

带内孔单键槽齿轮零件热处理变形规律研究

■ 海侠女，杨扬

摘要：在保证齿轮零件热处理技术指标满足的前提下，研究齿轮零件内孔单键槽的热处理变形规律，为热处理前机加工尺寸提供变形数据，也为类似结构的零件热处理工艺提供参考。

关键词：内孔单键槽；渗碳淬火；键宽；键深；热变形

我公司生产齿轮零件的结构如图1所示，该结构决定了内孔单键槽的热变形存在不对称的特点。本文通过对内孔单键槽的键宽和键深尺寸热处理前后的对比分析，研究单键槽的热处理变形规律。

1. 试验内容

(1) 齿轮零件原材料及工艺流程 零件的钢材为8620RH，主要化学成分如表1所示，末端淬透性如表2所示。

齿轮零件工艺流程：下料→锻造→正火→粗精车→拉单键→滚齿→剃齿→渗碳淬火→抛丸→磨棱→磨内孔→检验→清洗（防锈）→包装→入库。

(2) 齿轮零件的热处理技术要求 齿轮零件的有效硬化层深0.59~1.01mm，表面硬度58~63HRC，心部硬度30~45HRC（半齿高和齿部中心线的交点C）、≥25HRC（齿部中心线与齿底直线的交点D）。

(3) 齿轮零件的热处理设备 & 工艺 针对我公司热处理设

备类型，使用爱协林28工位环形热处理炉和42工位环形热处理炉，均由预氧化区、加热区、强渗区、降温区、淬火油槽、清洗和回火区构成，其中28工位环形热处理炉的主炉周期为14min，42工位环形热处理炉的主炉周期为11.5min。以此两种炉型为零件的生产炉型进行工艺开发，其中28工位环形热处理炉的工艺（1[#]）如图2所示，42工位环形热处理炉的工艺（2[#]）如图3所示，具体工艺参数如表3所示。

如图4a所示，备料时使用H杆将零件串放，将单键槽卡在H

杆的一侧；如图4b所示，10个零件在炉腔中的位置分布，可代表炉腔所有位置的变形情况。

齿轮零件热处理后检测结

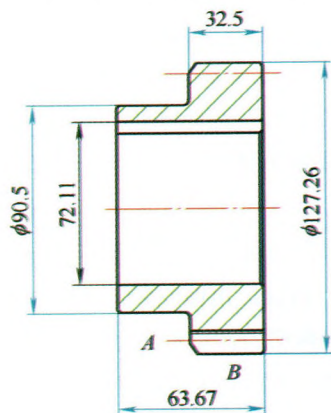


图1 零件结构示意图

表1 钢材主要化学成分（质量分数）（%）

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
0.20	0.22	0.78	0.0060	0.020	0.053	0.43	0.51
Ti	V	Al	B	Mo	Nb	W	Sn
<0.001	0.0050	0.025	<0.0005	0.17	<0.005	0.011	0.0050

表2 末端淬透性

样品	距离/mm							
	1.5	3	4.76	6	7.9	9	12.7	15
	端淬值HRC							
目标值	43~48	—	35~41	—	26~34	—	21~28	—
1	43.9	—	40.4	—	30.8	—	25.5	—
2	44.7	—	38.2	—	29.0	—	23.9	—

果, 如表4所示, 均符合图样和热处理标准的要求。

2. 齿轮零件单键槽的键宽和键深尺寸测量

选用40个齿轮零件, 此试验零件的热处理前状态为同一批钢材、同一锻造方式、同一冷加工方式, 打编号并分批测量热处理前单键槽尺寸。28工位环形热处理炉和42工位环形热处理炉各分两次入炉, 且搭配同类工艺零件成满炉状态, 热处理后测量单键槽的尺寸, 与热处理前测量为同一人。

使用三坐标测量仪, 对A端和B端的单键槽键宽和键深进行测量。齿轮零件单键槽的键宽和键深尺寸测量结果及分析如下。

(1) 齿轮零件热处理前单键槽的键宽和键深尺寸测量结果及分析 齿轮零件使用拉刀加工成单键槽, 使用A端为定位端面, 拉刀由B端进入, 由A端拉出, 即B端为进刀口端, A端为出刀口端。由图5a和图5b可知, A端热前的键宽和键深尺寸大于B端热前的键宽和键深尺寸。

(2) 齿轮零件热处理后单键槽的键宽和键深尺寸测量结果及热变形量分析 在28工位环形热处理炉和42工位环形热处理炉进行热处理, 对热处理后的零件的键宽和键深尺寸进行测量, 变形量=热后尺寸-热前尺寸, 具体数据如表5所示。由图6a、图6b可知, 齿轮零件呈现出现相同的变形规律: A端键宽、键深涨大, B端键宽、键深收缩。

根据热处理前测量数据可知, 热处理前拉单键后有一定的锥度,

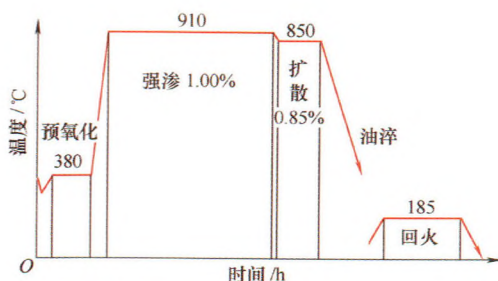


图2 28工位环形热处理炉工艺 (1#)

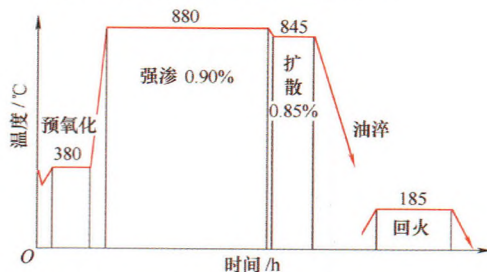
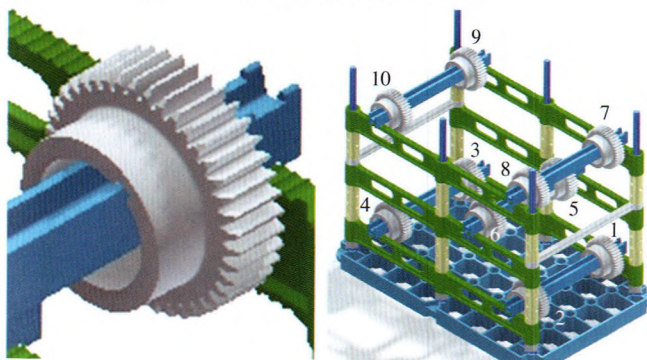


图3 42工位环形热处理炉工艺 (2#)



(a) 单键槽卡H杆示意

(b) 10个零件在炉腔中的位置分布

图 4

表3 1#和2#热处理工艺参数

热处理工艺	强渗阶段		扩散阶段		快速淬火油	回火阶段	
	温度/℃	碳势(%)	温度/℃	碳势(%)	油温/℃	温度/℃	时间/h
1#	910	1.00	850	0.85	80	185	3
2#	880	0.90	845	0.85	70	185	3

表4 1#和2#热处理工艺的检测结果

热处理工艺	表面硬度HRC	硬化层深/mm	C点硬度HRC	D点硬度HRC
1#	58	0.76	35	25
2#	59	0.67	37	27

表5 齿轮零件的热变形数据表

炉型	A端键宽涨量/mm	A端键深涨量/mm	B端键宽缩量/mm	B端键深缩量/mm
28工位环形热处理炉	0.0037~0.0271	0.0108~0.0977	0.0023~0.0532	0.0066~0.0360
42工位环形热处理炉	0.0079~0.0538	0.0279~0.0733	0.0034~0.0337	0.0032~0.0504

其中键宽锥度小, 键深锥度较大 (键宽锥度: $0 \sim 0.0179\text{mm}$, 键深锥度: $0.0037 \sim 0.0945\text{mm}$)。因此, 建议热处理前机加工可以调换进出刀口端, 将A端调整为进刀口端, B端调整为出刀口端, 这样在一定程度上对单键槽热处理变形有补偿作用。

对比28工位环形热处理炉和42工位环形热处理炉热处理后的零件键宽和键深尺寸, 由图7a、图7b可知, 两种炉型热处理后零件键宽和键深尺寸差异不大。因此28工位环形热处理炉的高渗碳温度短时间工艺(1[#])和42工位环形热处理炉的低渗碳温度长时间工艺(2[#])在保证热处理技术指标达到要求的前提下, 均能满足产品图样中的尺寸要求。

结合热处理前尺寸 (见图5)、热变形量 (见图6) 和热处理后尺寸 (见图7) 可知, 在热处理变形量稳定的情况下, 热处理后尺寸的趋势与热处理前尺寸的趋势保持一致, 尤其明显的是, B端热处理前键深尺寸曲线在后半段 (零件编号11~20) 出现数值增大, B端热处理后键深尺寸曲线在后半段 (零件编号11~20) 也出现了此趋势。

众所周知, 零件热处理变形的结果是热处理前各工序 (锻造、机加工) 残留应力、热处理过程中的热应力和组织应力的共同作用^[1]。此次试验在保证热处理前残余应力状态一致的前提下, 研究不同类型工艺对热处理变形的影响, 由试验数据可知, 28工位环形热处理炉的高渗碳温度短时间工艺和42工位环形热处理炉的低渗碳温度长时间工艺热处理后的产品的单键槽的尺寸

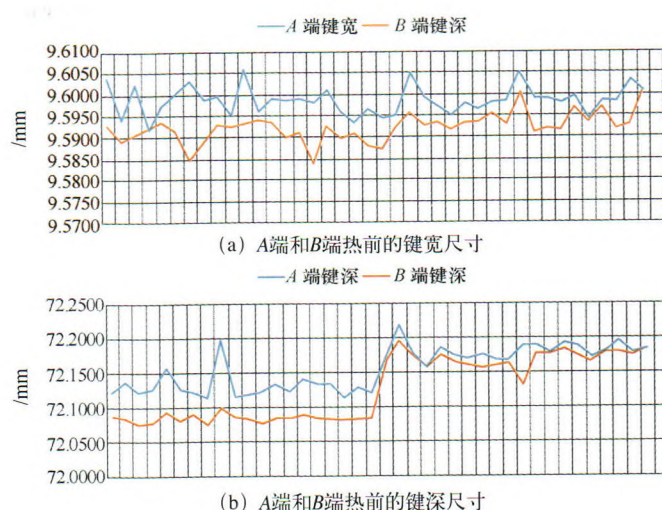
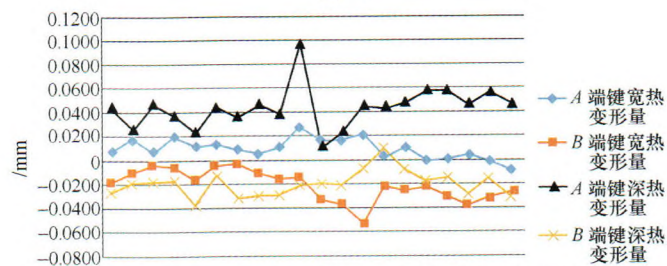
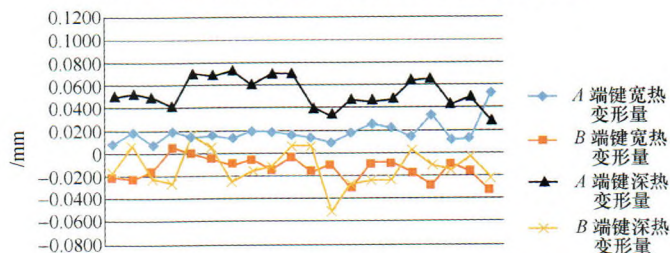


图 5

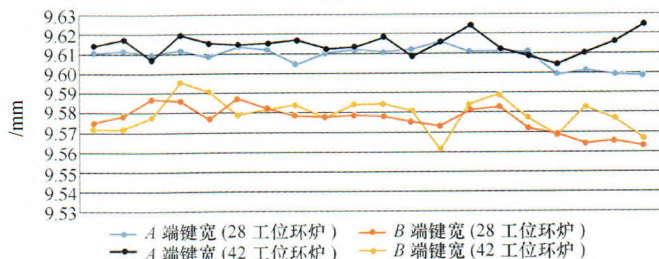


(a) 28工位环形热处理炉热处理后单键键宽的热变形量

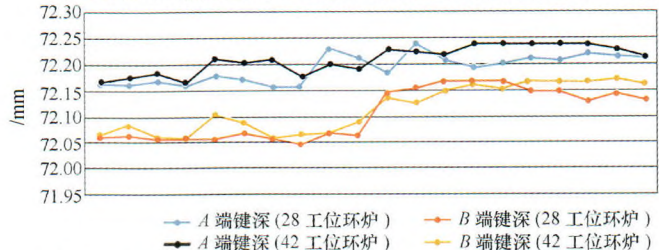


(b) 42工位环形热处理炉热处理后单键键宽的热变形量

图 6



(a) 28工位环形热处理炉和42工位环形热处理炉热处理后键宽尺寸对比



(b) 28工位环形热处理炉和42工位环形热处理炉热处理后键宽尺寸对比

图 7



SAE8620H等齿轮渗碳钢 疲劳强度的提升

■ 王彩, 谢立湘, 马军, 潘晓东

摘要: 针对SAE8620H等齿轮渗碳钢, 主要考虑合金元素、表面状态对疲劳强度的影响, 通过材料选取、渗碳淬火工艺优化、喷丸强化、以及强喷后磷化、高能等离子弧喷涂等工艺措施, 提升齿轮疲劳强度。结果表明, 强喷后高能等离子弧喷涂复合工艺能更有效地提高齿轮的疲劳强度, 延长齿轮副的疲劳寿命。

关键词: 疲劳强度; 喷丸强化; 高能等离子弧喷涂; 磷化处理

设计开发六档轿车变速器时, 最大输入扭矩增加到180N·m以上, 为了减轻变速器重量, 结构更加轻便, 仅采用渗碳淬火工艺已无法满足齿轮疲劳寿命的设计要求。为此, 我公司从材料、工艺上进行新的尝试来提升齿轮根部的弯曲疲劳强度和齿轮表面的接触疲劳强度。而影响疲劳强度的因素有受力状态、工作温度、材料的化学成分及显微组织、表面质量和残余应力等。现

主要考虑合金元素、表面状态对疲劳强度的影响, 通过工艺开发, 充分发掘材料的性能来提高疲劳强度, 满足疲劳寿命的设计要求。

1. 增加低碳合金钢中Ni含量 变速器齿轮可采用SAE8620H

材料代替20CrMoH来提高齿轮根部的弯曲疲劳强度, 表1为SAE8620H与20CrMoH材料主要化学成分的区别。SAE8620H材料Ni含量增加了约0.50%, Cr含量减少约0.50%, 即用0.50%的Ni代替0.50%的Cr。Ni能中等强化铁素体, 增加Ni能很好地提高

表1 20CrMoH与SAE8620H主要化学成分(质量分数)要求 (%)

牌号	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
20CrMoH	0.17~0.23	0.17~0.35	0.55~0.90	0.85~1.25	0.15~0.35	—
SAE8620H	0.17~0.23	0.15~0.35	0.60~0.95	0.35~0.65	0.15~0.25	0.35~0.75

均符合图样要求。因此, 在生产上可选用其中任一种炉型为生产炉, 另一炉型为备用炉。

3. 展望

零件经过热处理后发生变形是不可避免的, 由于热处理过程中产生的热应力、组织应力, 以及热处理之前机械加工、锻造、轧制等所引起的残余应力、组织分布不均匀等, 均可能导致热

处理过程中产生零件变形^[2], 因此, 对于非对称、薄壁等异形结构零件的热变形规律需要经过大量试验、长期跟踪才能掌握。根据热处理变形规律, 合理设计机加工工艺, 冷加工工艺和热加工工艺相互配合, 才能更好地满足产品设计要求。

参考文献

[1] 侯增寿, 卢光熙. 金属学原理

[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1990.

[2] 刘云旭, 王淮, 季长涛. 正火影响渗碳齿轮热处理畸变的一个重要因素[J]. 金属热处理, 2005, 30(3): 46-49.

作者简介: 海侠女、杨扬, 陕西法士特齿轮零件有限责任公司。

MW 20170523