



内燃机曲轴制造技术现状及发展方向

74-3

山东滨州海得曲轴有限责任公司 (256615) 李海国

曲轴是内燃机中的重要零件之一,是承受冲击载荷和传递动力的关键零件,在内燃机五大件(缸体、缸盖、曲轴、连杆、凸轮轴)中是最难以保证加工质量的零件。由于曲轴工况条件恶劣,因此对曲轴的材质、毛坯加工技术、精度、表面粗糙度、热处理和表面强化及动平衡等要求都十分严格。

一、概述

曲轴重量(指轻重)约占内燃机重量的10%,成本约占整机的10%~12%,其材质大体分两类:一类是锻钢,一类是球墨铸铁。由于采用铸造方法可获得较为理想的结构形状,从而减轻重量,且机加工余量随铸造工艺水平的提高而减小,目前国外球墨铸铁铸造曲轴的单边加工余量可达2~3mm。另外球墨铸铁的切削性能良好,并且和钢质曲轴一样可以进行各种热处理和表面强化处理来提高曲轴的疲劳强度、硬度和耐磨性。而且球墨铸铁中的内摩擦所耗功比钢大,从而减小了工作时的扭转振动的振幅和应力,应力集中也没有钢质曲轴敏感。所以球墨铸铁曲轴在国内外得到了广泛的应用。

我国内燃机曲轴专业生产主要企业共63家,近年来随着行业的不断发展,通过引进技术并消化吸收,自行开发和制造的总体水平有了较大的提高。但是我们也应该看到,我国内燃机曲轴生产技术距世界先进水平仍相差很远,还满足不了我国内燃机工业技术发展的要求。随着我国加入WTO,内燃机零部件行业将面临更加激烈的市场竞争,也将迎来新的发展与机遇。我们只有充分了解国内外内燃机曲轴制造技术现状及发展趋势,及时地改进和提高曲轴制造技术水平,才能生产出具有世界一流水平的内燃机曲轴,以实力参与市场竞争。

二、国内外内燃机曲轴制造技术现状

1. 毛坯的铸造技术

球墨铸铁曲轴的生产继QT600—3、QT700—

2之后,现已能稳定地生产QT800—2、QT900—2等几种牌号,目前已能大批量生产QT800—6球墨铸铁曲轴。但从整体水平来看,还存在生产率低,工艺装备落后,毛坯力学性能不稳定,精度低和废品率高等问题。

(1) 熔炼技术 高温、低硫纯净铁液的获得是生产高质量球墨铸铁的关键。经大量分析研究表明,国外球墨铸铁中硫、磷、镁及稀土元素含量明显低于国产件,且金相组织中的石墨圆整均匀。究其原因,主要是国内以冲天炉为主的生产设备,铁液未进行预脱硫处理;其次是高纯生铁少、焦炭质量差。为获得高温、低硫和低磷的铁液,可采用双联外加预脱硫的熔炼方法,即先用冲天炉熔化铁液,经炉外脱硫(把硫降到0.01%以下),然后在感应电炉中升温并调整成分。炉前铁液成分的检测国内已普遍采用真空直读光谱仪来进行。

(2) 造型工艺 气流冲击造型工艺明显优于粘土砂手工造型工艺,可获得高精度的曲轴铸件,该工艺制作的砂型具有无反弹变形量的特点,这对于多拐曲轴尤为重要。在国外,曲轴造型多采用壳型工艺,其中酚醛树脂砂热固化壳型工艺是比较成熟的一种。利用该工艺及其配套设备可制取高强度的铸型壳,从而确保铸件的高精度、较低的表面粗糙度值和致密的金相组织。

(3) 砂处理和清理 型砂质量是确保铸型质量的重要条件,在高效混砂和旧砂冷却方面是我国的薄弱环节。因此国内部分厂家从国外引进了混砂机 and 旧砂冷却装置,铸件的清理使用吊链式抛丸室和铸件水平旋转鼠笼式抛丸机。

国外砂处理系统和单元多为自动化微机管理,型砂中水分和有效粘土及煤粉含量实行自动检测和控制,型砂运输系统多为自动化控制。铸件清理全部在专机自动线上进行,多数劳动由机械手和机器人操作。



2. 毛坯的锻造技术

目前,国内虽已有一批先进的锻造设备,但由于模具制造技术和其他一些设施跟不上,使一部分先进设备未能充分发挥应有的作用。但从总体上来讲,需改造和更新的陈旧普通锻造设备多,落后的工艺和设备占主导地位,先进的技术有所应用但还不普遍,检测手段以手工测量为主,锻件质量不稳定,加工余量偏大,材料利用率偏低,能耗及噪声高,振动和烟尘治理差,劳动强度大,生产率低。

3. 热处理和表面强化处理技术

曲轴的热处理关键技术是表面强化处理。曲轴一般均采用正火处理,为表面处理做好组织准备。国内在正火工艺方面也进行了大量的探索和创新。例如国内有的厂家试验成功了用铸造余热进行正火热处理的工艺,具有明显的节能降耗效果,值得推广应用。

表面强化处理一般采用感应淬火或渗氮工艺,少数厂家还引进了圆角淬火技术和设备。“八五”期间我国引进了德国、美国、意大利等国家的曲轴淬火和气体渗氮设备多套,近年来还引进了德国的曲轴液体氮碳共渗和气体两段式渗氮技术以及离子渗氮工艺,使我国的曲轴表面强化处理水平达到或接近国际先进水平。

据国外资料介绍,球墨铸铁曲轴采用圆角滚压工艺与离子渗氮结合使用进行复合强化,可使曲轴的抗疲劳强度提高130%以上。东风汽车公司工艺研究所研制的“曲轴圆角滚压强化与液压校直技术的研究开发及应用”解决了国内企业花巨资引进国外技术的问题,该课题获得了原国家机械工业局科技进步二等奖。

三、中国内燃机曲轴制造技术发展趋势

1. 铸造技术

(1) 熔炼设备及工艺 对于高牌号铸铁的熔炼,将采用大容量中频电炉或变频电炉进行熔炼,对各类金属原材料的使用将进行更为严格的管理,并采用直读光谱仪检测铁液成分。对于普通铸铁的熔炼,采用双联熔炼工艺,但冲天炉向大型化和外水冷、无炉衬、热风或富氧送风方向发展,对冲天炉使用的非金属原材料和金属原材料要求更加严格,对铁液中S、P及杂质含量严加限制。球墨铸铁处理采用转包,研制新品种球化剂,采用随流孕

育、型内孕育及复合孕育等先进孕育方法。熔炼过程的各项参数实现微机控制和屏幕显示,采用自动和半自动浇注机进行浇注。

(2) 造型和造芯 消失模铸造将得到进一步发展。在砂型铸造中,无箱射压造型和挤压造型将受到重视。原有的高压造型线将继续使用并且其中部分关键元件将得到改进。实现自动组芯和下芯,自动快换型板及模具可适应不同产品的更换交替。在造芯工艺上,新型冷芯盒或温芯盒造芯设备将出现,组合射芯将在新型设备上进一步推广和应用。

(3) 砂处理和清理 砂处理系统和单元将实现微机化管理,型砂中水分和有效粘土及煤粉含量将实现自动检测和控制,型砂运输系统将实现自动化程序控制。铸件清理将全部在专机自动线上进行,实现加工和质量检测。

2. 锻造技术

(1) 计算机技术的应用 计算机将广泛应用于生产过程的自动化控制,能实现锻造温度控制、过热和欠热棒料的自动化分选、润滑点的油温监控、设备公称力显示、自动喷雾冷却模具、设备操纵系统控制、故障自动诊断和报警、工艺编程、模具设计与制造。计算机的广泛应用对工艺过程的规范化管理,促进曲轴乃至内燃机锻造行业的生产技术进步,将发挥重要的作用。

(2) 形成柔性制造系统 以热模锻压力机、电液锤为主机的自动线是今后生产曲轴的发展方向,这些生产线将普遍采用精密剪切下料、辊锻(楔横轧)制坯、中频感应加热、精整液压机精压等先进工艺,同时配有机械手、输送带、带回转台的换模装置等辅机,行程柔性制造系统。通过FMS可自动更换工件和模具以及自动进行参数调节,在工作过程中不断测量。显示和记录锻件厚度和最大压力等数据并与定值比较,选择最佳变形量以获得优质产品。

(3) 发展电液锤锻造生产线 随着市场竞争的激烈,质量和价格在市场竞争中的作用日显重要,电液对击锤也就应运而生了,出现了以行程、打击能量、速度可控与预选的电液锤为主机的曲轴现代化生产线。由于电液锤锻造生产线投资小,技术水平高,适应性强,所以21世纪电液锤与热模锻压力机将同时得到发展。



3. 热处理技术和表面强化技术

(1) 曲轴中频感应淬火 曲轴中频感应淬火将采用微机监控闭环中频感应加热装置,该装置的特点是:①能动态的显示系统工况,具有多任务、多窗口及动态数据交换等功能,操作方便。②多幅画面,各画面之间以动态图像实时显示中频设备运行过程中各重要参数状态、各点温控监控画面,具有显示曲轴多点温度、时间等情况及根据不同直径、材质选用加热温度的功能。③记录实时及历史趋势曲线,记录打印装置运行过程中或某一范围内的各项参数,主要用于档案管理及过程分析。④报警功能,当某项关键参数达到相应极限值时自动报警。今后这项技术将得到广泛应用。

(2) 曲轴液体氮碳共渗 为了提高产品质量,对于大批量生产的曲轴将采用微机控制的氮基气氛(液体)氮碳共渗生产线是今后的发展方向。

该工艺具有安全、节能、工艺控制可靠、气源成本低、产品质量稳定、性能重现性好、易实现自动化、计算机管理和生产率高的显著特点,具有较高的应用推广前景。

(3) 曲轴表面强化技术 为了大幅度提高曲轴的疲劳强度,圆角滚压强化将大量应用于曲轴加工中。另外,曲轴圆角滚压强化加轴颈表面淬火等复合强化工艺也将大量应用于曲轴加工中。

四、国外内燃机曲轴制造技术发展趋势

1. 铸造技术

采用先进工艺,提高机械化和自动化水平,大力扩展计算机的应用范围,优质、高效地生产轻量化、精密化的铸造毛坯,是国外铸造行业发展的总趋势。

(1) 轻量化 采用高强度、高韧性材质以减小壁厚和断面尺寸;壳型铸造、覆膜砂造型生产曲轴毛坯;进一步生产出少、无切削余量的铸造毛坯;计算机将在各个工艺环节的检测、诊断、控制和自动化生产等方面广泛应用。

(2) 熔炼 冲天炉仍然朝着大容量、连续化、高温热风方向发展,同时,在精确配料、炉况检测、故障诊断和自动控制等方面进一步计算机化。球墨铸铁熔炼工艺将得到进一步发展。变频电炉同时用于熔炼、保温的双炉体交替生产的工艺技术将得到发展。

(3) 造型 冷壳型将可能逐步替代覆膜砂壳型铸造。在造芯方面,无疑会发展冷芯工艺,比较成熟的造芯工艺将进一步得到完善。在造芯设备方面,多功能、多用途、造芯中心化将得到进一步的完善发展。

(4) 砂处理和清理 型砂质量也是确保铸型质量的重要条件,重点发展采用计算机控制砂处理系统乃至全过程。

清理将重点发展机械手或机器人对铸件进行抛丸、打磨和切割。

2. 锻造技术

随着锻压技术的进步,在变形理论上采用有限元法借助电子计算机研究应力和变形状态。在20世纪70年代发达国家对新建或改建的大的专业锻造厂,大都是以微机数控和群控的模锻压力机或电液液压锤及螺旋压力机为主机的生产线大批量生产曲轴等锻件。近年来,随着CAD/CAM的广泛采用,管理信息系统和集成生产系统的引入,锻造生产软件、硬件和数据库的研究,以实现锻造生产从原材料、工艺和工艺装备最佳方案的选择和整个过程的控制,推动着锻造生产向合理化、自动化方向发展。

3. 热处理技术

主要是表面强化技术的进一步发展和材质的开发和选择。

非调质钢、微量合金钢、高强度贝氏体铸铁等将广泛地应用于曲轴。

在提高曲轴的弯曲疲劳性能方面圆角滚压最为有效;曲轴的感应处理采用中频圆角一轴颈淬火能同时提高耐磨性和疲劳强度;曲轴的表面化学热处理以德国的两段式气体(液体)氮碳共渗法(Deganit法)较先进,可获得单相 ϵ 化合物层,大大提高产品的质量和性能,预计将会得到广泛的应用;曲轴化学复合表面热处理强化、中频淬火+圆角滚压复合强化也将会得到广泛应用。

五、结语

以上详细介绍了国内外内燃机曲轴制造技术的现状及发展趋势,可以看出目前国内曲轴制造技术与国外先进技术有相当的差距。我们只有借鉴国外的先进经验,立足本国现实,既要做到引进先进技术,又必须进行消化、吸收,以全面提高我国曲轴制造技术水平。

(20021026)