。但通常所说的内燃机,指的是往复式汽油机、柴油机。

外燃机是指燃料在发动机外部的专用设备(如锅炉)内燃烧的机器。外燃机包括蒸汽机、蒸汽轮机等。

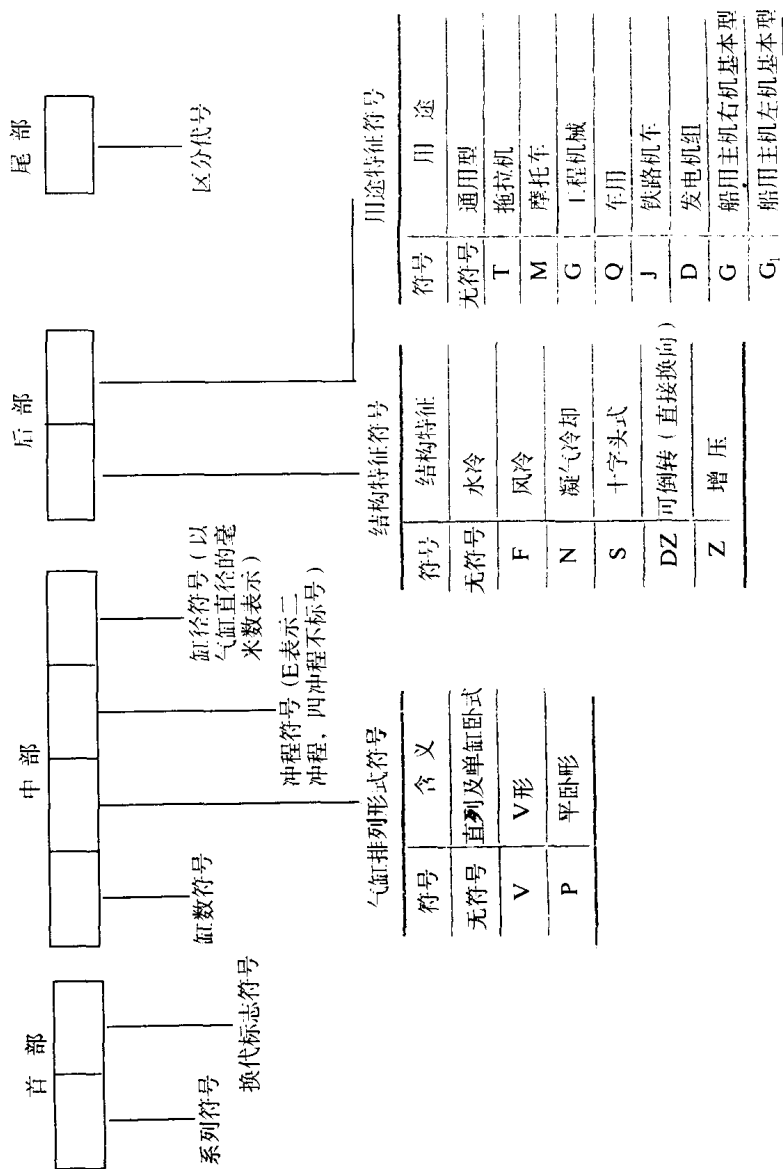
作为动力装置的原动机——内燃机与蒸汽机相比,具有热效率高、体积小、质量轻、启动迅速、机动性好,功率大、转速范围广,配套方便,适应性好,造价低,使用经济性好以及维修方便等优点。因此,内燃机已广泛用于工业、农业、交通运输、国防建设和中、小型发电站。

按照我国《内燃机产品名称和型号编制规则 GB725—82》规定,内燃机型号由阿拉伯数字和汉语拼音字母组成,其排序顺序和所代表的意义见表 1-1。

例如:

1E165F——表示单缸、二冲程汽油机,缸径 $\phi 65\text{mm}$,风冷,通用型。

表 1-1 内燃机牌号意义表



492Q——表示四缸、四冲程汽油机,缸径 $\phi 92\text{mm}$,水冷,车用型。

175F——表示单缸、四冲程柴油机,缸径 $\phi 75\text{mm}$,风冷,通用型。

4115TA₁——表示四缸、四冲程柴油机,缸径 $\phi 115\text{mm}$,水冷,拖拉机用,A₁表示改进序号。

12V135ZG——表示12缸、V型气缸排列、四冲程柴油机,缸径 $\phi 135\text{mm}$,水冷,增压,工程机械用。

内燃机按整机气缸数目的不同,分为单缸机和多缸机。多缸机又分为双缸机、四缸机、六缸机等。

气缸套是镶在内燃机缸体内的筒形零件。气缸套与气缸盖、活塞、活塞环组成了内燃机的“心脏”——燃烧室。在气缸套里通过进气、压缩、燃烧、膨胀等过程,将热能转换为机械能。

气缸套结构包括整体式缸套、干式缸套和湿式缸套,见图1-1。

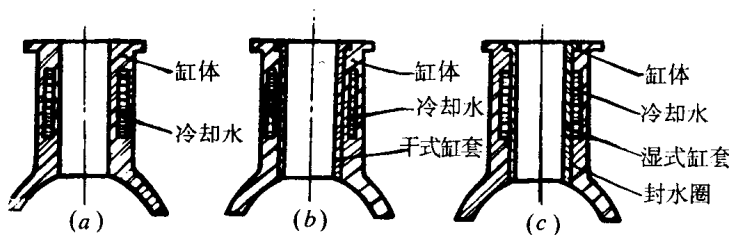


图1-1 气缸套结构型式示意图

(a)整体式缸套;(b)干式缸套;(c)湿式缸套。

早期的内燃机上没有气缸套,而只有与机体铸成一体的气缸(见图1-1(a)),壁厚一般为6~7mm,主要依铸造工艺

和大修(镗、磨孔)次数而定。随着科学技术和生产技术的发展,对气缸的可靠性、耐磨性的要求也逐步提高。起初,人们采取的办法是在铸造机体时添加些合金,如镍、铬、铜、钼等,虽然能够起到一定的作用,却难以满足内燃机技术性能不断提高的要求。另外,加入大量合金元素,不仅使缸体加工困难,同时成本也随之提高。通过长期实践,人们认识到气缸内表面工件条件恶劣(高温、高压、重负荷),应有严格的技术要求和优良的机械性能,而缸体其它部位工作条件较好,不应该提出苛刻的技术要求和机械性能。因此,缸体整体合金化,浪费巨大。

为解决上述矛盾,大约 70 多年前(1922 ~ 1929 年),英国最早设计制造了气缸与缸体分开的柴油机,即从独立的气缸体逐步演变成缸体内镶入用耐磨材料制成的、可更换的圆筒零件——气缸套。从此,人类经历了许多艰苦的努力和大量试验研究,在设计、制造、材质、表面处理和检测等各方面有了许多改进提高,才有了形式多样、性能良好的气缸套。

气缸中镶入缸套的优点可以归纳为以下几点:

- (1)形成了单独的耐蚀、耐磨工作面。
- (2)延长了缸体使用寿命。
- (3)改善了缸体加工工艺。
- (4)节约了贵重的合金元素,降低了成本。
- (5)缸套更换方便,有利于内燃机的维护保养。

目前,除少数负荷轻、缸径较小的汽油机外,大多数柴油机和汽油机,无论是民用还是军用,无论是陆地车辆还是航运船舶,都广泛使用着气缸套。

气缸套在内燃机中的作用可归纳如下。

1. 密封

气缸套与气缸盖、活塞、活塞环构成内燃机的密封工作空间,保证对高温、高压燃气的密封,以完成发动机的压缩、燃烧、膨胀等工作过程,提高内燃机的热效率。

2. 导向

气缸套内表面是活塞、活塞环往复运动的导向表面,亦称支承表面,它对活塞起导向作用。

3. 散热

气缸套通过缸壁向周围冷却介质(空气或水)传递大部分热量,以保证适宜的工作温度。

§ 1-2 薄壁缸套的分类

随着汽车工业向轻体、重载、高速、节油和耐磨的高技术发展,新型换代新产品——薄壁缸套的研制、开发和生产势在必行。

薄壁缸套是指壁厚小于 5mm 的气缸套。由于壁薄,可以减小缸孔中心距,增大气缸直径,增加发动机马力 20% 以上,减轻发动机重量,缩小发动机体积,降低发动机耗油量,节约发动机制造成本和发动机运行费用。因此,薄壁缸套是当代发动机的发展趋势。

薄壁缸套的类型多样,下面根据冷却方式和材质分别进行分类。

一、按冷却方式分

根据冷却方式,薄壁缸套可分为干式缸套、湿式缸套(根据缸套外表面是否与冷却水直接接触分)和风冷缸套。

1. 干式气缸套

外壁不直接与冷却水接触的薄壁缸套为干式气缸套。缸径小于 120mm 的许多内燃机使用干式气缸套。干式气缸套的壁厚较薄,一般为 1~2.5mm。

使用干式气缸套的优点:

- (1) 发动机缸体的刚度高。
- (2) 无冷却水密封问题。
- (3) 缸孔中心距可缩短。

使用干式气缸套的缺点:

- (1) 加工复杂。
- (2) 加工废品率高。
- (3) 成本较高。
- (4) 装拆不便。
- (5) 散热性能较差。

图 1-1(b) 为干式气缸套,图 1-2 为 4JB1 型柴油机干式

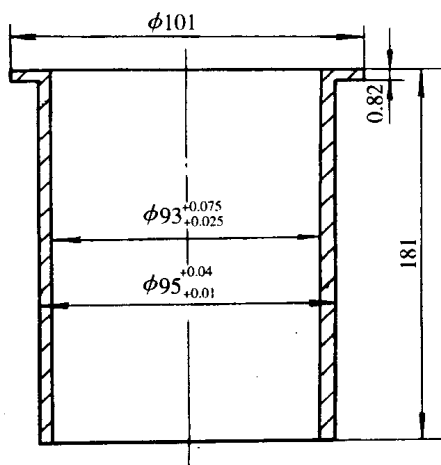


图 1-2 4JB1 型柴油机干式气缸套示意图

