

ZG34Cr2Ni2Mo四分之一齿轮 热处理工艺研究

■ 邹颖, 刘艳斌, 杨迪, 李红

摘要: 通过投制小截面试块及模拟试验件进行了大齿轮的热处理工艺模拟, 在不同的热处理制度下进行材料性能、齿面硬度及淬透性试验, 获得一系列试验数据, 为制订最佳四分之一齿轮的热处理工艺方案提供依据。在控制好各项参数的条件下, 采用油冷却方法四分之一齿轮粗铣齿后调质, 达到力学性能和硬度要求。

大齿轮是球磨机上的关键部件, 要求其具有良好的综合力学性能及齿面的耐磨性能, 从而保证磨机整机运行的质量。当冶炼、浇注等冶金因素确定之后, 金相组织就成为工件力学性能的决定性影响因素, 而化学成分和热处理制度对于工件各部位金相组织的形成又是至关重要的。

不同的热处理方式、热处理参数的改变, 对材料的力学性能都有不同的影响, 从而影响零件的使用性能、使用寿命和失效方式。因此, 本文对大齿轮的热处理性能和热处理方式进行试验研究, 为制订最佳大齿轮的热处理工艺方案提供依据。

1. 零件尺寸及技术要求

该零件应用在球磨机上。材料为ZG34Cr2Ni2Mo, 直径达11560mm, 技术要求为: 齿面硬度280~320HBW, 力学性能 $R_e \geq 700\text{MPa}$ 、 $R_m = 950 \sim 1000\text{MPa}$ 、 $A_5 \geq 12\%$ 、 $A_{kv} \geq 32\text{J}$ 。

2. 工艺试验

试验方案: 按照我们公司现有加热设备能力, 大齿轮需要铸成四分之一进行调质, 由于齿面硬度要求比较高, 如果调质后铣齿, 硬度高铣齿困难; 能否粗铣齿后调质, 对于这种合金钢铸造齿轮在热处理技术上提出了新的课题。

试验方式是通过投制小试块及试块模拟试验件进行工艺模拟, 在不同的热处理制度下进行材料性能、齿面硬度及淬透性试验, 获得一系列的试验数据, 为制定最佳四分之一齿轮的热处理工艺方案提供依据。

最终保证大齿轮材料性能达到 $R_e \geq 700\text{MPa}$ 、 $R_m = 950 \sim 1000\text{MPa}$ 、 $A_5 \geq 12\%$ 、 $A_{kv} \geq 32\text{J}$, 齿面硬度达到280~320HBW, 而不产生开裂和较大的变形, 为今后大

型齿轮的生产提供工艺保证。

投制14件试块, 规格: 150mm×150mm×200mm, 化学成分见表1。四分之一齿轮试块淬火和回火设备用4.5kW电炉。

(1) 正火后不同的回火温度对材料性能及金相组织的影响正火工艺为 $(860 \pm 10)^\circ\text{C}/3\text{h}$, 空冷。采取不同的回火工艺后, 其性能及金相组织见表2。

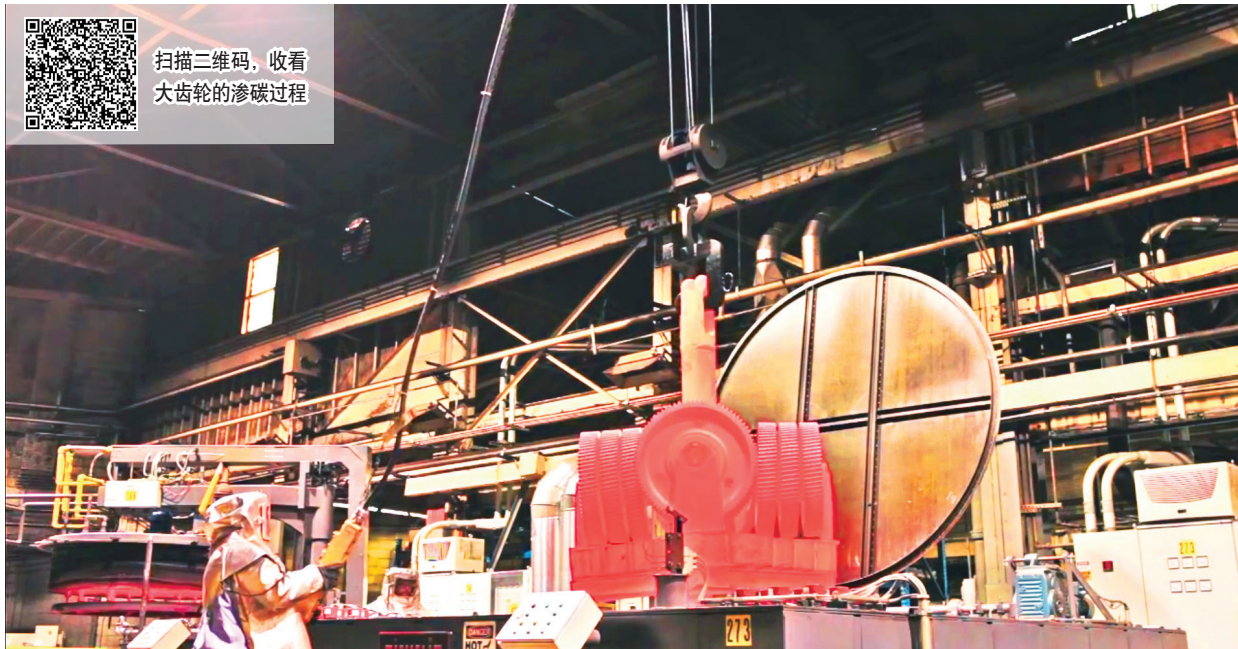
(2) 淬火冷却介质采用油冷, 不同的回火温度对材料性能及金相组织的影响 淬火工艺为 $(860 \pm 10)^\circ\text{C}/3\text{h}$, 油冷。采取不同的回火工艺后, 其性能及金相组织见表3。

3. 齿面硬度及淬透性试验

(1) 试验件及试验用设备试验件外形模仿实际大齿轮, 其有效截面和实际大齿轮有效截面

表1 试块化学成分 (质量分数) (%)

元素	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo
标准	0.30~0.70	0.30~0.060	0.60~1.00	≤ 0.035	≤ 0.035	1.40~1.70	1.40~1.70	0.15~0.35
实际	0.34	0.37	0.85	0.020	0.013	1.49	1.4	0.22



相同，见图1，化学成分见表1。试验件加工路线主要参照四分之一齿轮工艺进行：铸造→铸后正回火→铸后粗铣齿→正回火热处理→解剖分析齿面淬透性及性能→调质→解剖分析齿面淬透性及性能。

(2) 热处理工艺参数的制订、淬透性及淬硬性试验 由于试验是模仿实际四分之一齿轮的生产，所以在制订工艺参数及质量控制方面都要按实际生产考虑。制订出符合四分之一齿轮粗铣齿后热处理生产各个环节的质量控制方法和措施，如：原始组织应为正回火状态，如为退火态要补作正火热处理，以改善原始组织。此外，对装炉方式、炉膛温度、试验件温度等实时监控，用铠装热电偶对试验件实际温度进行实时监控。

对于四分之一齿轮来说，如淬透性不足，淬火后就不能获得足够厚度的淬硬层，不能获得足够数量的马氏体，齿面硬度就不

能达到要求，尤其是力学性能（如屈服强度、疲劳强度）会显著降低。如果不能对零件进行具体分析，一律要求保证淬透，就要提高钢中合金元素含量，导致

成本增加，造成浪费。我们对试验件进行粗铣齿后正回火及调质处理，检测了其淬透性、淬硬性、力学性能和金相组织。结果如下：①粗铣齿后正

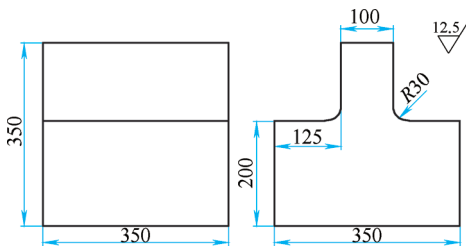


图1 试块形状

表2 不同回火工艺后的力学性能及金相组织

回火工艺	R_e /MPa	R_m /MPa	A_5 (%)	Z (%)	A_{KV} /J	HBW	晶粒度 /级	金相组织
580℃/5h 空冷	770	931	8.0	15.0	15、 15、16	282	6.5	回火索氏体 +铁素体
600℃/5h 空冷	745	900	10.0	17.0	18、 17、18	270	6.5	回火索氏体 +铁素体

表3 不同回火工艺后的力学性能及金相组织

回火工艺	R_e /MPa	R_m /MPa	A_5 (%)	Z (%)	A_{KV} /J	HBW	晶粒度 /级	金相组织
580℃/5h 空冷	900	1040	14.0	45.0	47、 48、50	330	7级	回火索氏体
600℃/5h 空冷	835	980	17.0	46.0	65、 67、69	310	7级	回火索氏体

回火试验：正火温度870℃/3.5h空冷，580℃/7h回火，切50mm后检测：淬透性、淬硬性、性能及金相组织：见图2和表4。

②粗铣齿后调质试验：淬火温度860℃/3.5h油冷，600℃/7h回火，切100mm后检测淬透性、淬硬性、性能及金相组织，见图3和表5。

4. 试验结果分析

通过对ZG34Cr2Ni2Mo四分之一齿轮试块淬火后采取不同的冷却方法、不同温度回火，其性能变化的规律是：

(1) 正火回火后由于所得组织含有铁素体，所以，强度、硬度、冲击吸收能量较低。

(2) 淬火采用油冷后不同温度回火，随着回火温度的升高，零件的强度、硬度降低，塑性和韧性升高，通过选择合适的淬火温度和回火温度可以满足材料性能。

从ZG34Cr2Ni2Mo四分之一齿轮模拟试验件的试验结果看，实际生产时四分之一齿轮淬火采用油冷却的方法，只要成分控制在要求范围之内，不论是材料性能还是齿面硬度都能满足大齿轮

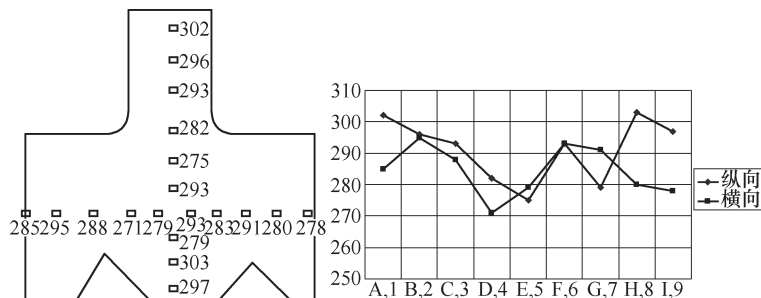


图2 正回火后硬度分布图

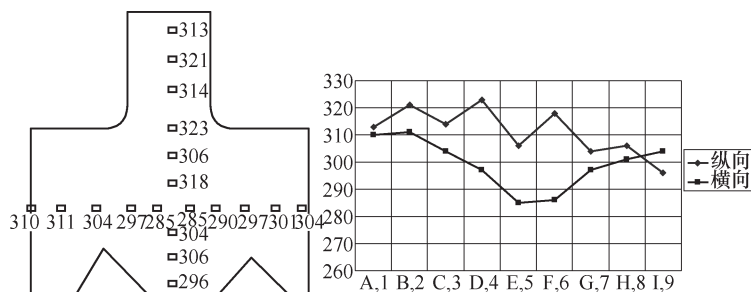


图3 调质后硬度分布图

表4 正回火后的力学性能及金相组织

R_e /MPa	R_m /MPa	A_5 (%)	Z (%)	A_{KV} /J	HBW	晶粒度 /级	金相组织
775	940	10.0	14.5	13、12、13	285	6.5	回火索氏体 +铁素体

表5 调质后的力学性能及金相组织

R_e /MPa	R_m /MPa	A_5 (%)	Z (%)	A_{KV} /J	HBW	晶粒度 /级	金相组织
845	990	15.5	40.0	67、70、65	313	7级	回火索氏体

的使用要求，同时通过沿齿面硬度的检测及力学性能试验，使我们对该材料的淬透性及淬硬性有所了解。

5. 结语

通过此项研究可知，对于大型铸造合金结构钢齿轮，可以四分之一粗铣齿后调质热处理。在生产过程中，只要装炉和起吊过程采取有效的措施，监控好整个工艺过程，采用油冷却的方法选择合适的回火温度，使大齿轮达到所要求的力学性能和调质硬度要求。

作者简介：邹颖、刘艳斌、杨迪、李红，沈阳铸锻工业有限公司。

MW 20160419

