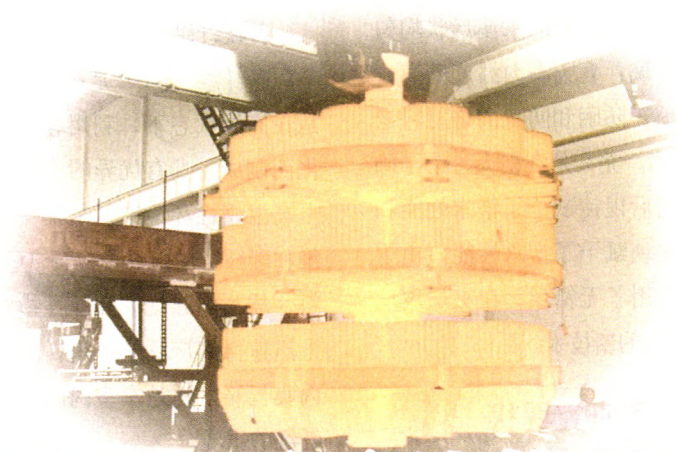


■河南科技大学林业职业学院/安存胜
■河南卫华重型机械股份有限公司/聂福全



工程车辆主要零件热处理工艺及应用趋势

工程车辆工作强度大，工况复杂，工作环境恶劣，因此，常用的一些关键零部件必须要采用合适的热处理方式，以提高其强度和耐磨性等综合性能。一般情况下，工程车辆主要热处理零件包括轴（套）类、齿轮类、大型焊接结构件和叉架类等，本文针对上述零件热处理方式及技术应用发展趋势进行阐述。

轴（套）类零件热处理

工程车辆常用的轴套类零件材料有45钢、20CrMnTi、20CrMo、40Cr和42CrMo等，热处理方式主要以材料碳含量区分，低碳（合金）钢一般采用渗碳、淬火的热处理方式，中碳（合金）钢一般采用调质处理。

1. 调质处理

由于许多工程车辆零件要求具有较高的强度和可靠性，因此一般轴类、套类零件均需进行调质处理。目前，建筑机械调质处理零件一般是沿用锻造、正火、淬火和高温回火等工序进行处理，调质处理一向被认为是最合理的工艺方法，但也有一些不足之处，如工艺流程复杂及成本较高等。

工程车辆零件调质处理后应达到特定的要求：即淬火后回火前，表面金相组织应为马氏体或贝氏体，当零件直径小于使用材料的临界直径时，调质后的金相组织应为回火索氏体；凡零件直径大于使用材料的临界直径，调质后心部允许有细珠光体和游离铁素体。零件调质处理后，表面硬度波动范围应符合附表要求。

工程车辆零件调质处理后表面硬度允许波动范围

零件类型	表面硬度波动范围/HRC			
	单件		同一批件	
	≤35	>35	≤35	>35
特殊重要件	≤3	≤3	≤5	≤5
重要件	≤4	≤4	≤7	≤6
一般件	≤6	≤5	≤9	≤7

2. 锻造淬火

目前，在提倡建议节约型国家的大背景下，以节约能源和提高热处理性能为目的的锻造淬火逐渐被广泛采用。锻造淬火工序为钢坯加热、预轧、模锻、切边、淬火和回火。钢坯加热一般采用感应加热，所以不会产生太大的污染，工作环境良好。由于锻造淬

火利用锻造后的余热直接淬火，省去了第二次加热的工序，经过锻造淬火处理后工件的淬透性好，甚至可以替代低合金钢，能使心部得到充分地硬化，并且有很好的韧性。锻造淬火与普通淬火冲击值如图1所示，采取锻造淬火后的零件韧性增强，疲劳强度提高。

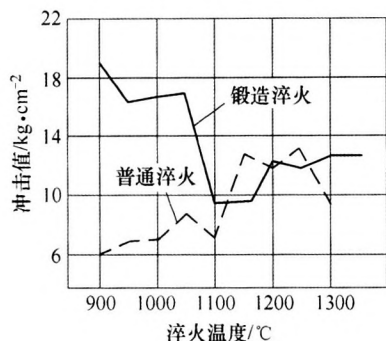


图1 锻造淬火与普通淬火冲击值

3.表面感应淬火

在工程车辆中，一些中碳钢的轴类零件整体或局部通常采用高频、中频或超音频加热表面淬火热处理工艺。高频淬火只是在所要求的部位进行加热，所需能量少，污染也较小，因此其应用范围日渐扩大，是一种理想的热处理方式。零件经高频加热表面淬火后，其疲劳强度和耐磨性能大幅度提高。一些中碳钢工程车辆零件如轮轴、转向节等，进行表面高频加热淬火后，其成本大大降低，强度得到提高。此外，对于齿轮轴等一些传动零件，表面感应淬火也将作为最终热处理方式，来强化齿面或关键部位的力学性能。

在采用高、中频或超音频淬火前，中碳钢、中碳低合金钢一般应先采用调质预处理，以使工件获得良好的综合力学性能。

4.软氮化处理

气体软氮化处理可使零件的疲劳强度、耐磨性和抗咬合性大大提高，是一种很重要的处理方法。选用 NH_3 和吸热型气体 R_x （丁烷、丙烷的制备气），按照50:50的比例通入炉内，570℃处理3~4h，可在钢材或铸铁表面获得10~20 μm的化合物层和0.1~0.5mm的扩散层。

工程车辆零件采用软氮化处理的有曲轴、凸轮轴和摇臂等，某些铸铁零件也用此法来增强其抗热疲劳性能，软氮化处理作为一种提高耐磨性能的处理方法而被广泛应用。

齿轮类零件热处理

在工程车辆齿轮零件中，耐磨性是齿轮的基本要求，其次是抗弯曲疲劳能力和抗接触疲劳能力。一般情况下，工程车辆所用齿轮均应进行热处理。常用的热处理方法主要有渗碳淬火、高频或火焰淬火、整体淬火和正火。前两种方法由于其表层的高硬度与心部的高韧性相结合，能大大提高齿轮的耐磨性、抗弯曲疲劳和接触疲劳能力。整体淬火一般适用于轻负荷的中小齿轮，正火主要用于大型无噪声齿轮。

1.渗碳淬火

渗碳淬火主要适用于低碳（合金）钢，如20CrMnTi、20CrMnMo和20CrMo。在进行热处理时应考虑以下几点：一是渗碳层组织，二是有效硬化层，三是合金元素成分及含量，四是切削加工性。

根据零件材料和结构不同，淬火方式可分为直接淬火法和再加热淬火法：

(1) 直接淬火 有下列特点：一是淬火后，即使是再加热淬火也没有贝茵体析出；二是热处理变形小；三是马氏体针上容易产生微裂纹，会使疲劳性能下降；四是渗碳齿轮直接淬火，表层组织中含有15%~30%的残余奥氏体，如果齿面硬度下限为57HRC，将含残余奥氏体25%的齿轮进行喷丸处理能提高疲劳强度。

(2) 再加热淬火 适于高合金钢或需急速冷却的齿轮，再加热淬火容易生成网状碳化物或引起脱碳，因此，在工程车辆用齿轮中，几乎所有渗碳淬火零件都采用连续炉直接淬火。

直接淬火温度要低于渗碳温度，如840℃淬火，其目的是控制残余奥氏体。直接淬火可以不必顾虑析出网状碳化物。无镍合金再加热淬火温度也应以840℃为宜。

一般情况下，采用渗碳淬火工艺齿轮表面硬度可达62~63HRC，这样可以有效防止齿轮胶合和提高耐磨性。淬火后中小齿轮宜采用150~180℃温度回火，大型齿轮应在190~200℃回火，使其表面硬度为55HRC左右。

2.感应加热表面淬火

根据齿轮形状、模数及工作条件不同，采用感应加热的齿轮淬火方法主要有以下几种热处理方式：

(1) 齿穿透加热淬火 对于模数小于4mm的

45钢齿轮多采用此种方法，淬火后硬度一般为45~50HRC。操作时应采用较高频率的加热设备和环状感应器。

(2) 单齿淬火 大模数齿轮一般采用沿工作面单齿淬火法，其优点是可采用小功率设备处理直径与模数大的齿轮，缺点是因齿根部位不能被淬硬将使其疲劳强度有所降低。对于模数较大、齿宽也较大的齿轮，宜采用单齿面高频感应表面淬火法，只要掌握好热处理过程和工艺参数，不但能使零件的变形量减小，加工成本降低，而且还可以确保热处理后零件的多种技术要求。单齿淬火工艺的关键，一是要设计合适的感应器，在感应器宽度、高度、截面形状、喷水孔的设计上能满足淬火性能要求；二是要制定合理的工艺参数（预热时工件移动速度、淬火时工件移动速度、屏极电压、阳极电流、栅极电流和槽路电压等）。

(3) 整体感应淬火 一些低要求的中小齿轮也可采用整体加热感应淬火方式，为确保零件淬火后的性能，感应器一般要结合零件结构尺寸进行设计，虽然成本较高，但生产效率高，适合于批量齿轮热处理。

大型结构件热处理

工程车辆的大型结构件较多，由于大型结构件在焊接后往往存在较大的焊接应力，若不消除必将造成较大的焊接变形，影响设备的使用效果。大型结构件的热处理方式一般用去应力退火，加热温度一般为620℃左右，保温时间视工件尺寸而定，采取去应力退火后可基本消除焊接应力。

叉架类零件热处理

叉架类零件在工程车辆中应用也较多，如变速器的各种拨叉零件，由于其形状比较复杂、尺寸及形位精度要求较高以及拨叉头部壁厚较薄等因素，在进行局部淬火时，容易产生裂纹和较大的变形，较难保证零件的加工精度，将直接影响零件的使用性能。

此类零件材料多为ZG310-570，一般采用两次热处理过程：零件精车前的热处理和拨叉头部精加工后的淬火处理。该零件热处理的关键是拨叉头部淬火，传统拨叉头部淬火工艺是将零件加热到820~840℃，保温一段时间，采用水或10wt.%的NaCl水溶液作为冷

却介质，其目的是避免出现未熔铁素体，而获得全马氏体组织。此种方法的缺陷是对于某些形状复杂、尺寸较小的零件容易出现淬裂或产生较大的变形。

为防止这一情况，可以采用亚温淬火工艺，适当降低淬火温度，将零件的加热、保温温度定为Ac3线附近或稍上的部位，降低淬火时的热应力和组织应力，以消除上述两个原因带来的不利影响。亚温淬火工艺如下：将零件需要淬火的部位在盐浴加热炉中加热到760~790℃，保温30~40min，出炉后直接浸入水槽中冷却，淬火后不再进行低温回火处理。

工程车辆零部件热处理应用趋势

1. 离子氮化处理

离子氮化是在低压气体中，利用辉光放电对被处理的零件进行加热。离子氮化工艺主要有如下特点：不使用氨、氰盐之类的有毒物质，无公害，工作环境好；只对被处理零件加热，节约能源；所需气压非常低，氮化气体的消耗量少；热处理温度350~570℃，变形量小；热处理速度较快。

2. 催渗技术

催渗技术采用专用催渗介质，加快离子介质的渗入，适用于各种滴注式渗碳气氛，可降低渗碳温度，从而减小热处理变形，并提高渗碳速度25%~45%。同时由于微合金化作用，可以形成完全全球化的碳化物，具有更优的金相组织。一般情况下，固体催渗剂适用于异型件、深孔件渗碳。

3. 新型渗碳介质

在普通渗碳处理中，煤油是一种应用最为广泛的介质，但其最大的缺点是渗碳速度小以及在渗碳层中得到最佳含碳量的重复性差。新型的渗碳介质综合了煤油和以甲醇或者松节油为基的混合物的优点，同时克服了上述介质的主要缺点。如由脂族醇类制成的有机化合物，按其安全性和卫生条件，它与煤油相似。按其渗碳速度和可控性，它与以甲醇为基的混合物相似，其渗碳时渗碳时间与淬硬层深度的关系如图2所示。与煤油渗碳相比，新型介质可以使渗碳时间平均缩短一半，起到较好的节能作用，且卫生条件和安全条件得到了改善。

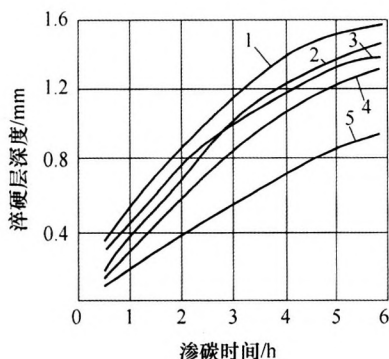


图2 940℃渗碳时渗碳层与淬火层深度的关系

1.无水醋酸 2.新型淬火介质 3.85%甲醇+15%甲苯
4.70%甲醇+30%醋酸乙酯 5.煤油

4.智能化应用

在渗碳处理中，智能化的应用主要体现在不同材料零件渗碳时可控气氛的控制精度上，它通过选用合适的有机溶剂作为滴注剂，设计合理的滴注管路系统，加装碳势控制系统。其控制原理是在自动控制方式下，仪表根据现场传来的氧碳头和热电偶信号计算出炉气实际碳势，将其与设定的碳势值进行比较和PID

运算，再对气氛原料（如煤油）供给量作适当调节，使炉气碳势稳定在设定的数值上。

5.真空热处理

真空热处理的优点是可有效防止氧化，因而目前在许多工程车辆零部件热处理中正在逐步推广应用。作为真空热处理的方式之一——真空渗碳工艺也得到了较快的发展。真空渗碳在高温下进行，故在极短时间内即可达到所需的深度，在高温下所形成的粗大组织，在临界点以下冷却能使其细化。真空渗碳具有以下优点：污染小，生产环境好；高温处理时间短，有效节约能源；处理后零件表面光亮；可实现快速加热和冷却。

除了上述优点外，由于真空炉几乎完全由热辐射方式加热工件，采用真空炉进行热处理时，还具有显著降低变形与开裂危险的优点，可以同时处理不同断面的工件，且小型工件不易过热。

关键词：

工程车辆 零件 热处理

(收稿日期20130225)

MC信息联盟

MC Info League



《现代零部件》杂志（月刊）是由中国机械工业联合会主管、机械工业信息研究院主办，面向全国整车及汽车零部件企业和装备制造业的高端传媒。

为了更好地沟通与汽车零部件企业的联系，及时把汽车零部件企业及装备制造企业的重要信息通过《现代零部件》杂志发布出去，杂志成立了汽车零部件及装备制造业信息联盟。

一、信息联盟宗旨

联盟本着全面、热情、周到、及时地服务企业为宗旨，宣传企业取得的成就、企业未来发展规划、企业重大活动，尤其在每年与汽车零部件相关的展会上，对信息联盟成员进行重点宣传。

二、信息联盟服务内容

1.为企业发布信息提供平台。信息联盟不向会员收取任何费用，而且每年会为每家会员单位免费发布2~3条企业重要信息。如展会前的企业产品信息、企业新产品开发情况、企业产品出口情况、企

业产品获奖情况、企业老总的创新理念、企业发展规划、企业成就业绩等。

2.开展信息互动。信息联盟成员单位还将参加杂志与网站的互动。凡企业发布的信息我们还会有选择地在现代零部件网站www.mc1950.com和中国金属加工在线www.mw1950.com上同期发布。

3.搭建供需桥梁。装备制造业作为为汽车零部件企业提供精良装备的企业，他们更是非常想把自己的新技术、新装备、整体技术解决方案等信息告知汽车零部件企业，所以信息联盟还将吸纳部分装备制造企业作为会员单位，为他们提供展示新产品、新技术、新工艺的舞台。

三、信息联盟成员提供信息的方式

1.企业一般信息400字以内，包括产品信息、企业动态等，E-mail发送。

2.重要信息请及时与本杂志社沟通，邀请本刊记者采访企业高层领导。

联系人：李 朋 张 倩

联系电话：010-88379796转807、612

电子邮箱：mcinfo8@126.com

mcpres@126.com