20CrMnTi拖拉机传动齿圈淬火变形的控制

吴华，卞云霞

摘要：拖拉机最终传动齿圈，所采用的材料为20CrMnTi，热处理工艺为碳氮共渗+直接淬火+低温回火。从热处理内应力和零件结构尺寸的影响，分析了造成拖拉机最终传动齿圈在碳氮共渗和淬火过程中发生变形的主要原因，通过优化工艺路线和淬火工艺参数，提高了传动齿轮的合格率。

关键词：20CrMnTi；拖拉机齿圈；碳氮共渗；热应力；变形

本文研究的最终传动齿圈（见图1）为拖拉机装置上的一个重要部件，材质为20CrMnTi，产品经过前期锻造、正火、机械加工至最终尺寸，转入热处理工序，该产品热处理技术要求：齿面淬火硬度58～63HRC，心部硬度35～48HRC，有效硬化层深度*Dc*=0.5～0.8mmHV1，表面组织：残留奥氏体（A'）+回火马氏体（$M_{回}$），1～5级合格，机械加工方面对热处理工序后提出允许的淬火变形量见表1。

1. 变形分析

（1）内应力的影响　零件淬火、回火及表面淬火、化学热处理后都能产生变形，其中淬火变形最为严重。淬火引起的变形是由组织转变产生体积变形，以及淬火时热应力和组织应力引起的形状变形引起。淬火冷却前期，主要是热应力起作用，在淬火冷却的后期，起主导作用的是组织应力。

淬火时，奥氏体向马氏体转变，伴随比体积的直径缩小，马氏体的比体积大于奥氏体，转变结果引起体积膨胀，对于20CrMnTi低碳合金钢来说，合金元素多，*Ms*点较低，残留奥氏体量较多，组织应力引起的变

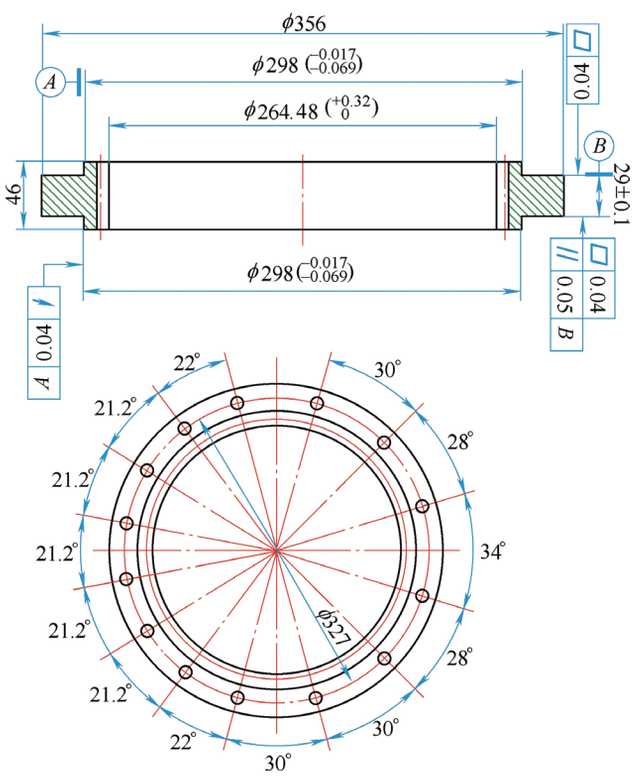


图1　最终传动齿圈结构示意

表1　允许的淬火变形量　（mm）

淬火前	淬火后
ϕ356mm外圆对*B*面的平面度跳动≤0.04	ϕ356mm外圆对*B*面的平面度跳动≤0.20
ϕ298mm外圆对*A*面的平面度跳动≤0.04	ϕ298mm外圆对*A*面的平面度跳动≤0.20

形小，变形常以热应力为主，适当降低淬火温度，可减小淬火时的热应力。

（2）工件结构尺寸的影响　该零件外圆ϕ356mm、ϕ298mm之间有一个凹凸的台阶，内圈为传动齿，14个定位孔呈不对称分布，零件淬火时由于定位孔分布不均匀，在加热和冷却时，即孔径在*A-A*方向上缩小，在*B-B*方向上涨大，使孔产生椭圆，由于孔分布不均匀，孔的变形使齿轮的公法线长度变动量增加，如图2所示。另外，齿轮为盘形零件，采用齿轮轴线与冷却油液面垂直的入油方式，淬火时易产生翘曲变形，淬火过程中应避免重叠堆放，减少重力影响，齿圈间应有间距，确保圆周冷却均匀。因此，需确定合适的装夹方式。

2. 工艺试验

采用两种方案进行工艺试验，技术要求为渗层深度：0.5～0.8mm（550HV1）；表面硬度：58～63HRC；表面组织：马氏体+残留奥氏体（1～5级合格）；心部硬度：35～48HRC。

方案1：多用炉内富化气为丙烷C_3H_8，NH_3经过加减压过滤后通入炉内。设备PHQ（F）-10密封箱式多用炉，装炉量10件，平放（装夹方式），经过180℃±10℃回火120min（见图3a）。

方案2：多用炉内富化气为丙烷C_3H_8，NH_3经过加减压过滤后通入炉内。设备PHQ（F）-10密封箱式多用炉，装炉量10件，吊装（装夹方式），经过180℃±10℃回火120min（见图3b）。

3. 热处理后性能检测分析

金相检测抽检结果如表2所示，热处理后机械尺寸检测结果如表3所示。

降低共渗及淬火温度，保证足够的扩散时间，不仅可以降低热应力的影响，也有利于渗层马氏体组织的细化，还可以减少圆度误差；提高淬火冷却介质温度，减少淬火变形；入油方式改为齿轮轴线与冷却油液面平行的吊装方式，使齿轮冷却较均匀，减小淬火时的热应力。

方案1、方案2的比较，之后又经过10个批次的方案2生产试验，该零件ϕ356mm外圆对*B*面平面度跳动量合格率均超过95%以上，工艺取得较为满意的结果。

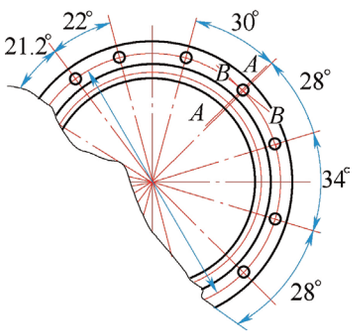
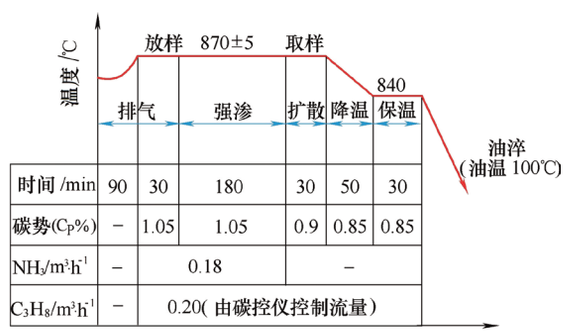
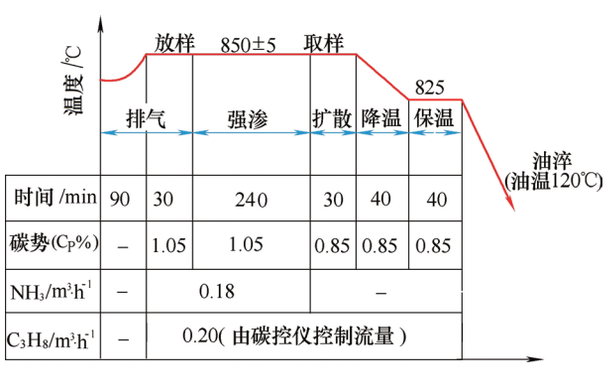


图2　定位孔变形情况



（a）方案1



（b）方案2

图3　20CrMnTi传动齿圈热处理

表2　金相检测抽检结果

检测项目	工艺1			工艺2		
表面硬度HRC	58	59	59	58	58	59
金相组织（级）	A’	M	F	A’	M	F
	3	3	—	2	2	—
心部硬度HRC	41	41	41	37	37	37
渗层深度（550HV1）/mm	0.62			0.54		

表3 热处理后变形量检测结果 （mm）

方案1	方案2
ϕ356mm外圆对B面的平面度跳动量 0.30～0.45	ϕ356mm外圆对B面的平面度跳动量 0.1～0.18
ϕ298mm外圆对A面的平面度跳动量 0.10～0.15	ϕ298mm外圆对A面的平面度跳动量 0.12～0.18

4. 结语

通过分析，变形以热应力为主，因此采取了一系列措施降低热应力，如为减少齿圈变形，强渗时加热温度取下限（850℃），保温时间安排合理，降低淬火温度（825℃），并尽量保持零件各部分温度均匀一致时淬火，油温适当提高（120℃），以减少淬火畸变倾向，工件应根据其形状采取了正确的装夹（采用吊装），经过理论分析，制订相应的工艺并付诸试验，对减少变形工作中取得一定成效。

参考文献

[1] 张长英.传动齿轮在碳氮共渗和淬火中的畸变控制[J].热加工工艺，2011，40（8）：196-197.

[2] 陆伯昌，裴凤琴.内齿圈碳氮共渗和淬火的变形控制[J]. 热处理技术与装备，2010，31（3）：39-40.

[3] 孟羽，谢付英，等.20CrMnTi钢齿轮渗碳淬火开裂原因分析[J].金属热处理，2011，36（3）：109-110.

作者简介：吴华，吉林松原人，硕士，讲师，常州机电职业技术学院模具技术系任教，从事焊接及金属材料表面强化研究；卞云霞，湖北三江航天红林探控有限公司。

MW 20160618

（上接第16页）

+回火马氏体。42CrMo钢在调质工艺下的正常金相组织应该为回火马氏体或回火索氏体，而该齿轮的金相组织未到达调质工艺下正常金相组织的要求。

取样进行力学性能试验，该齿轮材料的抗拉强度为880MPa，断后伸长率为13%。

4. 电镜分析

图4是在SEM下观测到的断口形貌，微观断口较平整，断口宏观没有明显的塑性变形，未见疲劳纹，整个断口微观形貌呈准解理断口特征，为脆性断裂。

5. 分析与讨论

斗轮机回转齿轮由于热处理不当，加热温度偏低，原始珠光体已转变为奥氏体，而铁素体则未完全溶解，有少量铁素体残留在晶界处，淬火冷却时，又因冷却较缓，一直沿着未溶解铁素体晶界析出细片状珠光体。一部分过冷奥氏体在马氏体形成温度时转变为淬火马氏体组织，形成了该齿轮铁素体+珠光体+回火马氏体的金相组织，这种组织属于不完全淬火组织。参照GB/T3077—1999《合金结构钢》标准，42CrMo钢在正常调质处理后其抗拉强度可达到1080MPa，而该断裂的齿轮因调质工艺不到位，导致淬火对工件的硬化作用达不到充分的发挥，其抗拉强度仅有880MPa。在齿轮的运行中因强度不够导致齿轮整体呈脆性断裂。

连杆接头化学成分（质量分数）（%）

元素	GB3077—1999	齿轮
C	0.38~0.45	0.42
Si	0.17~0.37	0.28
Mn	0.50~0.80	0.64
S	≤0.035	0.030
P	≤0.035	0.028
Cr	0.90~1.20	1.06
Mo	0.15~0.25	0.18

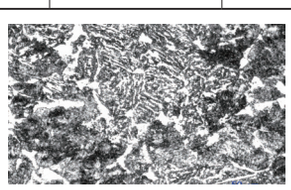
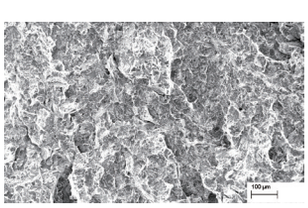
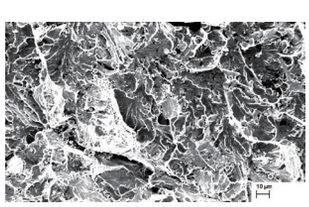


图3 金相照片



(a)



(b)

图4 断口形貌

作者简介：邹君文，浙江省电力锅炉压力容器检验所有限公司，专科，助理工程师，现主要从事电力设备理化检验方面的工作。

MW 20160802