77752G轴承贝氏体等温淬火冷却工艺

瓦房店轴承集团精密转盘轴承有限责任公司 （辽宁大连 116300） 侯振刚

77752G是特大型四列圆锥滚子轴承，由两个双列内圈（77752G/22），两个单列外圈（77752G/21）和一个双列外圈（77752G/01）组成。外圈外径400mm，内圈外径325mm，有效厚度均为21～22mm，主要技术参数如表1所示。

表1 77752G主要技术参数

件号	外径/mm	宽度/mm	有效厚度/mm	单重/kg	形状系数
01	400	47	22	8.3	3.21
21	400	111	22	22.7	3.72
22	325	119	21	16.8	2.18
04	32	41	32	0.25	–

注：形状系数=（外径×单重）÷（宽度×厚度）

三种零件的外径均较大，单重最大为22.7 kg，相对于其宽度和有效厚度来说，形状系数较大，贝氏体等温淬火操作方法不当将直接影响零件的尺寸变化。为此，公司在产品设计时采用100CrMo7新材料，化学成分如表2所示。从中可以看出，相对于传统GCr15钢，该钢Mo含量较高。Mo是比Cr更强的碳化物形成元素，在钢中除了形成合金渗碳体外，形成特殊碳化物（MoFe）$_{23}C_6$、（MoFe）C_6等的倾向比Cr更强，使钢有更高的强度和尺寸稳定性。Mo还能延长过冷奥氏体向珠光体转变的孕育期，推迟珠光体转变，而对贝氏体转变影响不大，有利于在等温过程中得到较好的贝氏体组织。

（上接第21页）

近10年来，我国大专院校都取消了热处理和工业炉专业，而改为材料大专业。这些因素导致了企业对于人员技术培训方面的需求增强。

3. 装备

热处理装备应尽可能配备计量、记录、控制、报警及异常处理等功能，更新设备的主要出发点应该是可靠性高，节能，温度均匀度高，且性能价格比高。当前我国国产热处理装备虽然便宜，但在能耗，温度均匀性，以及自动化程度等性能上离国际名牌产品有较大差距，尤其是可靠性，即服役期间的故障率差距最大，不少风电中小紧固件企业已充分认识到生产技术上高起点和采用先进设备的重要性，对设备不具备的控制功能采用人工实现，但逐步实现热处理控制技术智能化不能缺少，否则将导致产品失控。

对热处理装备的维护保养十分重要，热处理装备的自动化、智能化程度越来越高，控制系统越来越集成化、小型化、智能化，对维修人员的维修技能也相应提出了更高的要求。

热处理装备上有许多易损耗件，需要定期进行维护更换，其维护成本较高，因此为保质保量地完成生产任务，紧固件企业对于合理价格配件的及时供应非常看重，这也是风电紧固件企业必须重点做好的事情。

三、结语

紧固件热处理所赋予产品的质量特性多是不直观的内在质量（如扭矩系数等），受抽检率和检验部位的限制，对于每一个甚至每一批次的紧固件来说，其检验都是局部的或个别的，很难做到对热处理质量进行100%的检测。紧固件生产企业必须重视其热处理质量，一旦出现问题，对生产和产品的影响面很大，很容易发生严重的机械故障。

MW（20120618）

表2 100CrMo7化学成分（质量分数） （%）

C	Cr	Mn	Si	Mo
0.98	1.8	0.3	0.3	0.19

新材料的采用改进了零件的贝氏体等温淬火质量，但为了使贝氏体淬火后工件尺寸变形量得到控制，根据轴承零件的结构、形状及尺寸特点，采用不同的冷却操作方法进行试验，并根据试验结果选择既保证产品内在质量又保证外形尺寸变化在技术标准要求内的冷却操作方法，从而确定操作规程。

一、试验方法

1. 试验工艺及装备

试验用贝氏体等温淬火加热设备为RJX－60炉，等温设备为RJY－90炉，等温淬火工艺如表3所示。回火工艺均为200℃×240min。

表3 77752G贝氏体等温淬火试验工艺

件号	淬火温度/℃	总加热时间/min	保温时间/min	等温温度/℃	等温时间/min	摆料方式
01	865	58	30	235	240	1×3
21		65				1×3
22		67				1×3

2. 77752G/01等温淬火操作方法及试验结果

（1）加热后的工作每次从RJX－60炉中取两件，等温240 min后压平面度。具体操作方法是：用2m长钩将工件从炉膛中捞出后，用钩翻转向上托住工件，快速移动到盐槽中，上下撺动3～5min后放入筐中，等温240min后取出，经四轴区瓢机压平60min后回火，取出工件清洗。

根据标准Q/WZJ3731－1998，其金相组织为托氏体3级，贝氏体2级，硬度为60HRC，合格。工件平面度和椭圆变形100%超过标准Q/WZ.J3735－1995规定，见表4。

表4 77752G/01等温淬火每次取两件尺寸变化（mm）

工件号	等温淬火前			等温淬火后		
	留量	椭圆	平面度	留量	椭圆	平面度
1	1.08	0.08	0.07	2.22	0.72	0.62
2	1.20	0.10	0.05	2.21	1.08	0.75
3	1.24	0.13	0.08	2.42	1.02	0.85
4	1.28	0.15	0.04	2.24	0.86	0.82
5	1.19	0.14	0.12	2.18	0.89	0.68
平均	1.18	0.12	0.072	2.254	0.914	0.744

此为77752G/01等温淬火原始工艺，实际上，等温后工件的内部组织基本稳定，等温后再压平面效果不明显。

（2）每次取一件，不压平面度。操作方法：用2 m长钩从炉膛中捞出一件，用1.4m长钩把工件轻挑起，移动到盐槽中，上下撺动3～5min后放入筐中，等温240min后取出，清洗后进行检测。

根据标准Q/WZ.J3737－1998，金相组织为托氏体3级，贝氏体2级，硬度60HRC。工件平面度变形均在Q/WZ.J3735规定范围内，70%工件的椭圆变形超过Q/WZ.J3735规定，见表5。

表5 77752G/01等温淬火每次取一件尺寸变化（mm）

工件号	等温淬火前			等温淬火后		
	留量	椭圆	平面度	留量	椭圆	平面度
1	1.10	0.10	0.05	2.21	0.66	0.36
2	1.30	0.12	0.06	2.29	0.50	0.38
3	1.15	0.06	0.05	2.15	0.70	0.46
4	1.19	0.06	0.06	2.10	0.52	0.50
5	1.17	0.18	0.08	2.14	0.56	0.47
平均	1.182	0.104	0.06	2.18	0.584	0.428

通过多次试验，认为此方法能够有效地保证工件的直径变动量和平面度，并且对于避免冷却操作过程中的机械碰撞有明显效果。故在实际操作过程中，采用每次取一件，不压平面度的操作方法。

3. 77752G/21等温淬火冷却操作方法及试验结果

（1）手撺冷却 用2m长钩把工件从炉膛中捞出，翻转、托住工件，移动到盐槽中，上下撺动3～5min后放入筐中，等温240min，取出清洗。

检测结果为，金相组织为贝氏体3级+少量托氏体，硬度59HRC。平面度变形符合标准规定，椭圆变形100%超标，见表6。

表6 77752G/21等温淬火手撺冷却尺寸变化（mm）

工件号	部位	等温淬火前		等温淬火后	
		留量	椭圆	留量	椭圆
1	边	1.58	0.12	2.61	1.26
	中	1.57	0.12	2.65	1.24
2	边	1.43	0.18	2.48	1.00
	中	1.50	0.28	2.53	1.10
3	边	1.54	0.24	2.46	1.20
	中	1.47	0.28	2.78	1.24
4	边	1.62	0.10	2.69	1.46
	中	1.57	0.18	2.64	1.00
5	边	1.54	0.12	2.53	1.06
	中	1.55	0.18	2.73	1.02
平均	边	1.534	0.152	2.554	1.196
	中	1.532	0.188	2.666	1.12

（2）旋转机冷却　用2m长钩把工件从炉膛中捞出后，用1.4m长钩把工件挑起，放在盐槽中旋转机上，转动3～5min，挑出放入筐中，等温240min，取出清洗。

检测结果为，金相组织为贝氏体3级+少量托氏体，硬度60HRC。平面度变形符合标准，见表7。

表7　77752G/21等温淬火旋转机冷却尺寸变化（mm）

工件号	部位	等温淬火前		等温淬火后	
		留量	椭圆	留量	椭圆
1	边	1.60	006	2.39	0.70
	中	1.58	0.07	2.50	0.72
2	边	1.47	0.10	2.24	0.60
	中	1.50	0.12	2.39	0.66
3	边	1.42	0.08	2.29	0.70
	中	1.44	0.08	2.55	0.74
4	边	1.64	0.14	2.48	0.56
	中	1.69	0.12	2.65	0.59
5	边	1.50	0.08	2.48	0.58
	中	1.51	0.10	2.59	0.56
平均	边	1.526	0.092	2.376	0.628
	中	1.554	0.098	2.536	0.654

从两种冷却操作方法加工的产品质量看，旋转机冷却要好于手撺冷却，故实际生产中采用旋转机冷却这种操作方法。

4. 77752G/22的不同等温淬火工艺

（1）一次等温淬火　对车工白皮工件加热后，在旋转淬火机上等温冷却。

（2）二次等温淬火　对一次等温淬火的工件再次加热后，在旋转机上等温冷却。

对一次、二次等温淬火工件质量进行对比发现，一次、二次等温淬火组织均含有少量托氏体，二次等温淬火组织更加细小，硬度均为60HRC。二次等温淬火后，内外径尺寸在一次等温淬火的基础上胀大了0.9%，椭圆变形平均为0.30mm，见表8。

表8　77752G/22等温淬火后内外径尺寸变化（mm）

工件号	二次等温淬火前		二次等温淬火后	
	留量	椭圆	留量	椭圆
1	0.08	0	0.35	0.20
2	0.05	0	0.215	0.35
3	0.010	0	0.225	0.35
平均	0.023	0	0.2613	0.30

二、试验结果分析

从上述试验结果可知，等温淬火冷却操作方法对产品质量有直接影响。

（1）77752G/01外径400mm，宽度47mm，两者之比为8.5∶1。77752G/01单件冷却工件的平面度、椭圆变形小于双件冷却。原因有3方面：①用2m长钩翻转形成的较大扭曲力矩使红热状态下的工件极易产生翘曲变形（即平面变形）。②用2m长钩挑起工件所用力比挑起一件大1倍。在操作过程中更易与盐槽壁碰撞，这种机械碰撞使红热状态下的工件容易造成塑性变形，对工件的椭圆变形、平面度带来不良影响。③在浸入盐槽窜动过程中，单件比双件轻，相比之下，双件操作的冷却速度比单件迟缓，这样容易产生不均匀的热应力和组织应力，对工件的外形尺寸变化也带来不良影响。

（2）77752G/21旋转机上冷却，椭圆变形小于手撺冷却。原因有以下两个方面：①77752G/21单重22.7kg，外径400mm、宽度11mm，工件外径、单重大，给操作者的操作带来困难。在窜动过程中，手撺本身使工件壁受很大的上下重力，工件易出现椭圆变形；而在旋转淬火机上冷却，工件壁受力较均匀，故对工件的直径变动影响不大。②7775G/21外径尺寸大，手撺冷却时工件不发生旋转运动，盐槽盐液上下各部位温度不一致，使工件冷却时的热应力和组织应力不均匀，给工件的外径尺寸变化带来影响；而旋转淬火机冷却时的旋转运动使冷却均匀性较好。

（3）二次等温淬火后内外径尺寸胀大0.9%，椭圆变形平均为0.30mm。由于二次等温淬火组织比一次等温组织细小，贝氏体含量更多。众所周知，工件在热处理过程中的比容变化规律为：P→A，体积收缩；A→B，体积膨胀；A→M，体积膨胀。一次等温淬火后，套圈因组织转变引起的尺寸胀大量为2%～4%。而二次等温淬火后，由于组织中贝氏体的含量进一步增加，故外径尺寸又有微小胀大，约0.9%。

三、结语

（1）工件经贝氏体等温淬火后，产生不同程度的尺寸变形是不可避免的。

（2）选择恰当的冷却方法可较好地控制工件变形。

（3）77752G轴承零件一次贝氏体等温淬火后，外径平均胀大0.2%～0.3%，二次贝氏体等温淬火后，外径在此基础上胀大0.9%。**MW**

（20120507）