ZG35CrMo 大齿轮粗开齿正火代替调质工艺

中国有色（沈阳）冶金机械有限公司 （沈阳 110141） 齐永丰 李 萍

二、三次制粒机是我公司为某钢铁公司生产的产品，大齿轮是传动装置的关键部件，其中大齿轮材质选用 ZG35CrMo 铸造合金钢，规格为 ϕ6390/ϕ5440mm × 830mm（m = 45、z = 140），净重 27 700kg。图样技术要求：调质，齿面硬度 200 ~ 255HBW。大齿轮采取两半齿轮分体式组合结构，如图 1 所示。

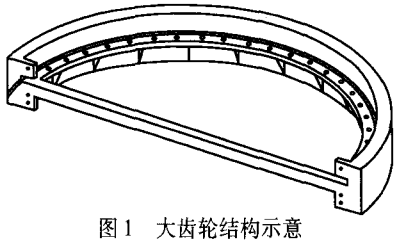


图 1 大齿轮结构示意

1. 大齿轮调质存在的问题及解决对策

对于模数 45、齿数 140、直径 6m 以上的铸造合金钢大齿轮进行调质处理，会存在以下问题。

（1）调质后的变形问题，上下端面、径向都会产生变形，出现较大的变形和扭曲。

（2）由于调质时变形量过大，为保证加工，热处理前留有较大加工余量，在铣齿过程中，淬硬层被加工掉，就不能充分发挥调质的作用。

（3）大型铸件进行调质，由于成分偏析，硬度分布不均匀，波动较大，局部会出现硬度过高现象，从而造成加工困难，生产周期不能保证，加工费用随之增加。

（4）大模数齿轮采用粗车外圆后调质，由于受到钢材淬透性的限制，往往在齿根部位不能获得所需的调质组织和硬度。

为了解决大齿轮调质过程中出现的问题，考虑到正火、回火硬度均匀，变形量小，以及操作简单的优势，决定采用粗开齿正火、回火代替调质。

2. 工艺试制方案及实施

（1）化学成分的设计 大齿轮材质为 ZG35CrMo，化学成分如表 1 所示。该材料含碳量及合金元素含量均较低，如果采用正火 + 回火工艺方法达到硬度和淬硬层深度要求，就必须严格控制化学成分。钢中碳含量的多少是决定淬硬性的主要因素，因此要求大齿轮的碳含量要控制在中上限。Cr、Mo 两种合金元素是提高淬透性的主要元素，要求 Cr、Mo 含量也要在中上限。

表 1 ZG35CrMo 化学成分（质量分数）（%）

C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo
0.30 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80	0.30 ~ 0.50	≤0.035	≤0.035	0.80 ~ 1.20	0.20 ~ 0.30

铸造时按上述要求进行配料、浇铸，以确保热处理正火 + 回火后大齿轮性能达到技术要求。大齿轮化学成分见表 2。

表 2 大齿轮化学成分（质量分数）（%）

齿轮号	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo
第 1 半	0.35	0.57	0.36	0.013	0.026	0.88	0.21
第 2 半	0.37	0.65	0.33	0.018	0.020	1.05	0.22

（2）正火、回火工艺参数的制定 根据大齿轮化学成分制定正火 + 回火工艺，其工艺曲线如图 2 所示。

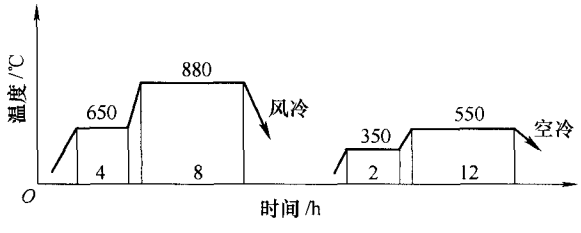


图 2 大齿轮正火、回火工艺

（3）确定加工余量 既要保证大齿轮齿面硬度分布均匀，齿根有足够的强度和硬度，又要防止正

火+回火产生的变形对后续加工的影响，保证精铣齿加工，需确定正火+回火前加工余量：端面16mm，径向面18mm，齿侧面15mm，齿底30mm。

（4）正火+回火工艺的实施　为减小大齿轮在加热和冷却过程中的变形，保证加热和冷却的效果，大齿轮装炉过程控制采取以下措施：①在装炉时，两个半齿轮上下摆放，两个半齿轮端面之间用大小形状相同的垫铁垫起，保证两半齿轮上下端面对齐。②拉筋处要用耐火砖垫实，防止拉筋处在加热时下沉引起齿轮变形。③为保证两个半齿轮的硬度均匀，将含碳量低的半齿轮放在上面，这样能够确保含碳量低的半齿轮在冷却时有足够的冷却速度，保证两个半齿轮硬度相近。

为使齿面硬度达到技术要求，就要增大冷却速度，因此设置多台风机进行风冷。采用高矮不同的两种风机，高风机吹上半齿轮，矮风机吹下半齿轮，高矮风机穿插摆放。每台风机距齿轮外圆面的距离相同，风要平吹到齿面上，使整个齿面冷却均匀。大齿轮出炉风冷时，10台风机同时进行风冷，风机要对准齿面外圆平吹，保证风冷时间达到6h以上。

（5）尺寸检查　记录下大齿轮热处理前后的尺寸，进行比较，以便掌握热处理前后齿轮的变形情况。齿轮自检记录见表3。

表3　热处理前后齿轮尺寸数据

齿轮号	外圆/mm	内圆/mm	拱高/mm	备注
第1半	φ6425	φ5410	3210	热处理前
	φ6450	φ5425	3200	热处理后
第2半	φ6425	φ5410	3210	热处理前
	φ6445	φ5425	3205	热处理后

根据以上自检数据可以看出，大齿轮经正火+回火前后变形量不大。到机加工现场跟踪划线，认定大模数齿轮粗开齿正火+回火后变形量能够保证精铣齿加工。以上结果证明，粗开齿正火+回火前的加工留量合适。

（6）硬度检测　正火+回火后，对大齿轮进行硬度检查，每件半齿轮检查5点，采用布氏硬度检测（锤击式），检测部位为齿轮的端面，检测结果见表4。大齿轮粗开齿正火+回火后的硬度处于210～265HBW之间。齿轮精铣齿后复检硬度，采用里氏硬度计（G头），检测部位为齿顶及齿侧，检测结果见表5。大齿轮精铣齿后的硬度处于200～240HBW之间，能够满足技术要求。

表4　大齿轮正火+回火后硬度　（HBW）

齿轮号	1点			2点			3点			4点			5点		
第1半	218	211	242	215	241	232	215	241	242	255	241	240	255	262	240
第2半	252	212	212	252	215	210	235	215	212	219	220	226	220	226	232

表5　大齿轮精铣齿后硬度　（HBW）

齿轮号	1点			2点			3点			4点			5点		
第1半	210	210	205	217	240	216	238	209	215	213	220	208	224	210	215
第2半	205	212	212	208	219	220	234	202	210	211	203	205	212	210	225

（7）力学性能测试　对正火+回火同炉试棒进行力学性能测试，结果如表6所示。试验结果与JB/T 6402—2006标准中调质的力学性能数据进行对比，正火+回火试棒性能与标准中要求的调质性能相当。

表6　大齿轮同炉试棒力学性能

热处理状态	力学性能					备注
	σ_s/MPa	σ_b/MPa	δ（%）	Ψ（%）	HBW	
调质	510	686	12	25	201	标准
正火+回火	535	725	13.5	30	240	试棒1
	520	705	12.5	28	223	试棒2

3. 结语

采用粗开齿正火+回火代替调质工艺，完全可以满足技术要求，齿面硬度达到200～255HBW，强度也能够达到调质水平。同时减少了对开大齿轮齿顶、齿侧的硬度差，且齿面硬度分布均匀。

该工艺的实施，解决了调质后大齿轮变形大、校形难的问题；解决了调质后存在硬点不易加工的问题，缩短了加工周期，有效地防止了在调质时出现的硬度不均，以及在使用时易出现点蚀的现象。

该工艺操作简便，不需要专用的大水槽和大油槽，也不需要专用的吊装治具，只要有台车式电阻炉或燃气炉即可实现，节约能源，减少污染，易推广。**MW**

（20120115）