

中华人民共和国国家标准

GB/T 38805—2020

重载齿轮热处理技术要求

Technical requirements of heat treatment for heavy duty gears

2020-06-02 发布

2020-12-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 渗碳淬火回火	2
5 渗氮	8
6 感应淬火回火.....	11
7 能源消耗要求.....	15
8 安全卫生与环保要求.....	15
9 产品报告单.....	15
附录 A (资料性附录) 渗碳齿轮硬化层深度推荐值	16
附录 B (资料性附录) 渗氮齿轮硬化层深度推荐值	17

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国热处理标准化技术委员会(SAC/TC 75)提出并归口。

本标准起草单位:河北汇工机械设备有限公司、北京机电研究所有限公司、常州天山重工机械有限公司、浙江双环传动机械股份有限公司、中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司、江苏丰东热处理及表面改性工程技术研究有限公司、常州新区河海热处理工程有限公司、北京华立精细化工公司、西安福莱特热处理有限公司、诺博汽车系统有限公司、常州大学。

本标准主要起草人:孙西岭、徐跃明、杨钟胜、顾晓明、牛万斌、杨明华、史有森、殷和平、马立晓、葛圣东、武进朝、陆海涛、胡静、付丛伟、付海峰。



重载齿轮热处理技术要求

1 范围

本标准规定了重载齿轮的常用材料,热处理设备、工艺、质量检验,能源消耗及安全卫生和环境保护要求等。

本标准适用于重载齿轮的气体渗碳淬火回火、渗氮和感应淬火回火。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)
- GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 4341.1 金属材料 肖氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 5216 保证淬透性结构钢
- GB/T 5617 钢的感应淬火或火焰淬火后有效硬化层深度的测定
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 7232 金属热处理工艺 术语
- GB/T 8121 热处理工艺材料 术语
- GB/T 9450 钢件渗碳淬火硬化层深度的测定和校核
- GB/T 9452 热处理炉有效加热区测定方法
- GB/T 10561 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法
- GB/T 11354 钢铁零件 渗氮层深度测定和金相组织检验
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 13299 钢的显微组织评定方法
- GB/T 13324 热处理设备术语
- GB 15735 金属热处理生产过程安全、卫生要求
- GB/T 15822.1 无损检测 磁粉检测 第1部分:总则
- GB/T 17107 锻件用结构钢牌号和力学性能
- GB/T 17358 热处理生产电耗计算和测定方法
- GB/T 17394.1 金属材料 里氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 18449.1 金属材料 努氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 19944 热处理生产燃料消耗计算和测定方法
- GB/T 20123 钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法(常规方法)
- GB/T 25744 钢件渗碳淬火回火金相检验
- GB/T 30822 热处理环境保护技术要求

- GB/T 32529 热处理清洗废液回收及排放技术要求
- GB/T 32540 精密气体渗氮热处理技术要求
- GB/T 32541 热处理质量控制体系
- GB/T 34882 钢铁件的感应淬火与回火
- GB/T 34883 离子渗氮
- GB/T 34889 钢件的渗碳与碳氮共渗淬火回火
- JB/T 5000.15 重型机械通用技术条件 第15部分:锻钢件无损检测
- JB/T 6077 齿轮调质工艺及其质量控制
- JB/T 9204 钢件感应淬火金相检验
- JB/T 9218 无损检测 渗透检测方法
- JB/T 10174 钢铁零件强化喷丸的质量检验方法

3 术语和定义

GB/T 7232、GB/T 8121 和 GB/T 13324 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

重载齿轮 heavy duty gear

传递功率大、承载大、低速、受冲击载荷大的齿轮。

注：重载齿轮主要指为矿山、冶金、建材、起重运输、矿用汽车、轨道交通、风电、航天、军用装备等主机配套的齿轮和通用减速器中的齿轮。

3.2

渗氮层深度 nitrified case depth; nitriding depth

从表面到 400 HV 硬度处的垂直距离。

4 渗碳淬火回火

4.1 材料及要求

4.1.1 常用材料及分类

渗碳齿轮常用材料及分类如表 1 所示。

表 1 渗碳齿轮常用材料及分类

分类	种类	常用钢材牌号
按承载能力	一般承载能力用渗碳钢	20CrMnTi、20CrMnMo、20CrNiMo、12CrNi2、12CrNi3
	高承载能力用渗碳钢	12Cr2Ni4A/E、20Ni4Mo、20Cr2Ni4、17Cr2Ni2Mo、18Cr2Ni4W、20CrNiMo
按淬透性	中淬透性渗碳钢 (油淬临界直径 $\phi 20$ mm~50 mm)	20CrMnTi、20CrMnMo、20CrNiMo、12CrNi2、12CrNi3、12Cr2Ni4、20CrNi2Mo、17Cr2Ni2Mo
	高淬透性渗碳钢 (油淬临界直径 $\phi 50$ mm~100 mm)	20Ni4Mo、20Cr2Ni4、18Cr2Ni4W

4.1.2 材料质量

- 4.1.2.1 齿轮用钢应有钢厂提供的质量保证书,并按规定进行抽检和复核。
- 4.1.2.2 材料的化学成分、力学性能及表面质量应符合 GB/T 3077 或 GB/T 5216 规定的要求。
- 4.1.2.3 材料的奥氏体晶粒度应为 5 级以上。晶粒度级别按 GB/T 6394 的规定进行检验。
- 4.1.2.4 钢材的淬透性带宽应不大于 6 HRC。有特殊要求时,距端淬试样末端一定距离的硬度范围由用户与钢厂协商确定。
- 4.1.2.5 对可靠性要求高的重载齿轮,应保证材料的纯净度,如采用真空精炼或电渣重熔的方法冶炼钢材。控制钢材中的含氧量应低于 0.002%、氢含量不高于 0.000 2%,钢材中的非金属夹杂物含量按 GB/T 10561 方法测定,其级别应符合表 2 要求。当有特殊要求时,按供需双方协议规定。

表 2 非金属夹杂物级别要求

类别	A(硫化物类)	B(氧化铝类)	C(硅酸盐类)	D(球状氧化物类)	DS
细系	≤2.5	≤2.0	≤1.5	≤2.0	≤2.0
粗系	≤2.0	≤1.5	≤1.0	≤1.5	

4.1.2.6 带状组织按 GB/T 13299 方法评定,Cr-Mo、Cr-Ni-Mo 钢中的带状组织应小于或等于 2.5 级,其他钢种应小于或等于 2 级。

4.1.2.7 重载内齿圈的毛坯推荐采用连铸钢坯。

4.1.3 锻件质量

- 4.1.3.1 用钢锭锻造时,其锻造比不小于 3。
- 4.1.3.2 采用连铸坯锻造时,其锻造比大于 5。
- 4.1.3.3 齿轮锻件毛坯预先热处理采用正火或正火+高温回火,必要时采用调质处理。
- 4.1.3.4 由钢锭直接锻成的大型重载齿轮锻坯,尤其是高 Cr、Ni、Mo 合金钢锻坯,应进行以消除白点和氢脆为目的的去氢退火。
- 4.1.3.5 齿轮锻件毛坯流线应尽量沿轮齿齿廓分布。
- 4.1.3.6 齿轮锻件毛坯不应出现过热或过烧组织,其晶粒度应不低于原材料的晶粒度。
- 4.1.3.7 锻件质量应按 JB/T 5000.15 或 JB/T 9218 的规定进行探伤,其力学性能应符合 GB/T 17107 的要求。

4.2 渗碳淬火回火设备

4.2.1 渗碳炉

4.2.1.1 基本要求

对重载齿轮进行渗碳时渗碳炉除满足 GB/T 34889 的要求外还应满足以下要求:

- 渗碳炉应具有良好的密封性能,保持炉压稳定。
- 渗碳炉应配置超温连锁保护、安全温度与渗碳气氛供给的连锁控制装置、废气燃烧连锁控制与排放装置等,确保设备安全可靠运行。应配备循环风机及炉气循环装置以满足渗碳工艺中炉温和气氛均匀性的要求。
- 渗碳炉应配有定碳装置、试样取样装置和氧探头及供红外分析仪取气分析的接口。

4.2.1.2 温度控制

渗碳炉的仪表系统及温度均匀性应满足以下要求：

- 渗碳炉的仪表类型及系统准确度要求和校验周期应符合 GB/T 32541 中的有关规定。
- 炉温均匀性按 GB/T 9452 的方法进行测定，要求炉温均匀性不大于 $\pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

4.2.1.3 气氛控制

可控气氛渗碳时的气氛控制应满足以下要求：

- 渗碳气氛推荐使用滴注式气氛、吸热式气氛或氮气+甲醇气氛。使用氮气+甲醇气氛时，应采取确保氮气和甲醇的流量比例稳定。
- 气氛碳势控制应配备主控和监控系统。主控使用氧探头，监控使用氧探头或气体控制分析仪。
- 碳势控制精度不大于 $\pm 0.05\% \text{C}$ 。

4.2.2 缓冷装置

4.2.2.1 缓冷设备必要时应配备可通入保护气氛或介质流量的控制装置，防止工件缓冷过程中发生氧化或脱碳。

4.2.2.2 必要时可配备能调节缓冷速度的降温装置。

4.2.3 淬火装置

4.2.3.1 淬火装置应配有淬火介质的搅拌、导流、加热和冷却系统。

4.2.3.2 淬火装置应配备温度调节和控制系统，并配有超温报警装置。

4.2.3.3 淬火装置应配有防爆、灭火、排烟、液位监控、溢流口等安全设施和废烟排放装置。废烟的排放和处理应符合 GB 15735 或 GB/T 32529 的要求。

4.2.4 回火炉

4.2.4.1 回火炉应配备炉气循环及净化装置，高温回火炉还应配备保护气氛装置。

4.2.4.2 回火炉仪表系统类型及系统准确度要求和校验周期应符合 GB/T 32541 中的有关规定。

4.2.4.3 回火炉炉温均匀性应按 GB/T 9452 的规定进行测定，要求炉温均匀性不大于 $\pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

4.2.5 清洗机及辅助设备

4.2.5.1 清洗机及所有辅助设备应能满足工艺及安全使用的需要。

4.2.5.2 清洗过程中产生的废气、废液的排放和处理应符合 GB 15735 或 GB/T 32529 的要求。

4.3 试样

4.3.1 试样材料

对于一般要求的齿轮，渗碳试样材料应符合以下要求：

- 与齿轮是同一牌号的材料；
- 与齿轮的淬透性相同；
- 热处理前具有与齿轮相同的预处理状态；
- 加工试样时的表面粗糙度应与齿轮相同。

对于要求严格的齿轮，试样材料除满足以上条件外还应与齿轮属于同一冶炼炉号。

4.3.2 随炉试样

随炉试样是作为检验热处理后质量的代表性试样,试样的形状和尺寸应能代表齿轮热处理后的实际情况。随炉试样可采用齿形试样或圆棒试样,推荐采用齿形试样。

齿形试样应至少含有 3 个轮齿,齿根以下截面厚度大于或等于 $1/2$ 齿根圆齿厚,或根据齿轮的模数选取,一般大于 10 mm,齿宽为齿根圆齿厚的 2~3 倍,如图 1 所示。

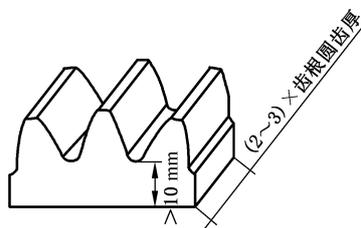


图 1 齿形试样

圆棒试样推荐尺寸:最小直径为 $6m_n$,最小长度为 $12m_n$ 。

经用户同意,也可采用小型试样:最小直径为 $3m_n$,最小长度为 $6m_n$ 。

注: m_n 为齿轮的模数。

4.3.3 过程试样

渗碳过程试样可采用圆棒试样,不同模数重载齿轮的过程圆棒试样尺寸可根据渗碳炉试样孔的大小进行选择。

4.4 热处理工艺

4.4.1 预备热处理

渗碳的齿轮齿坯应进行预备处理,如正火、正火+高温回火、调质等。对畸变控制要求较高的齿轮应首选调质。

4.4.2 渗碳淬火

4.4.2.1 重载齿轮渗碳淬火操作应按 GB/T 34889 的规定进行。

4.4.2.2 待处理工件的表面不应有氧化皮、锈斑、油垢、污渍、碰伤、裂纹。待处理工件应按 GB/T 15822.1 的规定进行探伤。

4.4.2.3 待处理工件的表面粗糙度应符合图样技术要求,渗碳面粗糙度 Ra 应不大于 $3.2 \mu\text{m}$;对待处理工件的尖角、棱边部位应进行倒角和倒棱处理。

4.4.2.4 需要防渗碳的部分要制定相应的防渗碳工艺。

4.4.2.5 为了减小因加热时发生的畸变可在临界点 A_{c3} 温度稍下进行 1~2 次等温。

4.4.2.6 渗碳温度应根据工件材料和要求的硬化层深度确定,在 $890 \text{ } ^\circ\text{C} \sim 950 \text{ } ^\circ\text{C}$ 之间。

4.4.2.7 应适当控制渗碳时的碳势,避免形成粗大、网状或块状碳化物。

4.4.2.8 应适当控制渗碳后工件的缓冷速度,防止缓冷时形成网状碳化物。

4.4.2.9 工件应缓冷到不低于 $350 \text{ } ^\circ\text{C}$,并及时进行加热淬火或高温回火处理。高温回火温度为 $600 \text{ } ^\circ\text{C} \sim 700 \text{ } ^\circ\text{C}$,保温时间应根据工件的形状和大小进行合理选择。

4.4.2.10 根据齿轮的材料和技术要求选择合适的渗碳后淬火工艺。

4.4.2.11 以下渗碳齿轮要求进行重新加热淬火:

- 渗碳后需进行机械加工或由于钢材特性渗碳后需缓冷,以及需经 1~2 次高温回火或球化退火的齿轮。
- 对于 12CrNi3A、20Cr2Ni4A、18Cr2Ni4WA 和 20Ni4MoA 等高合金钢重载齿轮,为了减少渗碳层中残留奥氏体的含量,渗碳缓冷后应在 650 °C ~ 680 °C 进行 1~2 次高温回火,然后重新加热淬火和低温回火。

4.4.3 回火

4.4.3.1 淬火后应及时进行低温回火,低温回火温度根据工件的最终硬度要求确定,在 160 °C ~ 220 °C。保温时间根据工件的形状和大小的不同进行合理选择。淬火到回火的时间间隔应不超过 4 h。

4.4.3.2 对于高要求重载齿轮,磨齿后(或粗精磨齿之间)需要进行一次低温去应力回火,回火温度应低于淬火后的回火温度。

4.4.4 喷丸强化

4.4.4.1 在淬火和低温回火后应对渗碳齿轮齿根部位进行喷丸强化。

4.4.4.2 重载齿轮喷丸强化的质量按 JB/T 10174 的方法进行检验。

4.5 质量检验

4.5.1 检验项目及检验方法

重载齿轮渗碳热处理质量按表 3 规定的项目和方法进行检验。

表 3 重载齿轮渗碳热处理质量检验项目及检验方法

检验项目	检验方法
外观	目视,或根据需要按 GB/T 15822.1 或按 JB/T 9218 进行表面无损检测
表面含碳量	距表面 0.15 mm 处取样,按 GB/T 20123 或 GB/T 4336 的方法进行检验
表面硬度	按 GB/T 230.1、GB/T 4340.1、GB/T 4341.1、GB/T 17394.1 的方法进行检验
有效硬化层深度	按 GB/T 9450 的方法进行检验
金相组织	按 GB/T 25744 的方法进行检验
心部硬度	按 GB/T 230.1 的方法进行检验
畸变	专用量具

4.5.2 技术要求

4.5.2.1 外观

齿轮表面不应有裂纹、剥落、锈蚀等缺陷。

4.5.2.2 表面含碳量

渗碳齿轮表面含碳量推荐 0.70%~0.95%。

4.5.2.3 表面硬度

渗碳齿轮的表面硬度为 58 HRC~64 HRC(660 HV~800 HV 或 78 HS~89 HS),齿根处的表面硬度不低于 56 HRC。渗碳淬火后齿轮的表面硬度不均匀性应符合表 4 的规定。

表 4 表面硬度不均匀性允许偏差

工件类别	硬度不均匀性允许偏差		
	HRC	HV	HS
重要件	3	75	5
一般件	4	102	6

4.5.2.4 硬化层深度

硬化层深度的测量推荐采用齿形试样,测量方法应符合 GB/T 9450 的规定,硬化层深度偏差应不大于目标硬化层深度的 10%。齿轮的硬化层深度测定部位在齿宽中部法向截面上,在分度圆处沿垂直齿面方向,或按具体工艺文件规定。

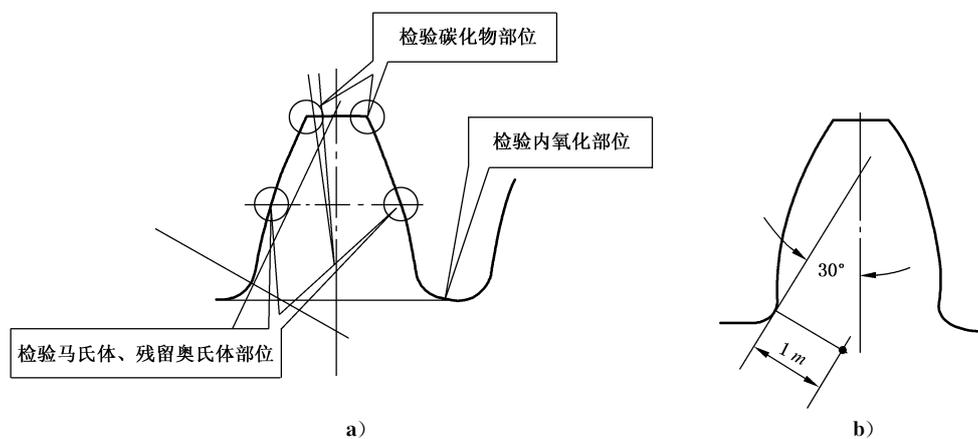
渗碳淬火齿轮成品的硬化层深度应符合设计要求,硬化层深度的设计可参照附录 A。齿根部位的硬化层深度应不小于节圆处的 2/3。

4.5.2.5 金相组织

渗碳淬火齿轮的金相组织按 GB/T 25744 方法进行检验并评级,检验项目及位置见表 5 和图 2,其结果应符合表 6 和表 7 的要求。

表 5 金相组织检验项目及位置

检验项目	检验位置
马氏体级别	在距表面 0.05 mm~0.15 mm 处进行检验,齿形试样应在齿宽中部节圆部位的法向截面处进行检验
残留奥氏体级别	
碳化物级别	齿角
表层晶界内氧化深度	齿根表层
心部组织级别	当采用圆棒试样时,在试样横截面中心处检验;当采用齿形试样时,检验位置同 4.5.2.6



注: m 为齿轮模数,单位为毫米。

图 2 金相组织检验位置

表 6 渗碳淬火齿轮金相组织的级别要求

工件类别	马氏体级别	残留奥氏体级别	碳化物级别	心部组织级别
重要件	≤3 级	≤3 级	≤2 级	≤3 级
一般件	≤4 级	≤4 级	≤3 级	≤4 级

表 7 渗碳齿轮表层晶界内氧化允许深度

渗层深度 e^a mm	晶界内氧化允许深度 ^b μm	
	一般件	重要件
$e \leq 0.75$	17	12
$0.75 < e \leq 1.50$	25	20
$1.50 < e \leq 2.25$	35	20
$2.25 < e \leq 3.00$	45	25
$3.0 < e \leq 5.00$	50	30
$e > 5.00$	60	35

^a 渗层深度为设计层深。
^b 若超差,可与用户协调采用控制喷丸或其他合适的措施进行补救。

4.5.2.6 心部硬度

心部硬度测量位置于齿宽中部处齿根 30°切线的法向上,深度为 5 倍硬化层深,但不小于 1 倍模数,见图 2b)。

渗碳齿轮的心部硬度应不低于 30 HRC,对于重要齿轮一般为 35 HRC~45 HRC。渗碳齿轮心部硬度的检验一般在随炉试样上进行,有特殊要求时,可解剖工件进行检验。

也可以按供需双方协商确定。

4.5.2.7 畸变

渗碳齿轮淬火回火后,可用专用量具和仪器测量工件畸变情况,测量内容可根据工件技术要求确定。畸变量(可为校正后畸变量)应控制在技术要求的范围内。

5 渗氮

5.1 材料及要求

5.1.1 常用材料及分类

渗氮主要用于模数 12 mm 及以下重载齿轮。常用材料及分类如表 8 所示。

表 8 渗氮齿轮常用材料及分类

用途分类	常用钢材牌号
在冲击载荷下工作要求表面耐磨、心部韧性高的齿轮	30CrNi3、35CrMo
在重载下工作要求表面耐磨、心部强度高的齿轮	35CrMoV、40CrNiMo、42CrMo、25Cr2MoV、 30Cr3NiVNbAl、20Cr2MoV、31CrMoV9
重载及冲击下工作要求表面耐磨、心部强度高、韧性高的齿轮	30CrNiMo、40CrNiMo、34CrNi3Mo、40CrNi2Mo
截面尺寸很大,承受载荷很大,并要求有足够韧性的重载齿轮	35CrNi2Mo、40CrNi2Mo、30CrNi3、34CrNi3Mo、 37CrNi3A、37SiMn2MoV

5.1.2 原材料质量和锻件质量

原材料质量和锻件质量应符合 4.1.2 和 4.1.3 的要求。

5.2 渗氮设备

气体渗氮设备的温度测量和控制、气氛及氮势控制系统、设备维修及可靠性等应符合 GB/T 32540 的规定。

离子渗氮设备的温度测量和控制、压力的测量和控制、流量的测量和控制、设备的保养应符合 GB/T 34883 的有关规定。

5.3 试样

渗氮试样应符合 4.3 的规定。

5.4 热处理工艺

5.4.1 预备热处理

5.4.1.1 齿轮毛坯粗车后的预备热处理应采用调质处理。

5.4.1.2 渗氮重载齿轮调质的硬度应不低于 32 HRC。调质后的齿轮表面游离铁素体量应小于 5%，渗氮前齿轮表面不应有氧化脱碳。调质时的回火温度应不低于 480 °C，并且比渗氮温度至少高 30 °C。

5.4.1.3 调质后，若齿轮的硬度或金相组织不合格，允许返工 2 次。

5.4.1.4 渗氮在磨齿后进行，对精度要求较高和容易发生畸变的齿轮，在粗加工和精加工之间应进行一次或多次去应力退火，以彻底消除加工应力，稳定组织，保证渗氮时畸变量最小。其温度应低于调质时的回火温度。

5.4.1.5 齿轮的尖角棱边部位渗氮后会变脆，在使用中易发生崩缺损伤，因此渗氮前应按要求对尖角棱边进行倒角和齿廓倒棱。

5.4.2 渗氮工艺

气体渗氮工艺规范应符合 GB/T 32540 的要求，离子渗氮工艺规范应符合 GB/T 34883 的要求。工件表面要求不渗氮的部位，应采用涂料防渗或机械防渗的措施。

5.5 质量检验

5.5.1 外观

渗氮后的齿轮表面应为银灰色或暗灰色，表面不应有裂纹、剥落和明显的电弧烧伤痕迹。

5.5.2 表面硬度

渗氮后齿轮表面检验应按以下要求进行：

- 直接抽检渗氮后的齿轮，如不便检测渗氮齿轮件时可用同炉试样代替，并在报告中注明。
- 渗氮齿轮的表面硬度应在 550 HV~800 HV 范围，其硬度偏差值不应超过表 9 的规定。
- 表面硬度的检验采用试验力为 9.8 N~98 N 的维氏硬度计测量。渗氮层深度小于 0.3 mm 时，维氏硬度的试验力不应超过 49 N；渗氮层深度不小于 0.3 mm 时，维氏硬度的试验力为 49 N~98 N。
- 需要检测化合物的硬度时，用 0.49 N~1.96 N 试验力的显微维氏硬度计。

表 9 齿轮渗氮后表面硬度偏差允许值

单件		同批	
≤600 HV	>600 HV	≤600 HV	>600 HV
45 HV	60 HV	70 HV	100 HV
注：同批工件系指相同材料，经相同预备热处理，并在同一炉次渗氮处理的同种工件。			

5.5.3 心部硬度

重载齿轮渗氮后的心部硬度推荐采用齿形试样进行检测，其检查位置按照 4.5.2.6 的规定执行。渗氮后的心部硬度应不低于 32 HRC。

5.5.4 渗氮层深度

如果心部硬度超过 350 HV，渗氮层深度以心部硬度 + 50 HV 作为界限硬度。测量方法参照 GB/T 11354。

渗氮齿轮成品的硬化层深度应符合设计要求，硬化层深度的设计可参照附录 B，其深度偏差值不应超过表 10 的规定。

表 10 渗氮层深度偏差允许值

渗氮层深度 mm	深度偏差 mm	
	单件	同批
<0.3	0.05	0.10
0.3~0.6	0.10	0.15
>0.6	0.15	0.20
注：同批工件系指相同材料，经相同预备热处理，并在同一炉次渗氮处理的同种工件。		

5.5.5 金相组织

渗氮前的原始组织和渗氮后渗氮层的金相组织按 GB/T 11354 进行检验并评级，其结果应符合表 11 的规定。金相试样的制备按 GB/T 13298 执行。

表 11 金相组织的级别要求

齿轮类别	渗氮前原始组织级别	渗氮层脆性级别	渗氮层疏松级别	渗氮层中的氮化物级别
一般件	1~3 级	1~3 级	1~3 级	1~3 级
重要件	1~2 级	1~2 级	1~2 级	1~2 级

5.5.6 畸变

齿轮的畸变应符合图样和工艺要求,如必须校正,应采用热校,及时进行去应力退火及探伤。

6 感应淬火回火

6.1 材料及要求

6.1.1 常用材料及分类

重载齿轮感应淬火常用材料及分类如表 12 所示。

表 12 感应淬火重载齿轮常用材料及分类

种类	常用钢材牌号
截面尺寸较大,承受较大载荷,要求较高的齿轮	35CrMo、42CrMo、40CrMnMo、35CrMoV、35CrMnSi、40CrNi、45CrNi、30CrNiMo、35CrNiMo、40CrNiMo、45CrNiMo、45CrNiMoV
截面尺寸很大,承受载荷很大,并要求有足够韧性的重载齿轮	35CrNi2Mo、40CrNi2Mo、30CrNi3、34CrNi3Mo、37CrNi3A、37SiMn2MoV

6.1.2 原材料质量和锻件质量

原材料质量和锻件质量应符合 4.1.2 和 4.1.3 的要求。

6.2 感应淬火及回火设备

6.2.1 感应淬火及回火设备应符合 GB/T 34882。

6.2.2 感应淬火机械包括固定式淬火机械、移动式淬火机械或其他与待处理工件的形状相适应的淬火机械。其机械精度应达到表 13 规定的精度。

表 13 感应淬火机械装置的精度

检验项目	精度
主轴锥孔径向跳动 ^a	≤0.1 mm
回转工作台面的跳动 ^b	≤0.1 mm
顶尖连线对滑板移动的平行度	≤0.2 mm(夹持长度≤2 000 mm)
工件进给速度变化范围 ^c	±5%
工件的分度精度	±30 s
^a 将检验棒插入主轴锥孔,在距主轴端面 300 mm 处测量。 ^b 安装直径大于 300 mm 的圆盘,在 150 mm 半径处测量。 ^c 安装直径 50 mm、长 500 mm 的圆棒时测量的结果。对不能装入长 500 mm 试件,应等效校正至该条件。	

单齿沿齿沟淬火时,淬火质量对感应器和齿轮之间的间隙很敏感,应同时对系统的位置、运动、分度、定位精度和移动速度以及对加热功率、加热时间、冷却时间、淬火介质压力及流量等参数进行控制。

6.2.3 淬火冷却可选用喷淬或浸淬。冷却介质根据齿轮材料、尺寸、形状的不同,可选择水、油、聚合物水剂淬火液(PAG类)。

6.2.4 炉内回火时的回火设备与4.2.4一致,其温度均匀性和系统准确度等要求应符合GB/T 32541的规定要求。

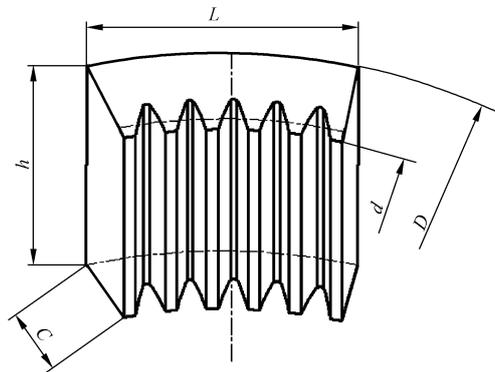
6.3 试样

6.3.1 齿形试样

6.3.1.1 齿形试样用于齿轮感应淬火的试淬,为制定和调整感应淬火工艺提供依据。齿形试样的检测项目有:试淬时的硬度、有效淬硬层深度、淬硬层分布、金相组织。

6.3.1.2 齿形试样外形尺寸见图3所示。

单位为毫米



说明:

D —— 齿顶圆直径;

d —— 齿根圆直径;

C —— 试样厚度;

h —— 内齿圈高度;

L —— 试样长度, L 在 200 mm~250 mm 之间。

图3 感应淬火齿形试样

6.3.2 技术要求

6.3.2.1 齿形试样应至少含有3个轮齿。

6.3.2.2 齿形试样的齿形和齿轮轮齿齿形的精度应完全一致。

6.3.2.3 试样的材质应与所代表的齿轮为同一批次材质,具有相同的化学成分与淬透性。

6.3.2.4 试样的预备热处理、基体硬度和组织应与所代表的齿轮相同。

6.4 热处理工艺

6.4.1 预备热处理

6.4.1.1 感应淬火预备热处理采用调质热处理,要求调质后的心部硬度应满足感应淬火回火对心部硬

度的要求,其检测按 JB/T 6077 方法进行。

6.4.1.2 对精度要求较高和容易畸变的齿轮,在粗加工和精加工之间,应进行一次或多次去应力退火,退火温度应低于调质的回火温度 20 ℃。

6.4.1.3 齿轮在感应淬火前,应按要求对齿部进行倒角和齿廓倒棱,以防止尖角棱边处过热或淬裂。

6.4.1.4 受齿轮材料淬透性限制,当齿轮模数大于 12 mm,可采用先开齿(留有加工余量)后调质的工艺。

6.4.2 感应淬火工艺

6.4.2.1 感应器和喷水器的结构应设计合理,形状及尺寸加工精确,保证在各种淬火方法下,感应器与齿轮或轮齿之间有合理的间隙值,以满足齿轮的质量要求。在内齿圈(含平面)特殊形式的加热中,为了增强齿根部位的电流密度,可在感应器上加装导磁体。

6.4.2.2 电压、电流、电功率等电参数的选择要匹配,并根据试淬结果调整各参数。

6.4.2.3 加热温度为 840 ℃~900 ℃,以淬硬层的显微组织来确定最佳淬火温度,应避免齿顶过热及齿根加热不足。

6.4.2.4 加热时间应根据模数,淬硬层深度要求、设备功率及加热形式确定。

6.4.2.5 感应器应对称分布在两个轮齿间的齿轮中心。

6.4.2.6 重载齿轮感应淬火时,可采用沿齿廓淬火或套圈感应淬火,齿根部位应淬硬。

沿齿廓加热淬火限于模数 7 以上的重载齿轮。

套圈感应淬火限于模数 6 以下的重载齿轮。

齿轮与感应器的相对移动速度与感应器高度、加热时间的关系见式(1):

$$v = h/t \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

v —— 齿轮与感应器的相对移动速度,单位为毫米每秒(mm/s),取值 2 mm/s~9 mm/s;

h —— 感应器的高度,单位为毫米(mm);

t —— 加热时间,单位为秒(s)。

单齿加热淬火时,应每隔两个轮齿或齿槽进行加热,以减小畸变及开裂倾向。对复杂易畸变齿轮可先进行预热再进行淬火。

当沿齿沟加热淬火时,应对轮齿的两侧面施以旁冷,以免已淬火轮齿齿面超过回火温度。

6.4.3 回火

6.4.3.1 合金结构钢感应淬火后应及时回火,淬火到回火的时间间隔应不超过 4 h。

6.4.3.2 回火温度通常为 150 ℃~200 ℃,保温时间不少于 2 h。

6.5 质量检验

6.5.1 检验项目及检验方法

重载齿轮感应淬火回火后的检验项目及检验方法按表 14 的规定进行。

表 14 重载齿轮感应淬火回火质量检验项目及检验方法

检验项目	检验方法
外观	目视和按 GB/T 15822.1、JB/T 9218
表面硬度	按 GB/T 230.1、GB/T 4340.1、GB/T 4341.1、GB/T 18449.1 规定的方法
心部硬度	按 GB/T 231.1
硬化层深度	按 GB/T 5617
金相组织	按 JB/T 9204
畸变	专用量具

6.5.2 技术要求

6.5.2.1 外观

齿轮淬火后的表面,不应有淬火裂纹、崩角、锈蚀、灼伤、烧伤,未加热表面等影响使用性能的缺陷。一般件 100% 目测检验,重要件应 100% 无损探伤检验。批量生产时,按规定要求进行检验。

6.5.2.2 表面硬度

感应淬火齿轮的表面硬度应为 50 HRC~56 HRC。误差范围应符合表 15 的规定值。工件批量生产时,按同批次的 5%~10% 抽检硬度,单件、小批量生产时按 100% 检验硬度。

表 15 重载齿轮感应淬火表面硬度偏差允许值

工件类型	表面硬度偏差/HRC	
	单件	同一批件
重要件	≤3	≤4
一般件	≤4	≤5

6.5.2.3 心部硬度

重载齿轮感应淬火的心部硬度应不低于 30 HRC,推荐采用齿形试样进行检测,其检测位置按照 4.5.2.6 的规定。

6.5.2.4 硬化层深度

硬化层深度推荐值为 (0.2~0.4) 模数,硬化层深度的测量推荐采用齿形试样,测量方法应符合 GB/T 5617 的规定,其偏差应符合表 16 规定。

齿轮表面硬化层应在轮齿中心对称分布。

齿根部位的硬化层深度应不低于齿宽中部半齿高处硬化层深度的 2/3,齿面和齿根硬化层应不低于全齿宽的 80%。

表 16 硬化层深度的偏差允许值

单位为毫米

硬化层深度	硬化层深度偏差		硬化层深度	硬化层深度偏差	
	单件	同一批件		单件	同一批件
≤1.5	0.2	0.4	>3.5~5.0	0.8	1.0
>1.5~2.5	0.4	0.6	>5.0	1.0	1.5
>2.5~3.5	0.6	0.8			

6.5.2.5 金相组织

感应淬火齿轮金相组织按 JB/T 9204 方法进行检验,图样规定硬度下限高于或等于 55 HRC 时,3~7 级为合格,图样规定硬度下限低于 55 HRC 时,3~9 级为合格。

6.5.2.6 畸变

齿轮的畸变量应控制在产品图样或技术要求的范围内。

批量生产时,每批抽检三件,按产品图纸或技术条件检验。单件生产的齿轮全部检验。

7 能源消耗要求

重载齿轮热处理过程的能源消耗应符合 GB/T 17358、GB/T 19944 的有关规定。

8 安全卫生与环保要求

重载齿轮热处理过程的安全卫生和环保应符合 GB 15735 和 GB/T 30822 规定的要求。

9 产品报告单

根据要求可按每批或每炉开具报告单。

报告单应包括下列内容:

- 工件的名称和图号;
- 产品的技术要求;
- 工件材料牌号;
- 单件质量及数量;
- 质量检验结果;
- 操作者姓名或代号;
- 质量检验员姓名或代号;
- 报告日期。

附录 A

(资料性附录)

渗碳齿轮硬化层深度推荐值

表 A.1 为渗碳齿轮硬化层深度推荐值。

表 A.1 渗碳齿轮硬化层深度推荐值

单位为毫米

模数 m	渗碳齿轮硬化层深度	模数 m	渗碳齿轮硬化层深度
3	0.65~1.00	14	2.60~3.50
4	0.75~1.30	16	3.00~3.90
5	1.00~1.50	18	3.00~3.90
6	1.30~1.80	20	3.60~4.50
7	1.50~2.00	22	3.70~4.60
8	1.80~2.30	25	4.00~5.00
9	1.80~2.30	28	4.00~5.00
10	2.00~2.60	32	4.00~5.00
11	2.00~2.60	≥ 32	5.00~6.00
12	2.30~3.20		

附录 B
(资料性附录)
渗氮齿轮硬化层深度推荐值

图 B.1 为渗氮齿轮硬化层深度推荐值。

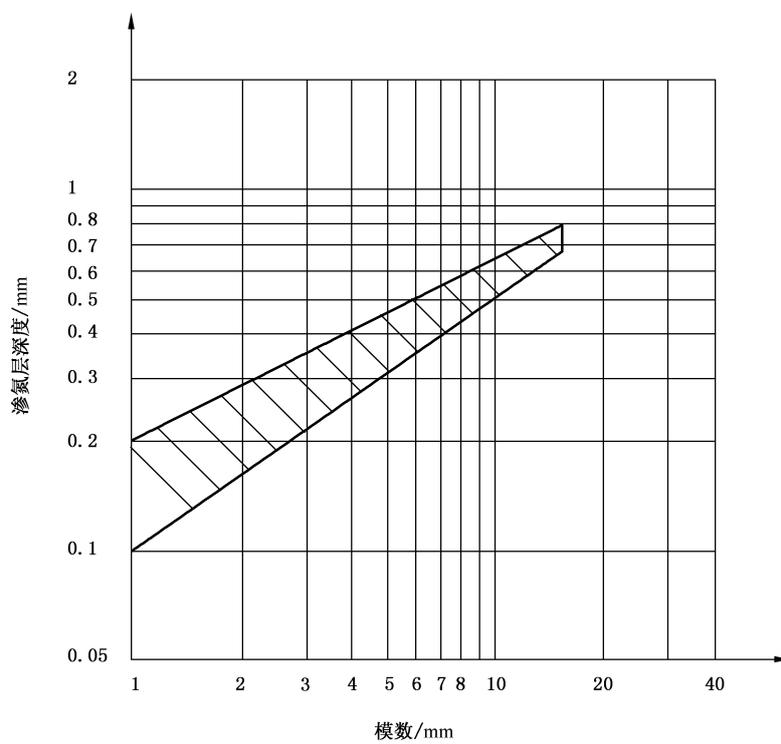


图 B.1 渗氮齿轮硬化层深度推荐值