

文章编号:1003-8345(2002)03-0042-04

## 铸件质量与铸造车间技术改造

应忠堂

(一汽无锡柴油机厂,江苏 无锡 214026)

**摘要**:论述提高球墨铸铁曲轴质量、缸盖的材质和缸盖尺寸精度应重点注意的几个问题,同时介绍了为适应新一代柴油机生产所进行的铸造车间的技术改造。

**关键词**:铸件质量;强化工艺;技术改造

中图分类号: TG24 文献标识码: B

### 0 前言

我国国民经济高速发展,高等级公路迅猛发展,给汽车行业的发展带来了契机。由于柴油机与汽油机相比有诸多的优越性,因此汽车发动机的柴油化已经成为国内外的发展趋势。本文论述球墨铸铁曲轴、缸盖等铸件的生产经验,并介绍作者所在工厂为适应新一代柴油机生产对铸造车间所进行的技术改造情况。

### 1 球墨铸铁曲轴质量及其强化措施

球墨铸铁具有良好的减振性和耐磨性,缺口敏感性小,可获得较合理的结构形态,切削加工性好,生产成本低,是用作发动机曲轴的理想材料,因此国内外球铁曲轴的应用十分广泛。

#### 1.1 球铁曲轴的质量

由于柴油机强化度提高,球铁曲轴断轴率增加,为了提高可靠性,有许多工厂在铸造上片面追求高的球化率,认为球墨愈圆,力学性能尤其是动态力学性能愈高。许多论文作者把球化率高作为球铁质量好的重要标志。球铁曲轴国家标准规定球化率要求为3级,有个别工厂把球化率提高到1级。为了提高球化率,很多工厂不顾铁液条件,不恰当地过分降低球化剂中稀土量,提高镁量,尤其是大孕育量、多次孕育,以及各式各样瞬时孕育方法,作为提高球化率普遍采用的方法。

笔者认为,在不增加球铁曲轴内部缺陷

的前提下,不反对高的球化率,也不反对采用瞬时孕育方法。笔者认为影响球铁曲轴可靠性的主要原因,在球化的情况下,不是球化率级别的高低,而是内部缺陷。因此我厂6110柴油机(103~132 kW)球铁曲轴球化率级别要求一直是4级以上合格。而且虽然进口有带随流孕育装置的HWS-MECANA浇注机,也不采用随流孕育工艺。因为曾经用过随流孕育工艺,石墨圆整度确实大大提高了,但精加工磁粉荧光探伤时缺陷,特别是缩松缺陷增多了,所以现在已经取消了随流孕育工艺,改用铁液包内孕育。我厂对球铁曲轴缺陷控制十分严格,对成品曲轴逐件进行磁粉荧光探伤,对缩松、夹渣等缺陷控制很严,图1所示I区圆角部位绝对不允许任何缺陷磁痕,II区也进行严格限制。因此我厂6110柴油机生产20年来,虽然柴油机不断强化、扩缸、改型,基本上没发现由于材质问题造成曲轴断裂,在用户中取得了良好的信誉。相反,某厂采用型内孕育工艺,断轴率较高。可能是由于浇温偏低,孕育量也不甚合适,局部硅量起伏过大,造成石墨偏聚,晶界

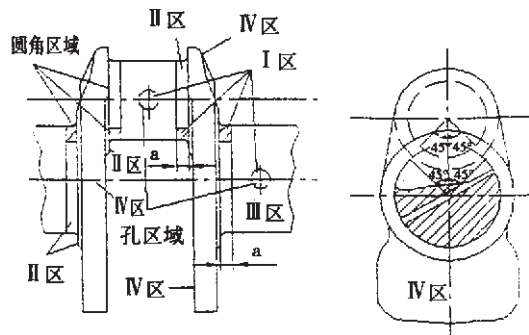


图1 曲轴表面分区

Fig.1 Zonepartition of the crankshaft

收稿日期:2001-12-18

作者简介:应忠堂(1938.8-),男,1962年毕业于北京钢铁学院,研究员级高工,有突出贡献的国家级专家。

杂物增加,还产生微观缩松,最后导致疲劳强度降低而造成断轴。图2是断轴金相组织。

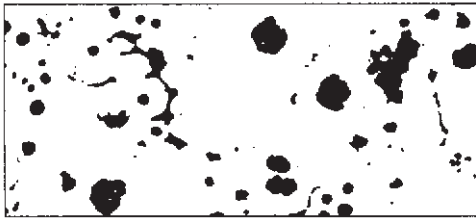


图2 断轴金相组织 100x

Fig.2 Microstructure of the broken crankshaft 100x

此外,如果球铁原铁液硫量较高,而铁液温度又不太高的情况下,球化剂中稀土含量不能过低,否则缩松、夹渣缺陷增加,废品率提高,使用可靠性降低。因此球化剂中镁、稀土量,应根据原铁液温度和含硫量来选定。

国外,球铁原铁液脱硫已纳入正常生产工艺,这对提高球铁质量、减少缺陷、降低废品等十分重要。我国除一些球铁生产水平较高的工厂采用脱硫工艺外,大部分还未采用。笔者呼吁同行对该工艺应引起足够重视,应该广泛采用脱硫工艺。至于采用何种脱硫方法,笔者认为可根据各厂条件自行选用,例如多孔塞、摇包、T型搅拌器,以及冲天炉前炉连续脱硫工艺均可。希望经脱硫后原铁液含硫量能控制在0.02%以下。

### 1.2 球铁曲轴的强化

如何采用新的强化方法,满足新一代柴油机强化后的使用要求,延长球铁曲轴的生命期,已经成为我们铸造工作者的一个重要课题。

提高球铁曲轴球化率和合金化,对球铁曲轴疲劳强度的提高是极为有限的,很难满足可靠性的要求。国内目前普遍采用氮化工艺(气体软氮化或离子氮化)。它是通过氮、碳原子渗入曲轴表面,形成高硬度的氮、碳化合物、深度约0.1~0.2 mm,该氮化层在表面形成残余压应力,使整个曲轴轴颈、圆角、曲臂均得到强化。氮化的球铁曲轴比正火工艺疲劳强度约可提高30%~50%。图3为我厂6110球铁曲轴氮化、正火工艺实物弯曲疲劳强度。这对我厂132 kW(180马力)以下自然吸气低强化的柴油机应用仍然是可靠的。但对147 kW(200马力)以上,增压、增压中冷强化的柴油机仍不能满足。

曲轴承受复杂交变的弯曲-扭转载荷,以及

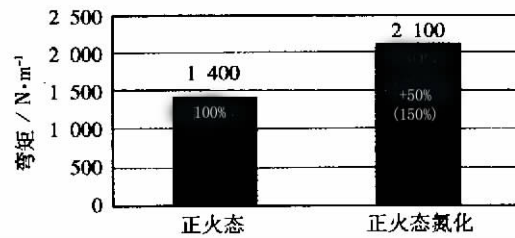


图3 氮化、正火曲轴弯曲疲劳强度

Fig.3 Bending fatigue strength of the normalized crank shaft and normalized plus nitrided crankshaft

小能量多次冲击,疲劳断裂是曲轴的主要破坏形式,裂纹源往往发生在轴颈与曲臂过渡圆角处,该处是曲轴受力大的危险部位。因此对轴颈圆角部位进行强化是提高曲轴疲劳强度最有效的方法。轴颈感应淬火-圆角滚压是国外球铁曲轴广泛采用的十分有效的强化方法。经圆角滚压后的球铁曲轴疲劳强度比正火工艺提高1倍多,也大大优于氮化的强化效果。

二汽康明斯4BT、南汽IVECO、上海SANTANA等,正式在生产上应用该强化工艺,使用可靠,取得明显的效果。我厂也进行了增压柴油机采用球铁圆角滚压可行性试验,圆角滚压、轴颈淬火和单拐疲劳试验均委托二汽工艺材料研究所进行。试验结果表明,球铁曲轴经圆角滚压强化后,其疲劳强度比未经任何强化的提高114%,比氮化的提高约50%。经计算,应用于增压柴油机曲轴的安全系数可达1.73,并装机通过1000 h耐久试验。表明在正常情况下,球铁曲轴经圆角滚压强化后,能满足增压柴油机的使用要求。另据资料报导,由美国铸造协会发表,根据德国赫根赛特(Hegenscheidt)公司参加的美国联合收割机公司的一项试验研究报告,对铸态球铁、铸态球铁圆角滚压、等温淬火球铁、等温淬火+圆角滚压和1046钢调质等材料的曲轴进行弯曲疲劳性能试验对比,结果如表1。

由表1可见,滚压强化对提高球铁曲轴疲劳强度效果显著,尤其是等温淬火+滚压强化效果更为明显,可使202球铁曲轴的疲劳极限高于同型号锻钢调质曲轴190%以上,可与锻钢圆角淬火曲轴相媲美。等淬球铁具有很好的强韧组合的综合性能,组织中的残余奥氏体高达40%,这种组织经圆角滚压相当于冷作硬化处理,就会获得局部区域的显著强化效果。应该指出,等淬热处

理温度范围狭窄,控制很严,机加工也有难度,加上滚压后的变形校直也很困难等,大批量生产应用的可行性尚待商榷。铸态或正火-圆角滚压强化工艺应该都是比较成熟的。

表1 各种材料与强化工艺曲轴弯曲疲劳性能

Tab.1 Bending fatigue strengths of crankshafts made of various materials and strengthened with different processes

曲轴型号	材料与工艺	疲劳极限 / MPa
202	铸态球铁	207
	铸态球铁+圆角滚压	669
	等淬球铁	414
	等淬球铁+圆角滚压	986
303	1046 钢调质	331
	铸态球铁+圆角滚压	572

## 2 柴油机缸盖

### 2.1 柴油机缸盖的材质

常用的缸盖材料为低合金铸铁 (HT250),在常规的灰铸铁成分中,加入适量的合金元素。常用的合金元素有铜、铬、钼、锡,要求高的也有加镍的。加入合金元素后可提高灰铸铁的强度、抗热疲劳性能,改善厚薄断面的金相组织,减少断面敏感性等。但合金元素的量必须严格控制,一般以不超过 0.3%~0.4%为宜,过高易使壁薄处出现渗碳体,铸件硬度太高,给机加工带来困难,而且也易使厚壁处产生缩松、渗漏等问题。特别要指出的是燃烧室的三角区部位是壁很薄而服役条件最差的部位,该部位在共晶转变时冷却速度快,过冷度大,自发核心数量多,而共析转变时,砂芯热量足,冷却条件差,冷却速度慢,易产生铁素体。从而使强度降低而产生裂纹。我厂 20 世纪 80 年代初试制 6110 车用柴油机时,缸盖采用铜铬钼合金铸铁,两轮耐久试验均发现缸盖开裂,解剖分析开裂处珠光体量仅 50%~60%。如何提高该处珠光体量,是低合金铸铁缸盖使用可靠的关键所在。笔者认为提高铁液过热温度和采用瞬时孕育工艺,可能是提高该处珠光体量的有效方法之一。

蠕墨铸铁具有较高的强度和刚度,还具有良好的导热能力,当急冷急热时断面上温差较小,所产生的热应力也较小。同时在一定的温度范围内仍能保持较好的力学性能,耐热疲劳性能好,因而表面不易产生裂纹。其次,与合金铸铁相比,

铸造性能好,缩松倾向小,渗漏率低,所以用于柴油机缸盖具有突出的优点。

### 2.2 提高缸盖铸件的尺寸精度

缸盖铸件尺寸、形状精确,特别是燃烧室和进气道部分,对柴油机性能、油耗、排放等至关重要,而这些性能都是柴油机改进和新一代柴油机开发所追求的目标。不但要求每个气道光洁、尺寸精确,而且要求六个气道每个气道内的涡流转速和流量阻力都要在目标值偏差 5% 以内。这就要求铸件气道主要位置尺寸偏差要小,否则是绝对不能保证的。我厂 6110 柴油机气道位置尺寸偏差为 0.5~0.75 mm。此外缸盖水套内腔形状精确,不粘砂、无毛刺飞边,保证水流畅通和有效冷却,温度分布合理,不产生局部过热,这对防止裂纹和变形也十分关键。

为了保证缸盖铸件的尺寸精度,根据我们的工作体会,必须做好下面几方面的工作。

#### 2.2.1 铸件收缩率

影响铸件收缩率的因素很多,例如铸件结构、材质、铸造工艺、铸型、砂芯、浇注温度等。而且同一个铸件不同部位的收缩率是不一样的。但在生产条件比较固定的情况下,其收缩率是有规律的,往往在一个范围内波动,关键是必须进行艰苦细致的各个部位实际测量,对测量数据进行科学的分类、统计和分析。

#### 2.2.2 铸件翘曲变形

我厂 6110 缸盖铸件底部壁厚 20 mm,顶面壁厚 5 mm。由于上下平面冷却不同时性,造成铸件翘曲,这也是造成涡流转速和阻力达不到设计要求的原因之一。为减少翘曲变形量,顶面周边的凸出部分有意加高,增加铸件刚性。其次,要找出铸件翘曲变形的规律,在模样上预先做成有相反方向的翘度,使铸出的缸盖是平直的,经加工后,能达到设计要求。

#### 2.2.3 气道砂芯

单个气道砂芯,设备、模样和生产工艺均十分简单,很难保证气道和气道间的位置尺寸。经分析我厂现采用二个三连体气道芯,这比单个气道芯位置尺寸精度大大提高,与水套芯配合尺寸又比六连体砂芯容易调整。根据经验,热芯气道芯要保证尺寸精度,必须考虑热芯盒加热的尺寸变化和热芯在高温时的翘曲。在制订工艺时受热

尺寸变化要修正,热芯取出时要整形,否则很难保证尺寸精度。

### 3 铸工车间技术改造

#### 3.1 造型

1997~1998年进行的铸造车间技术改造,造型线是重点。我们在对国内引进的造型线和造型方法广泛调研和分析的基础上,根据铸件的工艺要求、性能特点以及生产纲领,比较技术、性能和价格后采用了德国HWS公司生产的静压造型线。

该线采用一台EFA-SD6型气流预紧实加多触头造型机,配备分箱机、空箱清扫器、翻箱机、刮砂装置、移降箱机、多功能铣浇口机、扎气眼机、自动下芯机、翻转合型机、转运小车、台机清扫器、推送装置、捅箱机、落砂机为辅机,组成开放式全自动静压造型线。

静压造型线的特点:主机采用静压造型,铸型硬度高且均匀,起模性好,噪声低;全线采用开放式布线,冷却段为单层和三层相结合布置,结构紧凑,占地面积小;铣浇口机可按程序要求自动完成X、Y、Z三个坐标方向的运行和自动测定运行距离,并无级调速;冷却时间可按工艺要求设定;捅箱方式为下捅式,免除浇冒口对捅箱的影响,然后由油缸推出铸型,避免了油缸经常受高温烘烤,防止漏油可能产生的火灾,提高了油缸的使用寿命,同时热铸件也不易变形;翻转机和合型机合二为一,既保证了必要的功能又节约了费用,同时,在推送下型前,上型已翻转到位,可避免上型的残砂掉落至下型腔内;电控系统可按要求任意编制程序、设定工艺参数并具有显示、程序记忆、故障诊断、故障报警、生产管理、自动打印等功能。

静压造型工艺是由气流预紧实加排气塞与压实的相乘作用而产生的,其特点是:(1)任意设定气流的压力和阀门开启时间,可适合各种形状、各种材质模样,并可获得最佳的预紧实效果;

(2)适当设置排气塞,可任意调节砂型周边和铸型各部位的紧实度;(3)附加压实,可获得更均匀、更紧实的铸型强度,从分型面到铸型背面紧实度均匀,并可适当调整。

#### 3.2 熔化

为获得高质量的铁液,采用了2台10t/h外水冷有炉衬冷风冲天炉与美国彼乐公司生产的2台MK10-DX型10t变频保温炉形成双联熔炼工艺。并配备美国贝尔德公司生产的直读光谱仪、国产快速测温装置等组成熔化工部,从而确保了铁液质量,满足静压造型线的需求。

#### 3.3 砂处理

选用了德国爱立许公司制造的生产率为120t/h的DW29/5型高速转子式混砂机,以及美国辛普森公司制造生产率为135t/h的MC-150型双盘冷却器,并配套国产胶带输送机15条,大倾角胶带输送机4条,胶带给料机9条,斗式提升机4台,双层滚筒筛2台,Y954型气力输送装置1套,螺旋给料机3台,破碎、松砂机各1台,旋转料仓3台,磁选设备,以及德国爱立许公司设计、制造的电控系统组成了砂处理工部,从而获得了最佳冷却效果和型砂质量。

### 4 结束语

汽车行业的发展对柴油机质量的要求越来越高,作为柴油机上的重要件——球铁曲轴的强化工艺也受到越来越多的关注,经综合比较,等淬+圆角滚压的强化措施虽能极大地提高球铁曲轴的疲劳极限,但大批量生产的可行性尚需商榷,铸态或正火态球铁+圆角滚压工艺是应用较为稳定成熟的强化工艺;柴油机上另一重要件——低合金缸盖质量控制的关键在于保证其尺寸精度。

合适的工艺手段可保证铸件的质量,但工艺的优越性需要良好的设施来再现,因此铸造车间的技术改造是铸件质量不断提升的另一措施。

### Casting Quality and Renovation of Foundry Shop

YING Zhong-tang

(Wuxi Diesel Engine Works, First Automobile Group, Wuxi 214026, Jiangsu, China)

**Abstract:** The most important problems to be pay attention were described and discussed including: enhancing quality of nodular iron crankshaft, material for cylinder head and dimension accura-

文章编号:1003-8345(2002)03-0046-02

## 压边浇冒口对铸件质量的影响

王树成

(杭州汽轮机厂,浙江 杭州 310000)

**摘要:**在使用压边浇冒口的生产实践中,由于化学成分、浇注温度、压边宽度、长度和冒口体积等选取不当,易造成铸件顶面凹陷、冒口根部缩孔、缩松等缺陷。对此进行了具体分析并提出了解决措施。

**关键词:**铸件;压边浇冒口;质量

**中图分类号:** TG250 **文献标识码:** B

### 0 前言

压边浇冒口一般都安装在铸件的边缘,它自然地离开了铸件热节。特别符合均衡凝固理论的要求。在使用压边浇冒口的生产实践中,也会经常出现一些铸造缺陷。造成这些缺陷的原因是铁液的化学成分或牌号、浇注温度、压边宽度、长度和冒口体积等不合适。这些因素的综合作用造成了诸如铸件顶面凹陷,冒口根部缩孔、缩松以及铸件上表面气孔和渣孔缺陷。本文将对此进行具体分析,并提出相应的纠正措施。

### 1 铸件顶面凹陷

造成该缺陷的原因主要是铸件的液态补缩不足:(1)浇注温度过高,铸件白口倾向大(碳当量低),造成铁液液态收缩量大;铸件厚大,压边冒口体积太小(直径小、冒口高度太低)造成补缩量不足;(2)当浇注温度难以提高,铸件又比较厚实时,冒口的压边宽度太小,铁液在冒口根部很早就凝固,使冒口里的铁液不能通过补缩通道充分补充铸件的液态收缩。

**纠正措施:**(1)浇注温度应视不同铸件,适当控制得高一点(1350℃)为好;加强孕育,减小

白口,细化晶粒;增大压边冒口的体积,主要增大冒口径尺寸。对于湿砂型小件用脱箱造型时,应适当地增加吃砂量和脱箱高度,以增加铸型刚性和冒口压力;(2)当浇注温度难以提高时,应增加冒口压边宽度为主,增大冒口尺寸。浇完后冲冒口。当铸件较大、较厚、较重时,应采用有箱造型并在上平面开明出气孔,既可排气、排冷铁液,又可当冷却筋用;如果在压边浇冒口的对面再开一压边冷冒口,则效果更好。

### 2 冒口根部处铸件缩孔

与铸件凹陷原因相似,造成该缺陷的原因也是液态补缩不足。液态补缩不足的原因是浇注温度过高,压边宽度大(压边长度不一定大),铸件较重,铁液全部通过压边缝隙进入铸型,热量过分集中使冒口附近局部铸件过热,加大了接触外热节,铁液最后凝固的位置在冒口根部,形成缩孔。

**纠正措施:**(1)浇注温度仍应控制高一点(1350℃),特别对压边宽度要控制,不能过大,可增加压边长度以分散热影响,一般铸件使用随形压边冒口较好;(2)中、大件可以使用直、横、内浇道浇注,对面放冷压边冒口方式以分散热影响,浇毕后冲冒口;(3)在压边浇冒口下方设置冷铁,效果好,但造型不太方便。

收稿日期:2002-03-18

**作者简介:**王树成(1945.1-),男,浙江大学铸造67届毕业生,杭州汽轮机厂高级工程师,目前从事铸铁、铸钢件铸造工艺编制工作。

cy of cylinder head. In addition, the technical renovation of the foundry shop of Wuxi Diesel Engine Works which was carried out to meet the requirements for the new generation diesel engine production was introduced.

**Key words:** casting quality; strengthening process; technology renovation