钟形壳正火热处理工艺改进

马彦秋[1]，王红丽[2]，郭树霞[2]，樊伟杰[1]
1.河北太行机械工业有限公司　河北石家庄　052165
2.河北第二机械工业有限公司　河北石家庄　050031

摘要：主要分析研究了钟形壳锻造毛坯正火后，不同季节对应的硬度、硬度散差等出现超上限、超下限的情况，通过对正火及冷却方式对钟形壳的内部组织及力学性能的影响进行分析，并结合实际对可能造成锻造毛坯硬度大、硬度散差大、金相组织差等相应批次的热处理及冷却方式与正常批次进行分析对比，以此制定金相组织、力学性能试验方案，研究数据分析，总结出最利于锻造毛坯冷却的方式，减少了因热处理造成的批量不合格件。

关键词：钟形壳；锻造；热处理；硬度；硬度散差

1　序言

钟形壳是汽车驱动系统的主要零部件之一，对其正火后的硬度要求为180~220HBW，同一工件不同位置的硬度散差≤25HBW，同批零件硬度波动最大35HBW，显微组织为1~3级，不允许出现魏氏体等过热、过烧组织。

为节约能耗和降低生产成本，采用辊底网带炉进行热处理，正火工艺未按季节性制定，且冷却地点受限，容易出现成批量的正火后硬度超上限或超下限的情况，并且硬度散差超上限，为此制定了金相组织、力学性能试验，以此研究影响力学性能的主要因素，并提出纠正方案。

2　正火工艺研究

现有钟形壳的正火工艺为：采用辊底网带炉生产[1]，加热温度880℃[2]，正火工艺曲线如图1所示。根据入炉口的宽度摆放产品，CV外环、钟形壳按上下两层放在网带上，杆部向上为下层，杆部向下为上层，下层7件，上层4件，可依据产品尺寸或重量，依次增加或减少每层数量，针对长杆外环单层摆放。

3　现有正火工艺弊端

在不同季节执行此工艺，钟形壳的硬度差别较大。夏季出现硬度超下限，主要集中在170~190HBW，硬度达不到顾客要求，影响后序机加工及热处理工艺；冬季出现硬度超上限，且硬度散差超上限，主要集中在210~240HBW，硬度不稳定部分超上限，影响后序机加工（过硬，降低刀具使用寿命）及热处理工序。

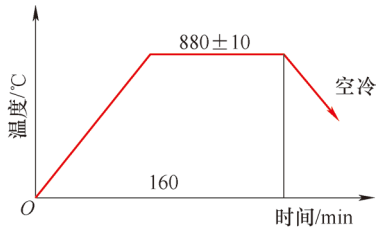


图1　正火工艺曲线

工艺未对不同季节冷却方式进行规定，如：冷却地点、冷却方式等。夏季天气较为炎热，正火冷却采用整箱集装空冷方式，冷却速度较低，冷却时间过长，导致锻造毛坯过软（硬度超下限），影响后序机加工及热处理。而冬季天气较为寒冷，且一直沿用夏季采取的室外吹风、整箱集装空冷方式，箱内不同位置冷却速度相差较大，箱中心部位能消除锻造应力，降低硬度，起到消除粗大晶粒作用，但靠近箱四周、箱底、顶部位置则冷却速度较大，且不均匀，力学性能不稳定，硬度较大，硬度散差也较大，急剧增加了热处理不合格品的数量。

4　力学性能试验

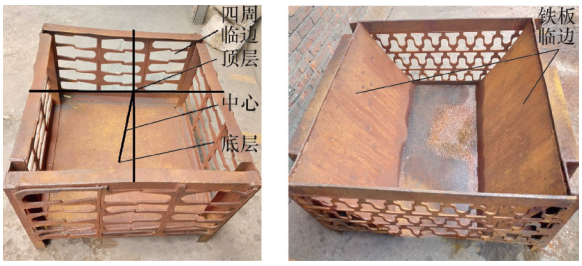
由以往批次生产条件及对应的硬度、硬度散

差、金相组织等方面的分析对比，每批次的正火工艺参数相同无更改，正火炉日常点检正常，猜测影响硬度超上下限，硬度散差大等问题的原因有以下几个方面：

1）采用整箱集装吹风冷却，使箱四周、底部及顶部锻造毛坯硬度较高，硬度散差大。

2）室外冷却，使箱四周、底部及顶部锻造毛坯硬度较高，硬度散差大。

3）采用冷却的周转箱不同，如图2所示，无铁板冷却箱内的锻造毛坯硬度较高，硬度散差大，金相组织差。



a）无铁板　　b）有铁板

图2　周转箱

4）箱内不同部位的锻造毛坯硬度相差较大，硬度散差不同，金相组织不同。

由此采用相同炉号、相同批次、正火工艺参数相同，以及不同冷却方式得到的正火后锻造毛坯，进行硬度数据采集分析。

（1）吹风与不吹风冷却对比　如图3所示，吹风硬度散差较大，最大硬度相差不明确，故采取不吹风冷却。

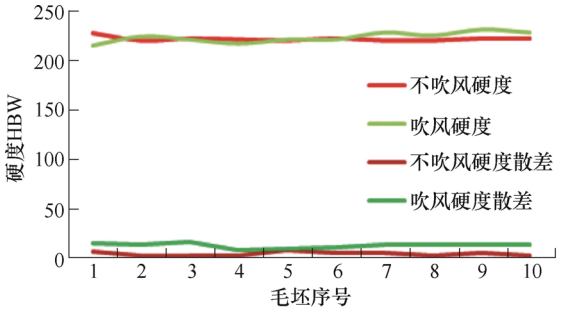


图3　吹风与不吹风硬度、硬度散差对比

（2）室内与室外空冷对比　如图4所示，室外冷却最大硬度普遍偏高，且硬度散差相差较大，故采取室内冷却。

（3）不同冷却箱内室内冷却对比　如图5所示，冷却箱有无铁板效果不明确，可采取通用冷却箱。

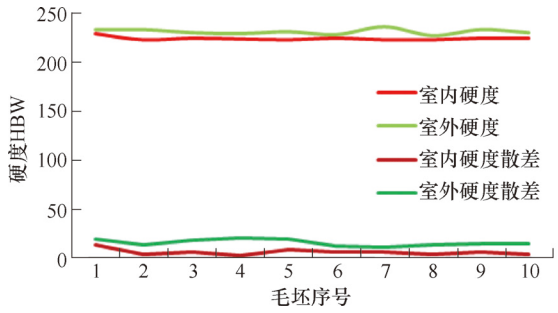


图4　室内与室外硬度、硬度散差对比

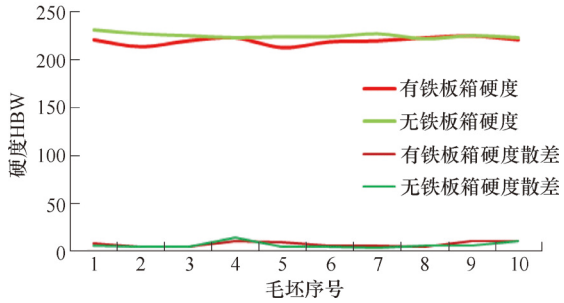


图5　有铁板与无铁板硬度、硬度散差对比

（4）冷却箱内不同位置对比　如图6所示，不同位置的最大硬度无明显区别，硬度散差底层≥顶层≥四周≥中心。

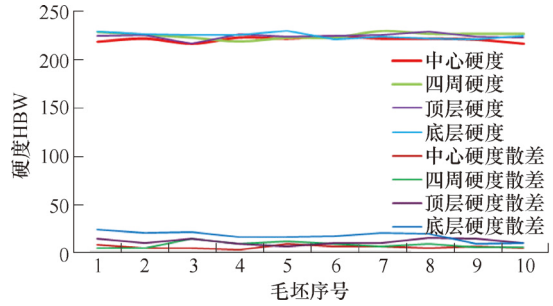


图6　箱内不同位置硬度、硬度散差对比

以上是在冬季进行的试验，经试验对比，在冬季沿用夏季的正火工艺会造成锻造毛坯的硬度过高，超规定上限，且硬度散差大，金相组织差。冷却箱是否有铁板对锻造毛坯的硬度、硬度散差的影响作用不大，无需增加成本制作新的冷却箱。

5　正火工艺改进

对现有正火工艺进行改善，在正火工艺参数不变的情况下，对冷却方式进行完善，夏季与冬季采用不同的冷却方式：冬季采用室内、不吹风、各冷却箱相邻较近的位置冷却，跟踪5个批次试验结果，硬度保持在180~220HBW，硬度散差最大为

（下转第73页）

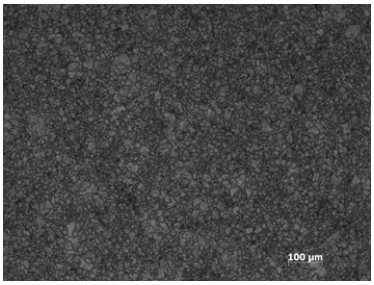


图18　模锻后等温正火+GFM锻后空冷+等温正火后锻造位置金相组织（100×）

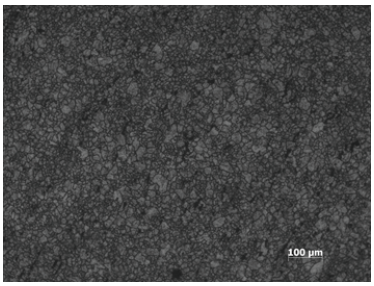


图19　模锻后空冷+GFM锻后空冷+等温正火后锻造位置金相组织（100×）

预制坯不同预处理状态是否影响渗碳后晶粒度，根据试验只要等温正火后金相组织合格就可以，试验状态见表4。四者的晶粒度没有太大区别，只是预制坯经过预处理，晶界更清晰而已，大晶粒数量少一点，但都是合格的。根据渗碳淬火后心部金相可以看出，对于锻件直接冷却和锻后缓冷，金相都是合格的，由于锻坯晶粒度细小，渗碳后的组织还是优于正常模锻件的。但是锻件锻后缓冷可以消除部分锻造应力，虽然直接空冷组织也是合格的，但是对于缓冷后的锻件由于应力的消除对于渗碳工件的变形还是有好处的。

6　结束语

综合上述试验可以看出，对于预制坯进行预处理，GFM锻造始锻温度<830℃，锻件可不用进行等温正火处理。对于预制坯采用较低的锻造温度（≤1000℃），预制坯组织不会太差，锻造时选用较低的锻造温度（≤820℃），锻造后空冷，进行等温正火，合格率也很高，可以达到90%以上，对于锻造过程缓冷有时执行有难度，通过降低预制坯锻造温度，提高预制坯质量，稳定GFM锻造温度，采用等温正火质量还是可以保证的。

1）在实际生产中发现，预制坯锻造时温度≤1000℃，能保证成形，GFM锻造后空冷没有经过缓冷处理，经过一次正火很多时候也是合格的，可能与预制坯锻造温度低有关，预制坯组织较好；也有可能钢中Al、Nb、Ti等碳氮化物形成元素[3]，对晶粒进行钉扎，可以防止晶粒长大，从而保证一次正火合格。

2）由于对锻件要求精度比较高，因此应对预制坯进行等温正火处理，控制预制坯硬度在最下限是锻件正火硬度要求。工件变形要求严格的锻件尽量采用锻后缓冷，根据变形试验或者增加锻后等温正火。

3）锻件晶粒度要求不低于5级，没有上限要求。另外，应对锻件硬度指定检测部位。

参考文献：

[1] 罗天星.汽车空心齿轮轴毛坯精密成形及工艺优化[D].重庆：重庆理工大学，2017.

[2] 陈合社.温锻工艺的优点及其局限性[J].热加工工艺，1985（3）：38-39.

[3] 冷锻用特殊钢的品种及发展趋势[N].世界金属导报，2016-6-14（B14）.

MW 20210415

（上接第68页）

15HBW，与试验前相比热处理不合格品趋于0；夏季采用室外、吹风、各冷却箱相邻较远的位置冷却，跟踪3个批次试验其硬度保持在180~220HBW，硬度散差保持在0~20HBW。通过试验与批量试验验证，通过改善正火工艺中的冷却方式，在不增加生产成本的基础上大大提高了正火良品率，也为后期的锻件生产分析提供了有利数据分析。

参考文献：

[1] 中国锻压协会.锻造加热与热处理及节能环保[M].北京：国防工业出版社，2010.

[2] 李尧.金属塑性成形原理[M].北京：机械工业出版社，2004.

MW 20210321