

铁素体含量对QT700-2感应淬火硬度的影响

闫科，李精华，贾武

西安双特智能传动有限公司 陕西西安 710119

摘要：QT700-2为珠光体型球墨铸铁，具有较高强度、耐磨性以及低韧性的特点，常以正火态使用。为了提高表面强度，部分接触表面需要进行感应淬火。球墨铸铁的基体组织对感应淬火的硬度影响非常大，当铁素体含量过高时，感应淬火硬度无法满足技术要求。因此，在进行毛坯采购时，供需双方一定要对铁素体含量进行严格控制。

关键词：球墨铸铁；感应淬火；铁素体；硬度

1 材料说明

(1) 材料适用 QT700-2为屈服强度 $\geq 420\text{MPa}$ 的球墨铸铁，具有较高强度和耐磨性。我公司生产的行星架类、齿毂类零件，多采用QT700-2材料。为了在零件接触表面获得较高的硬度，通常采用感应淬火或激光淬火的方式来提高表面硬度^[1]。

(2) 化学成分 QT700-2由材料供需双方商

定，主要化学成分见表1。

表1 QT700-2化学成分（质量分数）（%）

C	Si	Mn	S	P	Cr	Cu
3.5~3.9	2.0~2.8	≤ 0.6	≤ 0.025	≤ 0.05	≤ 0.10	≤ 0.80

(3) 力学性能 QT700-2力学性能技术要求见表2。

小，铸锭直径越大，在靠近中心部位时已经递减为零。铸锭心部温度是靠从铸锭的表面到中心，逐渐传导过来的。

铝属于非磁性材料，即铝锭的相对导磁率 $\mu=1$ ，工频感应加热炉的工作频率50Hz。由上式可知，铸锭加热深度主要是由合金的实时电阻率来决定的，其透热深度是随着电阻率的大小在不断变化的。感应加热透入深度随着铝锭材料的电阻率的增加而增加的，铝的电阻一般随温度的增加而增加。因此，当铸锭心部和表面温度达到基本均匀一致后，铸锭还处于长时间的保温加热会形成多层环形缺陷，当温度恒定在一定值时，其有效透入深度也就恒定，此时继续长时间的反复加热，将会导致分层现象产生。

5 结束语

1) 防止铸锭和低倍组织裂纹，对7A04合金铸锭加热时不能采用大功率加热，只能选用小功率进

行加热；考虑生产效率最大化，7A04合金加热时应选用的加热档位应 ≥ 6 档。

2) 在感应加热铸锭时，除了考虑生产效率、加热温度及均匀性外，还要考虑不同合金的特性。

3) 合理控制加热保温时间，才能保证产品质量，其保温时间应控制在6~20min。

4) 当设备发生故障不能及时进行挤压生产时，感应炉应立即停止加热；另外，铸锭在炉内停放不应超过1h以上。

参考文献：

- [1] 王祝堂，田荣璋.铝合金及其加工手册[M].长沙：中南工业大学出版社，1989.
- [2] 姜士林，赵长汉.感应加热原理及应用[M].天津：天津科技出版翻译公司，1993.
- [3] 陈吉光，徐振东，樊志新.钢丝感应加热过程模拟及特性[J].大连交通大学学报，2011，32（2）：59-62.

MW 20201218

表2 QT700-2力学性能

抗拉强度 /MPa	条件屈服强度 /MPa	伸长率 (%)	硬度 HBW
≥700	≥420	≥2	225~305

(4) 标准说明 按GB/T 1348—2009《球墨铸铁件》规定,球墨铸铁的生产方法和化学成分由供方自行决定,生产方法和化学成分的选择满足标准所规定的性能指标即可。球墨铸铁的化学成分不作为铸件验收的依据。也就是说,球墨铸铁件以硬度、强度作为最终验收依据,基体组织的要求由供需双方商定。

(5) 热处理技术要求 对于有后续感应淬火要求的,仅以硬度和强度作为验收依据的方案并不适用;供需双方还应增加对金相组织,尤其是铁素体含量限制的要求,具体含量要求可根据零件最终表面硬度决定^[2]。

根据实际生产数据总结,目前我公司规定:无论是铸态还是正火态QT700-2,如果后续进行感应淬火,其铁素体含量必须<30%。

2 生产背景

(1) 零件简介 该零件是我公司生产的某型号行星架,结构如图1所示。材料为QT700-2,要求73mm长度范围内外圆感应淬火,表面硬度≥50HRC,硬化层深≥0.8mm。

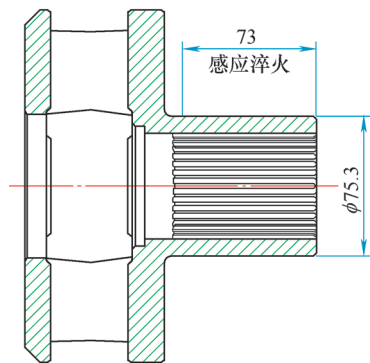


图1 行星架结构

(2) 感应淬火设备 在加工该类零件时,我公司选用无锡万利GCLS0806型立式感应淬火机床,感应加热电源装置为GGC150-0.3型,工作频率为30~40kHz,该频率可满足硬化层深≥0.8mm的感应淬火要求。

(3) 工艺流程 感应淬火加工流程为:清洗→装夹→调取工艺→选取加热规范→加热→淬火→首

检→微调参数进行批量生产→回火→终检。为了确保产品合格率,每次更换产品或更换工装后,首件调试完都必须进行剖检,以验证硬化层深、硬化长度范围、表面硬度、金相组织等性能指标是否符合技术要求。首检合格后,再进行批量加工。在批量加工完成后,再抽20%零件进行硬度检测^[3]。

3 生产加工

1) 加工某一批次的行星架零件共135件。首件调试合格后,检测硬化层深、硬化长度范围、表面硬度均符合技术要求,然后进行批量零件感应淬火加工。

2) 加工到125件零件时,按照20%比例进行硬度抽检,抽检出1件硬度不合格零件,其硬度<50HRC。随即启动质量应急措施,未加工零件暂停加工,已加工零件进行隔离处理。

3) 100%检测已加工零件表面硬度,共检出28件不合格品。

4) 核实毛坯批次,对库存成品零件及待加工零件分别进行检测处理。

4 质量问题分析

经分析,导致硬度不合格的主要原因有设备故障、工艺参数异常、材质问题三方面,为此针对以上问题逐一进行排查。

(1) 设备故障 经机电维修检测,感应淬火加热电源、淬火机床均正常运行,电器元器件等检查均在正常范围内。

(2) 工艺参数 经查加工过程记录,淬火液浓度、加热参数设置、电参数记录均在工艺要求范围内。同时,对设备故障和工艺参数进行验证分析。

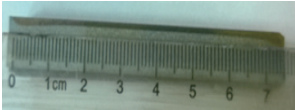
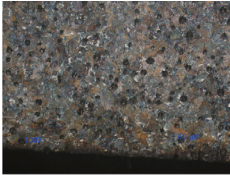
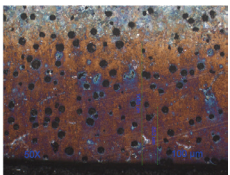
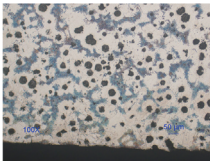
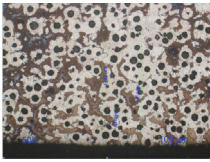
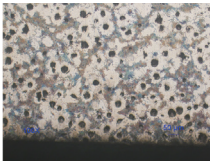
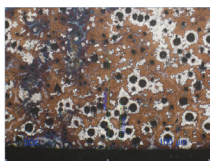
加工剩余10件零件,检测后有4件硬度不合格,不合格率高达40%。加工过程中,设备、工艺参数记录均无异常。

(3) 材质问题 对本批次135件零件进行硬度统计和金相分析,汇总结果见表3、表4。

表3 表面硬度统计结果

表面硬度 HRC	数量/件	占比 (%)	结论	备注
54~60	103	76.3	合格	首件剖切,编号1 [#]
40~50	18	13.33	不合格	剖切一件,编号2 [#]
30~40	11	8.15	不合格	
<30	3	2.22	不合格	剖切一件,编号3 [#]

表4 剖切件金相组织

表面硬度 HRC	硬化长度及硬化层深	淬火前边部组织	淬火后组织
(1#件) 55~60			
	硬化层深1.34mm；长度75mm	珠光体+石墨+铁素体（10%左右）	马氏体+石墨+渗碳体（少量）
(2#件) 28~31			
	硬化层深（硬度梯度高低不一，无法评判）；长度75mm	铁素体（60%左右）+珠光体+石墨	马氏体+铁素体（50%左右）+石墨+渗碳体（少量）
(3#件) 48~53			
	硬化层深（硬度梯度高低不一，无法评判）；长度75mm	铁素体（50%左右）+珠光体+石墨	马氏体+铁素体（20%左右）+石墨+渗碳体（少量）

5 结果说明

- 1) 同一零件毛坯边部及心部组织基本一致，均为珠光体+石墨+铁素体；1#、2#、3#剖切件铁素体含量分别为10%、60%、50%。
- 2) 感应淬火后组织均为马氏体+石墨+渗碳体+铁素体。其中铁素体分别有极少数、50%、20%未转变。
- 3) 2#、3#淬火后铁素体含量较多，硬度法检测硬化层深时，极易打在石墨和铁素体上，硬度梯度不均匀，无法评判层深。
- 4) 在相同的感应透入深度、加热参数下，不同的铁素体含量因转变程度的不同，淬火后其表面硬度、硬化层深均不同。
- 感应淬火后表面硬度、硬化层深达不到技术要求，其根本原因在于铁素体含量超标。

6 不合格毛坯补救试验

- 1) 对于已经感应淬火的零件，采取二次淬火，表面硬度可提升1~2HRC，但是其金相组织显示，仍有大量未溶铁素体存在，故二次淬火返修不可行。
- 2) 对于未淬火的毛坯，重新进行正火处理，

金相组织虽有所改善，但是铁素体含量改善效果不大。

7 结束语

综上所述，QT700-2材料的毛坯铁素体含量对后续感应淬火影响较大。铁素体含量因转变程度的不同，感应淬火后的表面硬度、硬化层深均不同。

经过大量数据验证，QT700-2毛坯中铁素含量≤30%时，感应淬火表面硬度≥50HRC；铁素体含量≤10%时，感应淬火表面硬度≥55HRC；铁素体含量>30%时，感应淬火表面硬度<50HRC。

因此，对于有后续淬火要求的QT700-2材料，在毛坯采购时，必须与供应商明确铁素体含量，可根据具体硬度要求来确定铁素体含量。

参考文献：

[1] 姜江，彭其凤. 表面淬火技术[M]. 北京：化学工业出版社，2006.

[2] 沈庆通，梁文林. 现代感应热处理技术[M]. 北京：机械工业出版社，2008.

[3] 中国机械工程学会热处理分会. 热处理手册：工艺基础[M]. 北京：机械工业出版社，2001.

MW 20201020