● 材料改性 Material Propertiest ●

DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.10.024

降低活塞残余奥氏体的研究

朱庆宝,洪 军

(安徽海立精密铸造有限公司,安徽 马鞍山 243000)

摘 要:镍铬钼合金活塞是压缩机重要组成部件之一,需要进行热处理才能达到性能要求。目前H公司的热处理工艺为淬火+冰冷+回火,其中冰冷工艺能有效的降低铸件残余奥氏体含量。以某型号活塞铸件为研究对象,通过调整热处理工艺,采用820 ℃淬火+200 ℃一次回火4 h,取消冰冷工艺。结果表明,残余奥氏体含量降低到5%左右,达到冰冷处理的水平,硬度基本达到要求。为后续改善提供了方向,对降低制造成本具有重要意义。

关键词:淬火温度;残余奥氏体;回火硬度

中图分类号:TG156 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-8365(2019)10-1118-03

Research on Reducing Residual Austenite of Piston

ZHU Qingbao, Hong Jun

(Anhui Haili Precision Casting Co., Ltd., Maanshan 243000, China)

Abstract: Ni-Cr-Mo Alloy piston is one of the important components of compressor. Heat treatment is required to meet performance requirements. At present, the heat treatment process of H company is quenching, cryogenic treatment and tempering, the cryogenic treatment process can effectively reduce the residual austenite of casting. Taking a certain type of piston casting as the research object, 820 ℃ quenching and 200 ℃ one time tempering for 4 hrs, the cooling process is eliminated by adjusting the heat treatment process. The results show that the residual austenite content decreased to about 5% and reached the level of cryogenic treatment, and the hardness basically reach the requirements. It provides the direction for the following improvement and is of great significance to reduce the manufacturing cost.

Key words: quenching temperature; residual austenite; tempering hardness

铸件加热完全奥氏体化后冷却到Ms点以下,获得马氏体,由于马氏体转变具有不完全性,即奥氏体转变为马氏体时,要发生体积膨胀,最后尚未转变的奥氏体受到周围马氏体的附加压力,失去长大的条件而保留下来,所以淬火组织中都或多或少地存在残余奥氏体[1]。

由于活塞性能的要求,需要一定的耐磨性和尺寸稳定性,所以要求热处理后其残余奥氏体含量在规定范围内,标准为≤5%。残余奥氏体是个软质相,能够降低产品的硬度,较多的残余奥氏体会显著降低产品的接触疲劳强度和耐磨性,达到一定温度会转变为畸变严重的马氏体,体积膨胀,影响产品尺寸精度[2]。

为了减少残留奥氏体,目前的处理方法是需要进行冰冷处理,继续冷却到零度以下,使残留奥氏体继续转变为马氏体,H公司采用的是880 ℃等温淬火+冰冷处理+230 ℃二次回火的热处理工艺,活塞热处理之后残余奥氏体含量约2%~4%,所以要去除冰冷工艺,同时较低的残余奥氏体含量,关键是减少淬火后残留奥氏体的含量。查相关资料可以通过降低奥氏体化温度来实现降低残余奥氏体的含量。

1 实验方案

实验采用铸件是同一批次生产的镍铬钼合金活塞,其化学成分如表1所示,毛坯硬度为250~260 HB,其金相由珠光体+片状A型石墨(石墨长度4~6级)+小块状碳化物组成,图1所示。实验采用等温奥氏体化淬火工艺,加热温度分别为880、860、840、820 ℃,保温2 h后淬火,淬火介质为工业油,冷却至室温后检测硬度(分别选择8件样件),再经过230 ℃二次回火后(每次回火3 h,两次回火之间需要空冷至室温),挑选式样进行X射线检测其残余奥氏体含量,

表1 化学成分 w(%)

Tab.1 The chemical composition alloy

化学元素	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Sn
含量	3.060	2.190	0.795	0.128	0.082	0.800	0.263	0.245	0.044	0.006

收稿日期:2019-07-11

作者简介:朱庆宝(1987-),安徽含山人,助工.主要从事铸造技术及管理方面的工作.电话:18355572945,
E-mail:zhuqb@highly-ahhl.cc

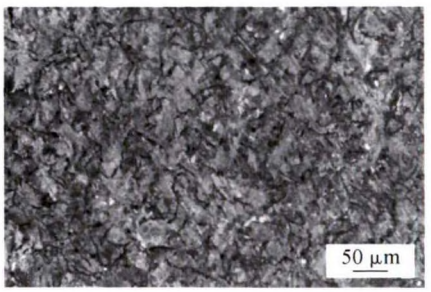


图 1 活塞毛坯金相组织

Fig.1 The microstructure of piston roughcast

检测其回火后硬度。

2 实验结果

2.1 淬火后硬度

表 2 数据为淬火后活塞的硬度值，从表中数据可知，不同的温度下进行淬火，其硬度值均＞52。从均值数据来看，其硬度值随温度的降低有升高的趋势。活塞淬火后的组织为马氏体+片状石墨+碳化物+少量残余奥氏体，其中残余奥氏体非均匀存在组织中，淬火后铸件硬度高，主要是马氏体的作用。

表2 淬火硬度(HRC)

Tab.2 The quenching hardness of alloy

淬火温度/℃	1	2	3	4	5	6	7	8	均值
880	53.5	55.2	53.2	54.0	54.1	53.7	54.5	54.2	54.05
860	52.9	54.0	54.5	53.5	53.6	55.0	54.0	54.2	54.0
840	54.7	54.1	54.5	54.6	54.9	54.6	55.6	55.5	54.8
820	55.2	55.1	54.8	55.3	56.2	55.4	54.9	54.6	55.2

等温奥氏体化淬火，是将铸件加热到临界点 A_{C1} 以上温度奥氏体化，一般温度是 820~920 ℃，相同保温时间，淬火温度越高，奥氏体化越完全，但是奥氏体晶粒变粗大，淬火形成的马氏体晶粒也越大，硬度值会降低，从而解释了 820 ℃淬火硬度高于 880 ℃淬火硬度。

2.2 残余奥氏体含量

为检测热处理后活塞的残余奥氏体含量，随机挑选一个样件做 XRD 检测实验，表 3 为活塞淬火样二次回火后 XRD 拟合相含量，从 γ-Fe 的含量，可间接判定基体中残余奥氏体的含量，因为奥氏体是 C 溶于 γ-Fe 中的间隙固溶体，为面心立方结构，通过 XRD 测试数据，通过计算相中的 γ-Fe 含量(面心立方机构) 间接的计算出残余奥氏体在铸件中的含量。

表 3 二次回火后试样 XRD 拟合相含量 w(%)

Tab.3 XRD results fitted phase content of samples after secondary tempering

淬火温度 /℃	α-Fe	G	γ-Fe	Fe_3C
880	73	2	10	15
860	83	4	6	7
840	83	4	6	7
820	83	4	4	9

采用 880 ℃淬火温度 + 二次回火的工艺，残余奥氏体含量最高，约 10%，随着淬火温度的降低，铸件中残余奥氏体含量降低，其中 820 ℃淬火温度+二次回火，残余奥氏体最低，约 4%，达到去除冰冷工艺前的标准，可见降低淬火温度可以有效的降低残余奥氏体含量。其原因是奥氏体化温度升高，使奥氏体中的含碳量增加，导致淬火后的马氏体体积变大，其次，当奥氏体转化为马氏体时，会发生体积膨胀，它们的挤压使剩下的奥氏体无法转变，使残余奥氏体含量增加，反之降低加热温度可以降低淬火后残余奥氏体含量。

2.3 回火硬度

淬火后的铸件含有过高的淬应力，同时硬度高，脆性大，为了消除淬火应力及改善铸件硬度，需要进行回火处理。H 公司采用的是低温二次回火，如表 4 所示，经二次回火之后，活塞硬度较淬火后硬度降低。因为回火过程中马氏体会分解，过饱和固溶的碳从 α-Fe 中脱溶，即从马氏体中析出，形成碳化物[3]，使 α-Fe 中固溶的碳减少，减弱了碳固溶强化的作用，反映到硬度上，即硬度降低。

表4 二次回火硬度(HRC)

Tab.4 The secondary tempering hardness

淬火温度/℃	1	2	3	4	5	6	7	8	均值
880	53.5	51.9	52.0	52.0	51.2	52.8	52.4	51.7	52.18
860	53.4	52.7	52.2	51.3	50.7	52.4	50.9	52.4	52.0
840	50.6	50.5	49.9	51.3	50.4	51.4	51.3	51.2	50.8
820	50.2	51.4	50.7	50.8	50.9	50.6	50.3	51.7	50.7

从表 3、表 4 分析看 820 ℃淬火+二次回火时，残余奥氏体含量最低，反而硬度均值最低。主要原因可能是 820 ℃淬火温度较低，使奥氏体化过程中奥氏体中含碳量较低，淬火后形成的马氏体中 α-Fe 中固溶的碳较少，其淬火硬度高主要是形成的马氏体为更细小，导致的硬度高。但回火的过程中随着马氏体的分解及碳从 α-Fe 中脱溶，会降低了碳的固溶强化的作用，所以 820 ℃+二次回火的硬度较低。

3 回火硬度改善

为了改善二次回火硬度，通过降低回火温度和时间，能有效增加回火硬度，经多次试验最终采用 820 ℃淬火 +200 ℃一次回火 4 h 的工艺，实验所用活塞件为同批次生产，其回火硬度如表 5 所示(8 件

表 5 二次回火硬度(HRC)
Tab.5 The secondary tempering hardness

淬火温度/℃	1	2	3	4	5	6	7	8	均值
820	52.0	52.5	53.0	51.0	52.5	52.5	52.5	52.0	52.3

样件)。

从表 5 中数据可知,调整回火工艺后能有效提高回火硬度,基本满足≥52 HRC 的要求,但总体偏低,正常 880 ℃淬火+冰冷+二次回火后,活塞的平均硬度基本上在 54 HRC 左右,且都≥52 HRC,而表 5 中 4 号样件硬度不合格。

抽检 1 件做金相组织检查,如图 2 所示,其组织为针状回火马氏体+片状石墨+碳化物+残余奥氏体(金相下不可见),符合金相要求。

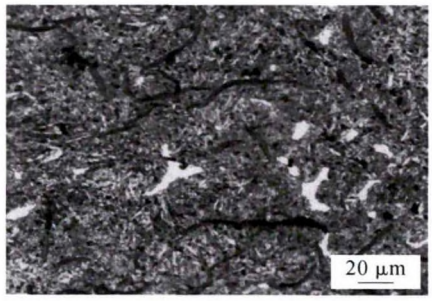


图 2 820 ℃淬火+二次回火后金相组织
Fig.2 The microstructure after quenching at 820 ℃ and secondary tempering

为验证降低回火温度和时间是否影响残余奥氏体含量,送第三方检测,结果为残余奥氏体体含量为 5%,符合要求。

4 结论

通过降低淬火温度,能有效降低活塞的残余奥氏体含量,同时降低回火温度和时间,能有效改善活塞硬度。采用 820 ℃淬火+200 ℃一次回火 4 h,取消冰冷的热处理工艺虽未完全达到要求,但是为后续改善回火硬度打下基础,同时对改善成本具有重要意义。

参考文献:

[1] 崔忠圻. 金属学与热处理[M]. 北京: 机械出版社, 2007.
[2] 李秀芬. 冷轧辊剥落原因分析[J]. 理化检验-物理分册, 2003, 39 (4): 203-205.
[3] 康洪岩. 热处理工艺对 E 级钢组织及性能的影响 [D]. 黑龙江: 哈尔滨理工大学, 2014.

2020 年《铸造技术》杂志征订启事

《铸造技术》杂志,月刊,1979 年创刊,中国铸造协会会刊,中文核心期刊,国内外公开发行,国内邮发代号:52-64,国外发行号:M855,中国标准刊号:ISSN1000-8365/CN61-1134/TG.

报道范围:报道国内外铸造领域的先进科技成果、应用技术、生产管理经验及信息和铸造设备,覆盖铸铁、铸钢和有色合金等铸造领域,包括砂型铸造、熔模铸造、金属型铸造、消失模铸造和压铸等特种铸造技术。

主要栏目:试验研究、工艺技术、生产技术、特种铸造、装备技术、实用成型技术、材料改性、材料开发、材料保护及表面工程、材料失效分析、应力控制与理化测试技术、今日铸造等。

发行对象:国内外铸造企业,科研院所,高等学校,铸造原辅材料厂商,设备、仪器厂商,铸件采购商等。

广告范围:刊登铸造原辅材料、铸造设备、熔炼设备、热处理设备、环保设备、检测仪器以及铸件生产、科研成果转让、企业形象宣传等相关广告。

订阅方式:请从当地邮局订阅,也可以直接从铸造技术杂志社订阅。全年 12 期,每期定价 25 元,平寄全年 300 元(含邮费),挂号全年 336 元,快递全年 420 元。

欢迎订阅、欢迎投稿、欢迎刊登广告

地址:陕西省西安市碑林区友谊西路 127 号西北工业大学凝固楼 301 室　**邮编:**710048
联系人:李巧凤　029-83222071
电话/传真:029-82312140　**网址:**www.zhuzaojishu.net　**E-mail:**zzjs@263.net.cn
银行汇款:户　名:陕西铸造技术杂志社有限责任公司
账　号:3700 0235 0920 0091 309
开户行:中国工商银行西安市互助路支行