



中华人民共和国国家标准

GB/T 8539—2000
eqv ISO 6336-5:1996

齿轮材料及热处理质量检验的 一般规定

General specification for quality inspection
of gear materials and their heat treatment

2000-07-24 发布

2000-12-01 实施

国家质量技术监督局 发布

前 言

本标准是对 GB/T 8539—1987《齿轮材料及热处理质量检验的一般规定》进行的修订。

本标准等效采用 ISO 6336-5:1996《渐开线圆柱直齿轮和斜齿轮承载能力计算方法 第 5 部分:材料强度和质重》的主要技术内容。

本标准自实施之日起,代替 GB/T 8539—1987。

本标准的附录 A 是标准的附录,附录 B~附录 E 是提示的附录。

本标准由国家机械工业局提出。

本标准由全国齿轮标准化技术委员会归口。

本标准由郑州机械研究所负责起草。

本标准修订起草人:杨星原、王爱香、张元国、张民安、马信青。

本标准于 1987 年 12 月 30 日首次发布。

ISO 前言

ISO(国际标准化组织)是世界各国标准组织(ISO 成员国)的联合会。通常是由 ISO 的各技术委员会起草国际标准,对某一技术委员会的工作项目感兴趣的成员国有权参加该技术委员会的工作,与 ISO 有协作关系的国际组织、政府和非政府机构也可参加其工作。ISO 在电工标准化方面与国际电工委员会(IEC)密切合作。

由技术委员会通过的国际标准草案分发给各成员国投票表决,作为正式公布的国际标准需参加投票的成员国 75%以上赞成。

国际标准 6336 由 ISO/TC 60 齿轮技术委员会第 2 分委会 SC2(齿轮承载能力计算)制定。

ISO 6336 在“渐开线圆柱直齿轮和斜齿轮承载能力计算方法”的总标题下包括以下部分:

- 第 1 部分:基本原则、概述和通用影响系数
- 第 2 部分:齿面接触疲劳强度计算
- 第 3 部分:轮齿弯曲疲劳强度计算
- 第 5 部分:材料强度和重量

中华人民共和国国家标准

齿轮材料及热处理质量检验的 一般规定

GB/T 8539—2000
eqv ISO 6336-5:1996

代替 GB/T 8539—1987

General specification for quality inspection
of gear materials and their heat treatment

1 范围

本标准规定了齿轮材料及热处理质量检验要求,给出了与材料质量等级(ML、MQ、ME 和 MX)相对应的接触与弯曲疲劳极限值(图 1~14)。

本标准适用于钢、铸铁制造的齿轮材料及热处理质量检验。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB/T 225—1988 钢的淬透性末端淬火试验方法(eqv ISO 642:1979)
- GB/T 3077—1999 合金结构钢
- GB/T 3374—1992 齿轮基本术语
- GB/T 3480—1997 渐开线圆柱齿轮承载能力计算方法(eqv ISO 6336-1~6336-3:1996)
- GB/T 5617—1985 钢的感应淬火或火焰淬火后有效硬化层深度的测定(eqv ISO 3754:1976)
- GB/T 7232—1999 金属热处理工艺术语
- GB/T 7233—1987 铸钢件超声探伤方法及质量评级方法
- GB/T 9450—1988 钢件渗碳淬火有效硬化层深度的测定与校核(eqv ISO 2639:1982)
- GB/T 10561—1989 钢中非金属夹杂物显微评定法(eqv ISO 4967:1979)
- GB/T 11354—1989 钢铁零件 渗氮层深度测定和金相组织检验
- ASTM A388—1991 大型铸锻件的超声波检验

3 术语定义与符号

本标准中齿轮术语的定义,可参考 GB/T 3374。热处理术语的定义,可参考 GB/T 7232。符号和单位按 GB/T 3480 中规定。

4 齿轮材料及热处理质量检验要求

4.1 一般原则

不同材料、不同热处理工艺所得到的 $\sigma_{H \lim}$ (接触疲劳极限)、 $\sigma_{F \lim}$ (弯曲疲劳极限)和 σ_{FE} ($\sigma_{FE} = \sigma_{F \lim} \cdot Y_{ST}$)见图 1~图 14。图中的各材料质量等级的定义为:

ML 表示对齿轮加工过程中材料质量及热处理工艺的一般要求;

MQ 表示对有经验的制造者在一般成本下可以达到要求的等级;

ME 表示必须具有高可靠度制造过程控制才能达到的等级；

MX 表示对淬透性及金相组织有特殊考虑的调质合金钢的质量要求。

4.2 齿轮材料及热处理检验要求

本条所列要求已经过实际应用验证,作为推荐性文件提出。根据各自的经验或需要,齿轮制造厂家也可采用其他的方法或数据。但应由齿轮供需双方对细节达成协议,尤其是大型齿轮的场合。

4.2.1 铸钢、结构钢(图 1、图 2)

由于这些钢材无一定化学成分要求,冶炼方法也不明确,因此 MQ 线位于强度下限(ML,即 MQ=ML)。该类结构钢只用于轻载齿轮和次要齿轮。当钢材生产可达到高档要求或经过实际验证时,亦可采用 ME 线数据。

4.2.2 黑心可锻铸铁(图 3、图 4)

这类材料通常用于小型轻载齿轮。热处理工艺控制得当时,可提高材料性能。从可靠性考虑,MQ 线位于下限(ML),若经过实用验证,也可采用 ME 线数据。

4.2.3 其他材料(图 5~图 14)

其他材料的质量及热处理检验要求列于表 1~表 6。

表 1 铸铁材料(灰口及球墨铸铁)(图 3、图 4)

序号	项目	灰口铸铁			球墨铸铁		
		ML	MQ	ME	ML	MQ	ME
1	化学成分	不检验		100%检验 提交铸造合格证	不检验		100%检验 提交铸造合格证
2	冶炼	不规定		电炉或相当设备	不规定		电炉或相当设备
3	力学性能	只提供 HB 值		要求 σ_b 或 HB,针对 同炉号独立的试样 做检验报告	只提供 HB 值		检验 $\sigma_s(\sigma_{0.2}), \sigma_b, \delta_5,$ ψ (代表性试样) 靠近实际轮齿部位 检验 HB
4	石墨形态	规定但不必检验			不检验		限制
	基体组织	不规定(对于灰口合 金铸铁,铁素体含量 $\leq 5\%$)		铁素体含量 $\leq 5\%$			
5	焊补	在轮齿部位不允许焊补,其他部位只能在认可工艺下进行,焊 补后应进行去应力退火处理				不允许焊补	
6	去应力退火	不规定		推荐 500~530 °C, 对于灰口合金铸铁 530~560 °C 保温适当时间	不规定		推荐 500~560 °C保 温适当时间
7	内部缩孔(裂纹)	不检验		检验气孔、裂纹、砂 眼,限制缺陷	不检验		检验气孔、裂纹、砂 眼,限制缺陷
8	表面裂纹	不检验		着色渗透探伤	不检验		不允许有裂纹, 100%经磁粉或着色 渗透探伤,大批量产 品可抽样检验

表 2 非表面硬化调质钢(铸件)(图 6、图 8)

序号	项 目	ML, MQ	ME
1	化学成分	不检验	100%跟踪原始铸件,提交检验报告
2	晶粒度	不规定	5级或更细晶粒,提交检验报告
3	热处理后的力学性能	HB	检验 $\sigma_s(\sigma_{0.2})$ 、 σ_b 、 δ_5 、 ψ 、HB,100%跟踪原始铸件,提交检验报告。也可按供需双方协议进行
4	无损检测		
4.1	超声波检查(粗车状态)	不规定	推荐检查轮齿及齿根部位,对于大直径工件,在切齿前检查缺陷。〔按 GB/T 7233,合格标准:I区(外圆至齿根以下 25 mm 处)为 1 级,II区(轮缘其余部位)为 2 级〕
4.2	表面裂纹检测(最终加工状态)	不允许存在裂纹。100%经磁粉或着色渗透探伤检查,对于大批量产品可抽查	
5	焊补	可按规定工艺进行	轮齿部位不允许。其他部位只允许在热处理前的粗车状态进行,切齿后不能焊补
注:当铸件质量达到锻钢件(锻打或轧制)质量标准时,对与锻钢小齿轮配对的铸钢齿轮,也可采用锻钢的许用应力值计算其承载能力,但这种情况须经试验数据或应用实例验证			

表 3 非表面硬化调质钢(锻件或轧材)(图 5、图 7)

序号	项 目	ML	MQ	ME	MX																																														
1	化学成分 ¹⁾	不检验	100%跟踪原始铸件,提供检验报告																																																
2	材料纯度 ²⁾ (按 GB/T 10561 检验)	不规定	钢材在钢包中脱氧及精炼,并应经过真空脱气。浇铸过程应有防氧化措施,除非用户要求,否则禁止故意加钙,最大氧含量 25×10^{-6} ,按 GB/T 10561 方法 B 检验 I 区纯度,检验面积近 200 mm ² ,下表为夹杂物当量尺寸允许值。提交检验报告。 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2">A</th> <th colspan="2">B</th> <th colspan="2">C</th> <th colspan="2">D</th> </tr> <tr> <th></th> <th>弥散态</th> <th>聚集态</th> <th>弥散态</th> <th>聚集态</th> <th>弥散态</th> <th>聚集态</th> <th>弥散态</th> <th>聚集态</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MQ</td> <td>3.0</td> <td>3.0</td> <td>2.5</td> <td>1.5</td> <td>2.5</td> <td>1.5</td> <td>2.0</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>ME</td> <td>3.0</td> <td>2.0</td> <td>2.5</td> <td>1.5</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>1.5</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>MX</td> <td>3.0</td> <td>2.0</td> <td>2.5</td> <td>1.5</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>1.5</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>					A		B		C		D			弥散态	聚集态	弥散态	聚集态	弥散态	聚集态	弥散态	聚集态	MQ	3.0	3.0	2.5	1.5	2.5	1.5	2.0	1.5	ME	3.0	2.0	2.5	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0	MX	3.0	2.0	2.5	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0
	A		B		C		D																																												
	弥散态	聚集态	弥散态	聚集态	弥散态	聚集态	弥散态	聚集态																																											
MQ	3.0	3.0	2.5	1.5	2.5	1.5	2.0	1.5																																											
ME	3.0	2.0	2.5	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0																																											
MX	3.0	2.0	2.5	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0																																											
3	晶粒度	不规定	5级或更细晶粒,提交检验报告																																																
4	锻造比 ³⁾	不规定	至少 3 倍																																																
5	热处理后力学性能	HB 值		对于锻件或直径 250 mm 以上棒材,同炉号切割试样检验 $\sigma_s(\sigma_{0.2})$ 、 σ_b 、 δ_5 及 ψ 指标,试样连同工件一同热处理,全部工件检验表面硬度 HB,也可按供需双方协议进行。提交检验报告	同 ME。材料淬透性及热处理工艺应足以保证齿根部位规定深度的最低硬度。控制截面见附录 A																																														
6	显微组织	不规定		最低回火温度 480℃,齿根硬度应满足图样要求	轮缘部位显微组织应以回火马氏体为主 ⁴⁾																																														
7	无损检测																																																		

表 3 (完)

序号	项 目	ML	MQ	ME	MX
7.1	超声波检测 (粗车状态)	不规定	锻后检测并提交报告,对于大直径工件,建议在切齿前检查缺陷(按 ASTM A388 灵敏度为 3.2 mm 平底孔进行探伤,探伤时由外圆至中径 360°扫描,在保证同等质量前提下允许采用供需双方协议的检测方法。)		
7.2	表面裂纹检测(最终加工状态)	不允许存在锻造或淬火裂纹		不允许存在锻造及淬火裂纹,磨削齿轮应检查表面裂纹,检查方法由供需双方协商	
8	焊补	可按规定工艺进行		轮齿部位不允许,其他部位只允许在热处理前的粗车状态进行,切齿后不能焊补	
<p>注:当铸钢件质量达到锻钢件(锻打或轧制)质量标准时,对与锻钢小齿轮配对的铸钢齿轮,也可采用锻钢的许用应力值计算其承载能力,但这种情况须经试验数据和应用实例验证。</p> <p>锻钢纯度及锻造比标准不能用于铸件,夹杂物含量与形状应控制为球状硫化锰夹杂物(I型)为主,但不允许存在晶界硫化锰夹杂物(II型)。</p> <p>1) 对于 0℃以下冷态环境下服役的齿轮: 考虑低温夏比(冲击)性能的要求; 考虑断口形貌转化温度或无塑性转变温度性能的要求; 考虑采用高镍合金钢; 考虑将碳含量降至 0.4%以下; 考虑用加热元件提高润滑剂温度。</p> <p>2) 材料纯度检验只针对切齿部位,位于最终齿顶圆下两倍齿高以上的深度。对于外齿轮,齿坯的这段区域通常不超过半径的 25%。</p> <p>3) 只针对由铸锭制成的锻件,对于连铸材料,最小锻造比为 7/1。</p> <p>4) 在齿轮截面上,至 1.2 倍齿高深处的显微组织以回火马氏体为主,允许混有少量先析铁素体、上贝氏体及细小珠光体,不允许存在未溶块状铁素体。对于控制截面 ≤250 mm 的齿轮,非马氏体相变产物不可超过 10%,控制截面 >250 mm 的齿轮,不可超过 20%</p>					

表 4 表面硬化调质钢——经火焰及感应淬火(锻造、轧制或铸造)(图 10、图 12)

序号	项 目	ML	MQ	ME																									
1	化学成分	同表 3(调质钢 1~6 项) 对于普碳钢和锰钢的纯度要求为: <table style="width:100%; text-align:center;"> <tr> <td colspan="2">A</td> <td colspan="2">B</td> <td colspan="2">C</td> <td colspan="2">D</td> </tr> <tr> <td>弥散态</td><td>聚集态</td> <td>弥散态</td><td>聚集态</td> <td>弥散态</td><td>聚集态</td> <td>弥散态</td><td>聚集态</td> </tr> <tr> <td>3.0</td><td>3.0</td> <td>2.5</td><td>1.5</td> <td>2.5</td><td>1.5</td> <td>2.0</td><td>1.5</td> </tr> </table>				A		B		C		D		弥散态	聚集态	弥散态	聚集态	弥散态	聚集态	弥散态	聚集态	3.0	3.0	2.5	1.5	2.5	1.5	2.0	1.5
A						B		C		D																			
弥散态	聚集态					弥散态	聚集态	弥散态	聚集态	弥散态	聚集态																		
3.0	3.0					2.5	1.5	2.5	1.5	2.0	1.5																		
2	调质后力学性能																												
3	纯度																												
4	晶粒度																												
5	超声波探伤																												
6	锻造比																												
7	预备热处理	淬火及回火态组织																											
8	表面硬度	48~56HRC		50~56HRC																									
9	有效硬化层深度 ¹⁾ (按 GB/T 5617 检验)	硬化层深度是指从表面到相当于最低表面硬度规定值 80% 的硬度处的垂直距离																											
10	表层组织	不规定		抽查,以细针马氏体为主	严格抽查,细针马氏体																								
11	无损检测																												
11.1	表面裂纹(磁粉或着色渗透探伤) ²⁾	不允许 抽查首批工件			不允许 全部检查																								

表 4 (完)

序号	项目	ML	MQ	ME
11.2	齿部磁粉探伤 ²⁾	不规定		模数/mm 缺陷最大尺寸/mm ≤ 2.5 1.6 $> 2.5 \sim 8$ 2.4 > 8 3.0
12	过热(尤其是齿顶)	禁止	严格禁止	

注:本表适用于套圈式火焰淬火、套圈式或逐齿感应淬火工艺,齿根部位经过硬化,硬化层形状如图 16、17 所示。

1) 为了得到稳定的硬化效果,硬度分布、硬化层深、设备参数及工艺方法应该建档,并定时检查,另外用一个与工件形状及材料相同的代表性试样来修正工艺。设备及工艺参数应足以保证硬化效果的良好复现性,硬化层应布满全齿宽和齿廓,包括双侧齿面、双侧齿根和齿根拐角。

2) 最终加工后的齿轮轮齿区域内,任何质量级别的材料都不允许存在裂纹、爆裂、折皱。限制:25 mm 齿宽内不超过 1 个,一侧齿面内不超过 5 个,在工作齿高中线以下不允许存在。对于超标缺陷,在不影响齿轮完整性并征得用户同意情况下可以去除

表 5 表面硬化渗氮钢和调质钢——经气体、液体、离子渗氮(氮碳共渗)(图 13、图 14)

序号	项目	ML	MQ	ME		
1	化学成分	同表 3(调质钢 1~6 项)				
2	调质后力学性能					
3	纯度					
4	晶粒度					
5	超声波探伤					
6	锻造比					
7	预备热处理	无表面脱碳的调质或正火,其中回火温度应高于后续氮化(共渗)温度				
8	心部要求 ¹⁾	不检验	$\sigma_b > 900 \text{ N/mm}^2$ 或 $\text{HB} > 266$ (一般情况下铁素体含量应 $< 5\%$)			
9	渗氮(氮碳共渗)层深度	有效渗氮层深度是指从表面到 400 HV 或 40.8 HRC 硬度处的垂直距离。如果心部硬度超过 380 HV,那么心部硬度 +50 HV 可作为界限硬度				
10	表面硬度					
10.1	渗氮	渗氮钢 ^{2),3),4)}	650~900 HV ⁵⁾			
10.2		调质钢 ²⁾	$> 450 \text{ HV}$			
10.3	氮碳共渗	合金钢 ²⁾	$> 500 \text{ HV}$			
10.4		非合金钢 ²⁾	$> 300 \text{ HV}$			
11	表面组织(白亮层及脆性)	白亮层	渗氮	$\leq 25 \mu\text{m}$	$\leq 25 \mu\text{m}$,且以 ϵ -相为主	同 MQ。若渗氮后磨齿,应考虑抗点蚀能力
			氮碳共渗	不规定	白亮层 $< 30 \mu\text{m}$,且以 ϵ -相为主	
		脆性	≤ 3 级	≤ 2 级(GB/T 11354)		

表 5 (完)

序号	项目	ML	MQ	ME
12	渗氮后加工精度 ⁶⁾	—	特殊情况下磨齿,但应防止表面承载能力的降低	
13	渗氮(氮碳共渗)设备	设备及工艺参数可控。对液体氮碳共渗,要求带有通风的钛耐热合金坩埚或钝化炉衬,以防止共渗时铁元素渗入熔盐中		

注: 1) 对于渗氮或氮碳共渗件其调质后的心部硬度决定其最终心部硬度,因此在调质回火温度高于渗氮或氮碳共渗温度前提下,其硬度值在允许切齿(冷加工)的条件下,应尽可能取高的硬度值,以增加强度和以便不产生蛋壳效应。

2) 测量表面硬度时应注意垂直于表面,试验载荷应同渗层深度及硬度相称。

3) 渗氮齿轮抗过载能力较低,由于S-N曲线形状平缓,因此在设计前应考虑好其冲击敏感性。对于含铝的合金钢,当渗氮周期较长时,晶界有形成连续网状氮化物的可能,使用这种钢材,应在热处理时列出特别注意事项。

4) 含铝氮化钢或类似钢材,只限于ML和MQ。这类材料的齿根应力值 σ_{Flim} 限制点:对于ML级,250 N/mm²以下;对于MQ级,340 N/mm²以下。

5) 当由于白亮层(>10 μm)而使硬度增加时,疲劳强度反而由于脆性原因而降低。

6) 许多氮化齿轮抗过载能力低,因此,齿轮应有足够高的几何精度,以限制动载荷在齿轮总载荷中的比例

表 6 表面硬化钢——经渗碳(碳氮共渗)(锻打或轧制)(图 9、图 11)

序号	项目	ML	MQ	ME																																		
1	化学成分	不检验	100%跟踪原始坯锭,提交检验报告	对同一批坯锭取样检验,提交检验报告																																		
2	淬透性(按GB/T 225检验)	不检验																																				
3	纯度及冶炼	不规定	钢材在钢包中脱氧及精炼处理,并经真空脱气,浇铸过程应有防氧化措施,除非用户要求,否则禁止故意加钙。最大氧含量 25×10^{-6} ,按GB/T 10561方法B检验Ⅰ区纯度,检验面积近200 mm ² 。下表为夹杂物当量尺寸允许值。																																			
		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">A</th> <th colspan="2">B</th> <th colspan="2">C</th> <th colspan="2">D</th> </tr> <tr> <th>弥散态</th> <th>聚集态</th> <th>弥散态</th> <th>聚集态</th> <th>弥散态</th> <th>聚集态</th> <th>弥散态</th> <th>聚集态</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MQ</td> <td>3.0</td> <td>3.0</td> <td>2.5</td> <td>1.5</td> <td>2.5</td> <td>1.5</td> <td>2.0</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>ME</td> <td>3.0</td> <td>2.0</td> <td>2.5</td> <td>1.5</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>1.5</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>		A		B		C		D		弥散态	聚集态	弥散态	聚集态	弥散态	聚集态	弥散态	聚集态	MQ	3.0	3.0	2.5	1.5	2.5	1.5	2.0	1.5	ME	3.0	2.0	2.5	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0	
A		B		C		D																																
弥散态	聚集态	弥散态	聚集态	弥散态	聚集态	弥散态	聚集态																															
MQ	3.0	3.0	2.5	1.5	2.5	1.5	2.0	1.5																														
ME	3.0	2.0	2.5	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0																														
4	锻造比 ¹⁾	不规定	至少3倍																																			
5	晶粒度	不规定	5级或更细晶粒,提交检验报告																																			
6	粗车状态超声波探伤	不规定	推荐。对于大直径工件在切齿前检查缺陷	要求。五件以上产品可抽查																																		
		方法同表3(调质钢7.1项)																																				
7	表面硬度																																					
7.1	工件代表性表面硬度 ²⁾ (见附录C:维一洛氏硬度换算)	最低 55 HRC 或 73HR 30 N, 抽查	58~64 HRC 或 75.7~81.1 HR 30 N, 抽查	58~64 HRC 或 75.7~81.1 HR 30 N, 同炉热处理件数 ≤ 5 时全部检查,否则抽查																																		
7.2	模数 ≥ 12 mm 时齿宽中线齿根区域的表面硬度	不规定	满足图样要求,抽查代表性试样	满足图样要求,全部检查或检验代表性试样																																		

表 6 (续)

序号	项 目	ML	MQ	ME
8	心部硬度	21HRC 以上	25HRC 以上	35HRC 以上
		<p>推荐测量位置:齿宽中部齿根 30°切线的法向上,深度为 5 倍硬化层深,但不小于 1 倍模数。可按技术条件要求,或采用供需双方协议的检查方法进行检测</p> 		
9	有效硬化层深度(按 GB/T 9450 检验)	用代表性试样检查或类似齿轮的同模数齿块试样的齿宽中部位于齿顶圆以下的齿顶高上检查,本指标关系到齿面接触强度。在考虑齿轮模数和最大应力状态的情况下确定。有效硬化层深度是指表面到 550 HV 或 52 HRC 硬度外的垂直距离。在规定最小硬化层深度时,应注意到对于弯曲强度和表面承载能力的最佳值不一样。另外,不能超过最大硬化层深度,否则齿顶脆性增加		
10	至表面硬度降(在有效硬化层深度范围内,次层最高硬度与表面硬度之差。硬度转换参考附录 C)	不规定	对于工件或代表性试样,硬度降低不超过 2HRC。当精加工状态硬度 650 HV 以上时,硬度降低限制在 40 HV 以下	硬度降低不能超过 30 HV
11	各种显微组织检查均可按 4.3 中代表性试样上进行。这种检查对 MQ 任意,对 ME 必须检查(对 ML 不要求)			
11.1	表面含碳量限制	不规定	共析碳含量加 +0.2% ~ -0.10%,建议代表性试样中以细针马氏体为主,贝氏体含量小于 10%	
11.2	表面含氮量(碳氮共渗)	不检查	按技术条件要求,一般含氮量不超过 0.3%	
11.3	碳化物	允许有半连续状碳化物网(图 15a)	允许有断续的碳化物,对于代表性试样,所有碳化物长度不超过 0.02 mm(图 15b)	允许弥散状碳化物按 4.3 中检验代表性试样(图 15c)
		可按各行业标准执行		
11.4	残余奥氏体(对代表性试样金相法检查)	不规定	25% 以下	25% 以下且细小弥散
		可按各行业标准执行		
11.5	表面非马氏体(IGO)	不规定	渗层深度 e/mm IGO/ μm $e < 0.75$ 17 $0.75 < e < 1.50$ 25 $1.50 < e < 2.25$ 38 $2.25 < e < 3.00$ 50 $e > 3.00$ 60	渗层深度 e/mm IGO/ μm $e < 0.75$ 12 $0.75 < e < 1.50$ 20 $1.50 < e < 2.25$ 20 $2.25 < e < 3.00$ 25 $e > 3.00$ 30
		若超差,可与用户协调采用控制喷丸进行补救		

表 6 (完)

序号	项 目	ML	MQ	ME																
12	无损检测																			
12.1	表面裂纹(在不影响齿轮完整性并经用户同意可去除表面缺陷 ³⁾)	不允许有裂纹。用磁粉或着色渗透探伤法抽查	不允许有裂纹。磁粉探伤抽查率应达到50%	不允许有裂纹。100%磁粉探伤,批量≥5件可抽查。抽查率高于MQ																
12.2	齿部磁粉探伤 ³⁾	不规定	<table border="1"> <thead> <tr> <th>模数/mm</th> <th>缺陷最大尺寸/mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≤2.5</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>>2.5~8</td> <td>2.4</td> </tr> <tr> <td>>8</td> <td>3.0</td> </tr> </tbody> </table>	模数/mm	缺陷最大尺寸/mm	≤2.5	1.6	>2.5~8	2.4	>8	3.0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>模数/mm</th> <th>缺陷最大尺寸/mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≤2.5</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>>2.5~8</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>>8</td> <td>2.4</td> </tr> </tbody> </table>	模数/mm	缺陷最大尺寸/mm	≤2.5	0.8	>2.5~8	1.6	>8	2.4
模数/mm	缺陷最大尺寸/mm																			
≤2.5	1.6																			
>2.5~8	2.4																			
>8	3.0																			
模数/mm	缺陷最大尺寸/mm																			
≤2.5	0.8																			
>2.5~8	1.6																			
>8	2.4																			
13	心部显微组织(位置同第8项)	不规定	按行业有关标准执行	不允许有块状游离铁素体																
注: 1) 见表3注3); 2) 由于尺寸和工艺的差别,齿根硬度可能略低于齿面硬度,允许值可由供需双方协商; 3) 在最终加工后的齿轮轮齿区域内,任何质量级别的材料都不允许有裂纹、爆裂、折皱。限制:25 mm齿宽内不超过1个,一侧齿面内不超过5个。在工作齿高中线以下不允许存在,对于超标缺陷,在不影响齿轮完整性并征得用户同意情况下可以去除																				

4.3 试样

试样由代表性钢材制成,可以单独锻造,同产品一道经过所有的热处理工序。选择试样应能在碳含量及显微组织方面控制热处理工艺质量,也可从工件代表性性能的角度来选择。标准试样的性能应在渗层组织和渗层深度方面与工件接近,并可根据经验推断。

关于试样加工,应以供需双方协议为准。

这里推荐两种试样。

a) 过程控制试样:适用于任何材料和形状,它用于检测热处理工艺的稳定性,其显微组织并不代表最终齿轮的显微组织,仅可根据实际经验来推断最终齿轮的近似状态,这种推断应该存档备查。

b) 代表性试样:主要考虑能反映产品齿轮的冷却速度,试样心部硬度和显微组织应该接近表6中第8项、第13项规定指标,其推荐尺寸为:

最小直径(mm): $6 \times$ 模数;

最小长度(mm): $12 \times$ 模数。

另外,试样钢材应在化学成分及淬透性方面与工件相当。

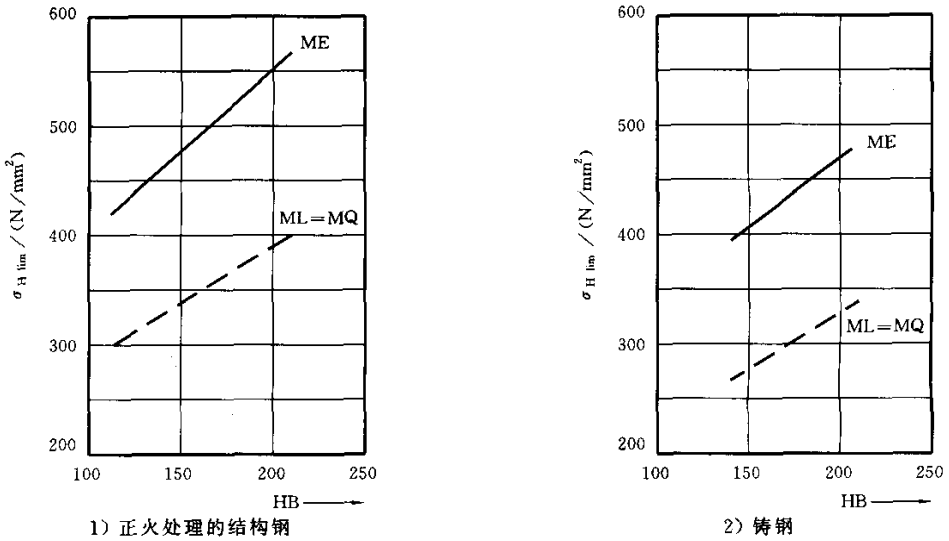
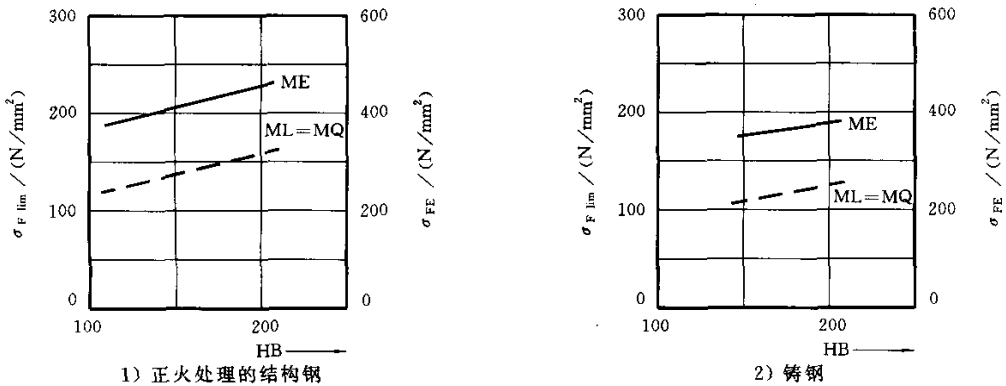


图 1 正火处理的结构钢和铸钢的 $\sigma_{H \text{ lim}}$



注： $\sigma_{FE} = \sigma_{F \text{ lim}} Y_{ST}$ 。

图 2 正火处理的结构钢和铸钢的 $\sigma_{F \text{ lim}}$ 和 σ_{FE}

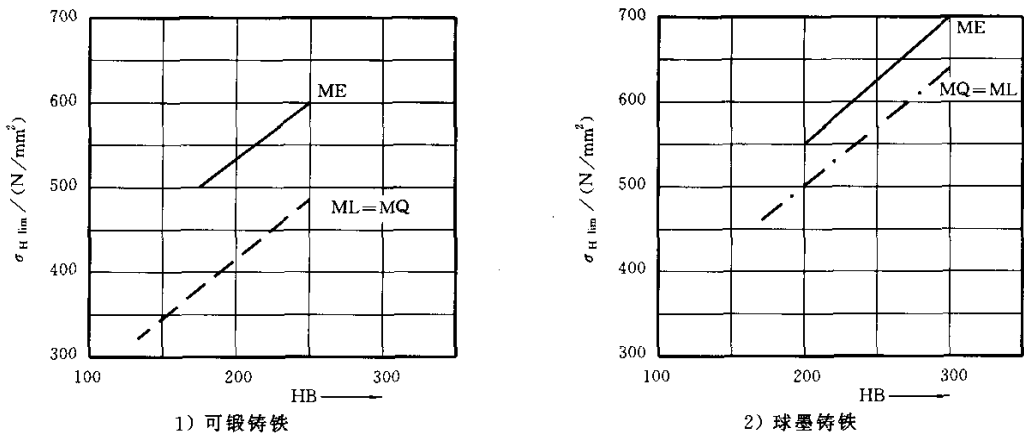
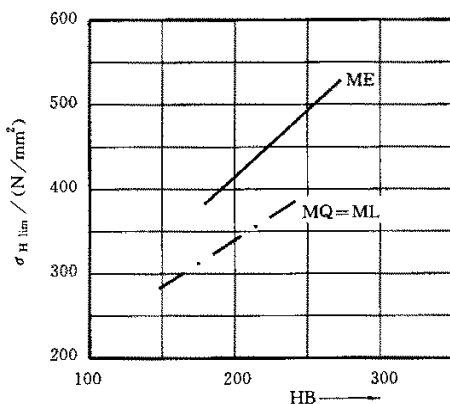
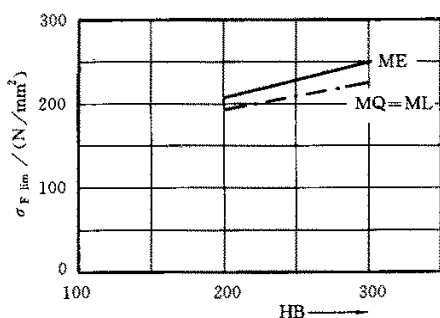


图 3 铸铁的 $\sigma_{H \text{ lim}}$

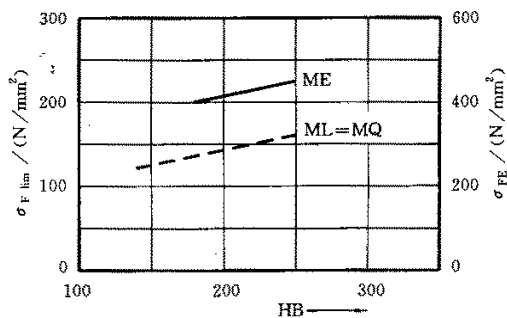


3) 灰铸铁

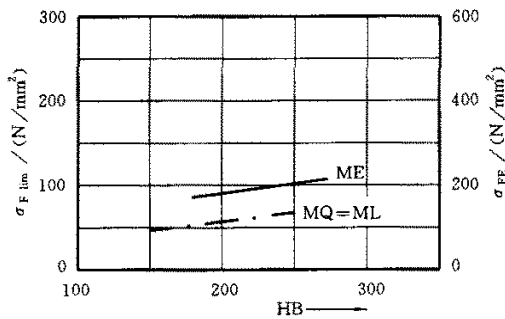
图 3 (完)



1) 可锻铸铁¹⁾



2) 球墨铸铁¹⁾



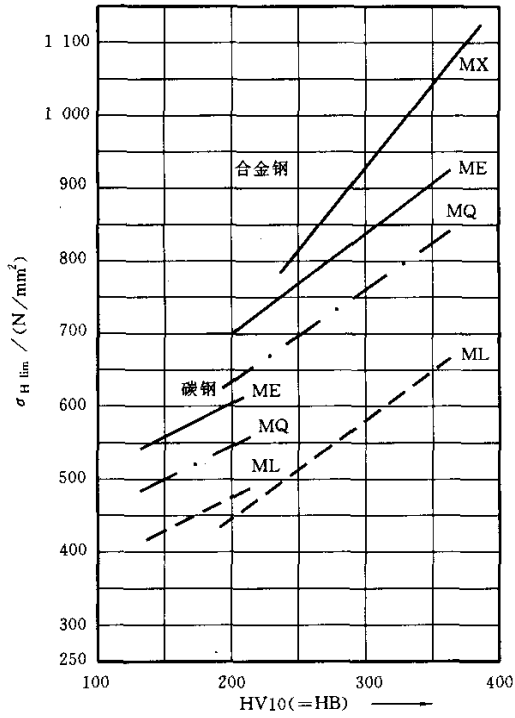
3) 灰铸铁

注: $\sigma_{FE} = \sigma_{F lim} Y_{ST}$ 。

图 4 铸铁的 $\sigma_{F lim}$ 和 σ_{FE}

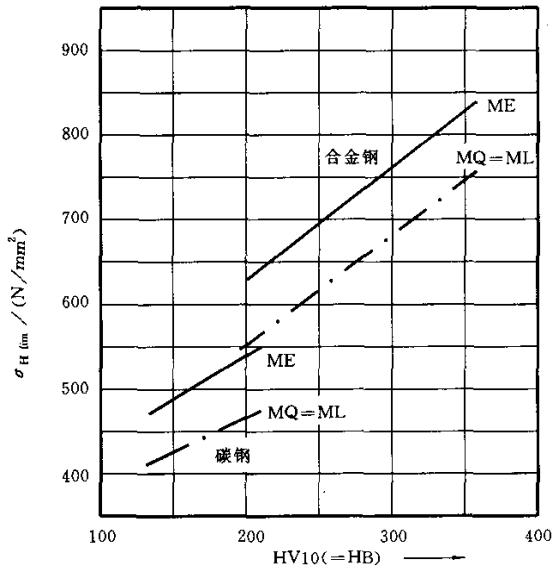
采用说明:

1) ISO 文本中本图的 1) 与 2) 图样颠倒, 已订正。



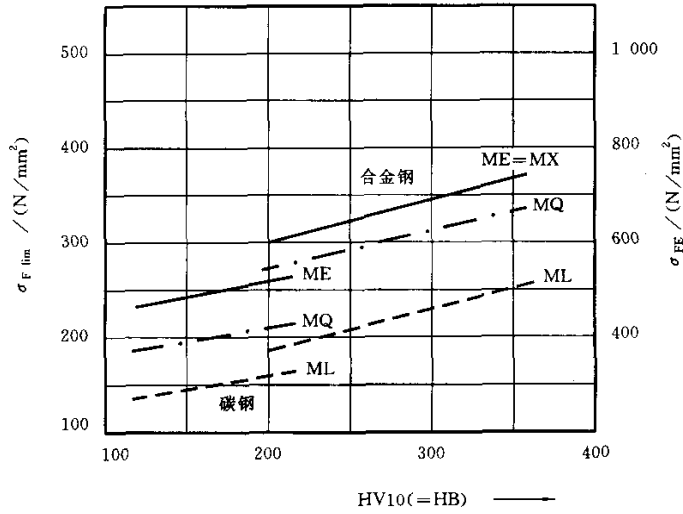
注：额定碳含量 $\geq 0.20\%$ 。

图 5 调质处理的碳钢、合金钢的 $\sigma_{H \text{ lim}}$



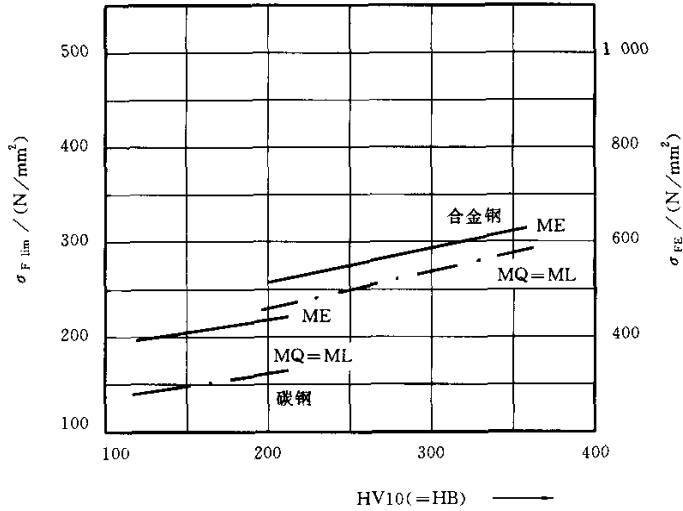
注： $\sigma_{FE} = \sigma_{F \text{ lim}} Y_{ST}$ 。

图 6 调质处理的铸钢的 $\sigma_{H \text{ lim}}$



注：额定碳含量 $\geq 0.20\%$ ； $\sigma_{FE} = \sigma_{F \text{ lim}} Y_{ST}$ 。

图 7 调质处理的碳钢、合金钢的 $\sigma_{F \text{ lim}}$ 和 σ_{FE}



注： $\sigma_{FE} = \sigma_{F \text{ lim}} Y_{ST}$ 。

图 8 调质处理的铸钢的 $\sigma_{F \text{ lim}}$ 和 σ_{FE}

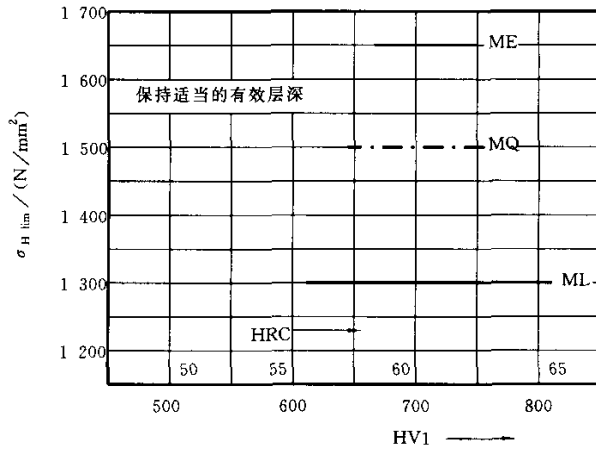


图9 渗碳淬火钢的 $\sigma_{H \lim}$

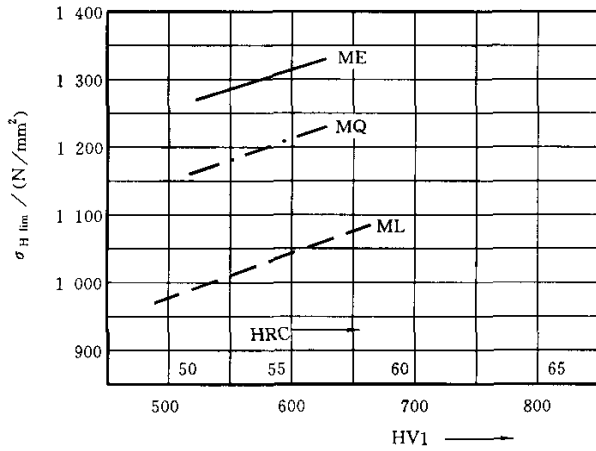
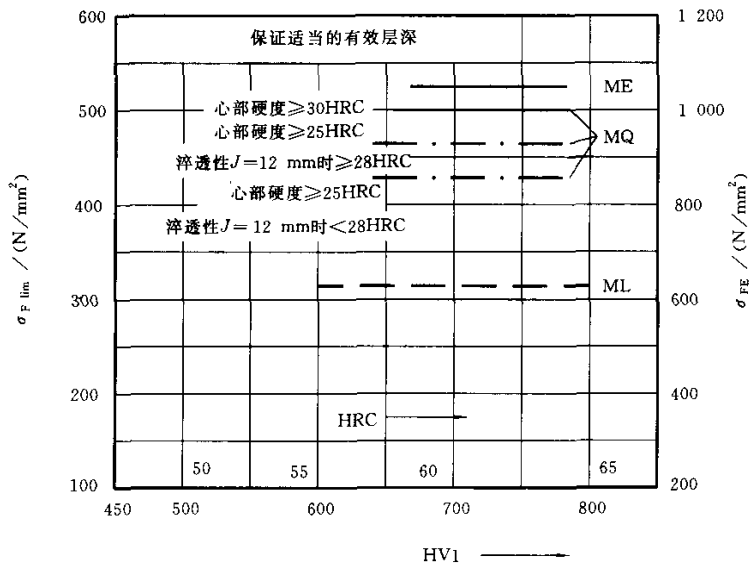
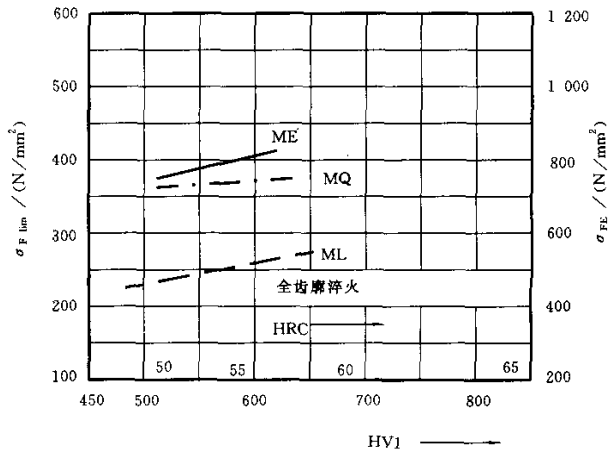


图10 表面硬化(火焰或感应淬火)钢的 $\sigma_{H \lim}$



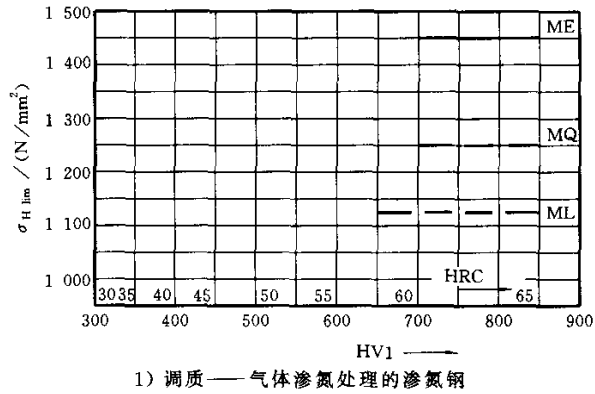
注: $\sigma_{FE} = \sigma_{F \lim} Y_{ST}$

图11 渗碳淬火钢的 $\sigma_{F \lim}$ 和 σ_{FE}

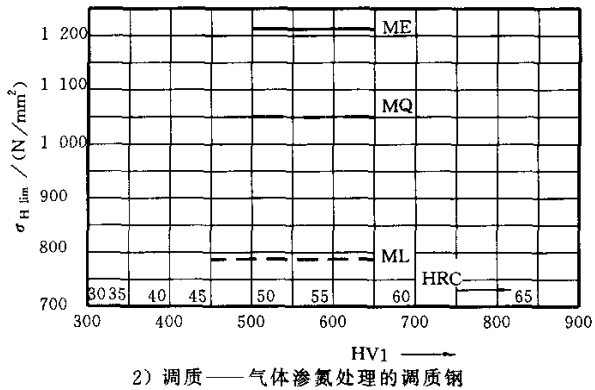


注： $\sigma_{FE} = \sigma_{FLim} Y_{ST}$ 。

图 12 表面硬化(火焰或感应淬火)钢的 σ_{FLim} 和 σ_{FE}

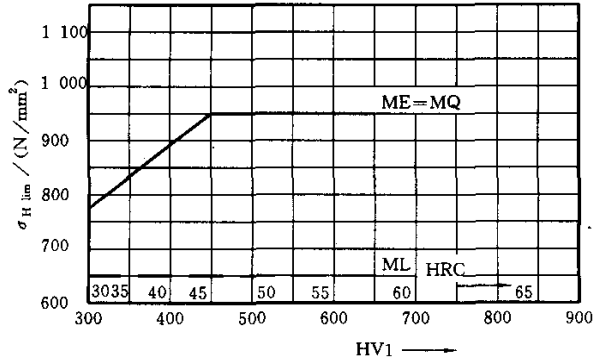


1) 调质——气体渗氮处理的渗氮钢



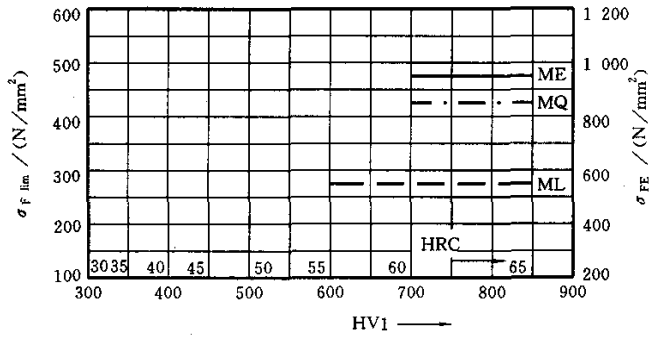
2) 调质——气体渗氮处理的调质钢

图 13 渗氮和氮碳共渗钢的 σ_{HLim}

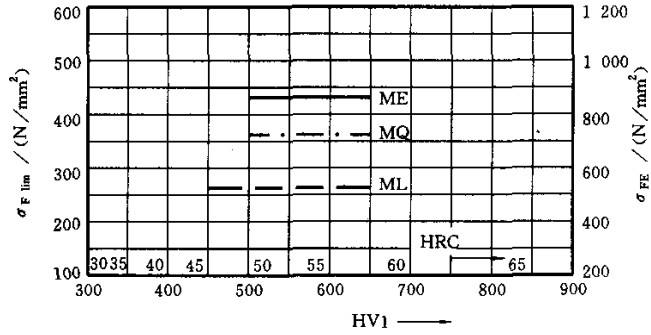


3) 调质或正火——氮碳共渗处理的调质钢

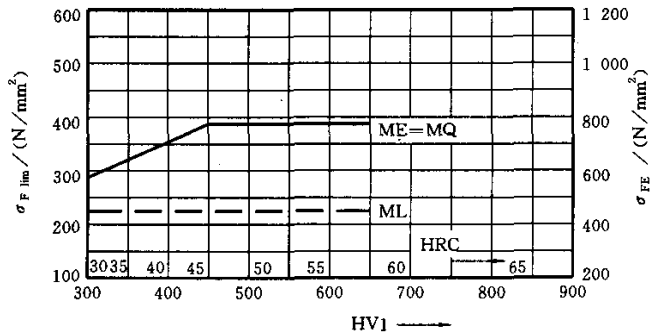
图 13 (完)



1) 调质——气体渗氮处理的渗氮钢



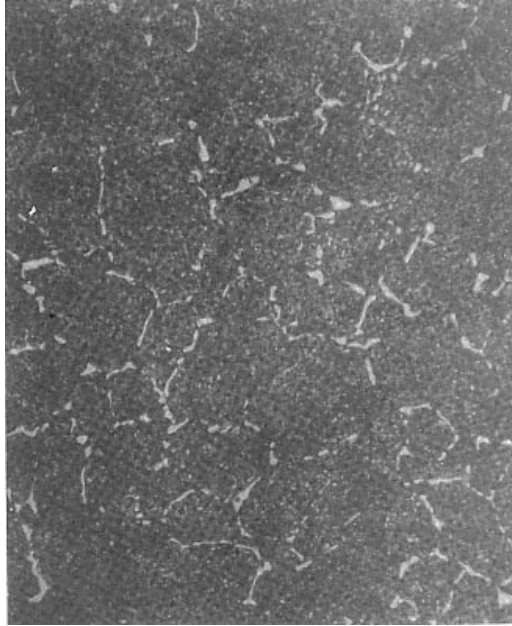
2) 调质——气体渗氮处理的调质钢



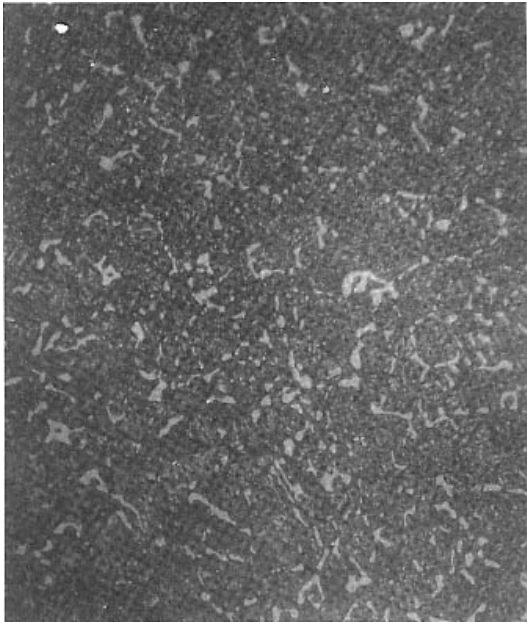
3) 调质或正火——氮碳共渗处理的调质钢

注: $\sigma_{FE} = \sigma_{F \lim} Y_{ST}$

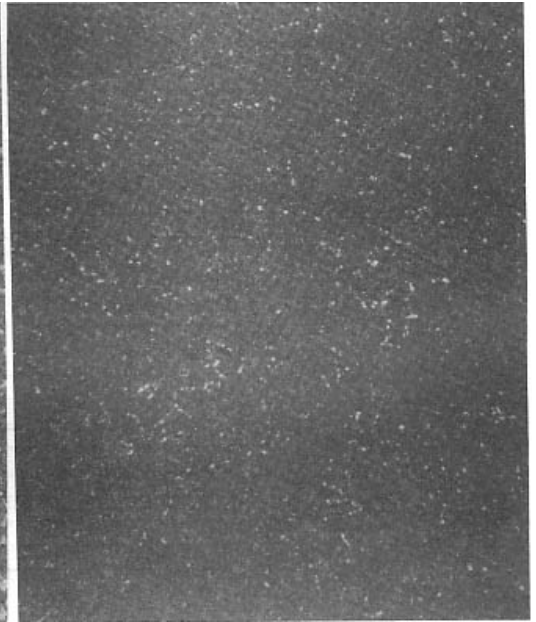
图 14 氮化及氮碳共渗钢的 $\sigma_{F \lim}$ 和 σ_{FE}



a) 半断续状碳化物,对 ML 级合格



b) 断续状碳化物,对 ML 及 MQ 级合格



c) 弥散状碳化物,对 ML、MQ 和 ME 级都合格

图 15 渗碳淬火齿轮渗层内的允许碳化物类型
(5%硝酸酒精溶液腐蚀,放大倍数 400×)

感应圈或火焰喷嘴



图 16 A 型：非齿廓型硬化

感应器或火焰喷嘴

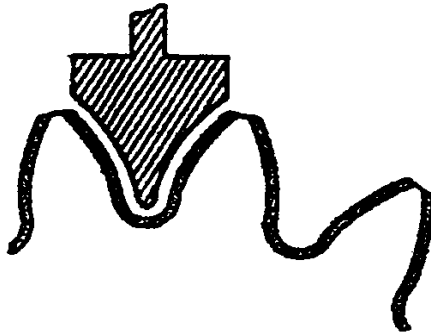


图 17 A 型：齿廓型硬化

附录 A

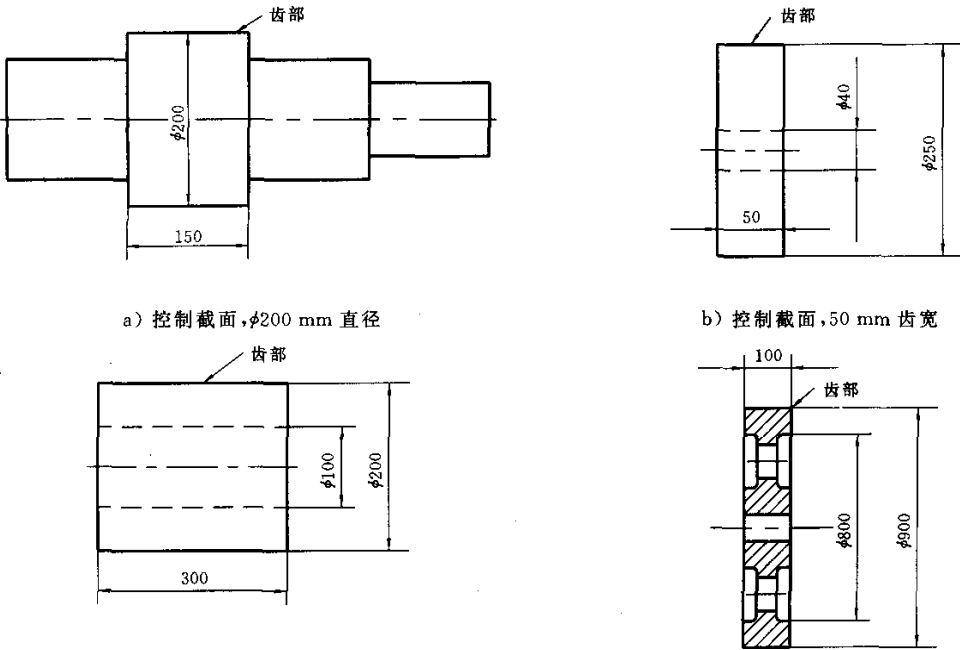
(标准的附录)

调质齿轮控制(关键)截面的尺寸效应

本附录介绍调质(淬火回火)齿轮近似最大控制截面尺寸,以及影响最小控制截面尺寸和因素,图解确定最大控制截面尺寸的方法,以及部分低合金钢件的推荐最大控制截面尺寸。

所谓工件的控制截面是指在淬火过程中对工件有力学性能(硬度)要求部分的冷却速度有决定性影响的截面。某种钢材的最大控制截面尺寸主要取决于其淬透性,规定硬度、理想硬化层深及淬、回火温度等因素。

图 A1 表示几种热处理后切齿的淬火齿坯控制截面。



a) 控制截面, $\phi 200$ mm 直径

b) 控制截面, 50 mm 齿宽

c) 控制截面, 50 mm 壁厚

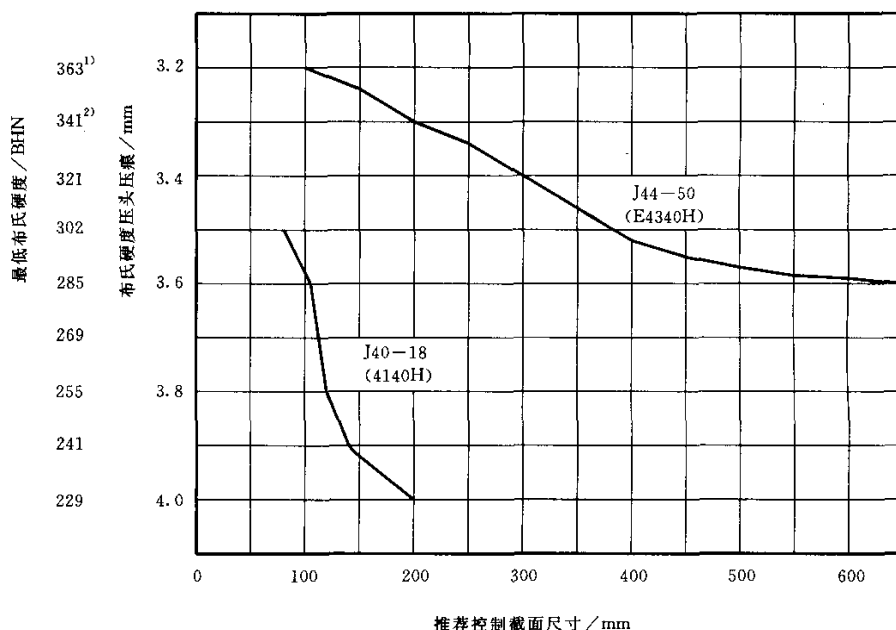
d) 控制截面, 50 mm 齿圈厚度

注: 若内孔直径小于内孔长度的 20%, 则以外径为准。

图 A1 控制截面尺寸实例

当为了合理选材和/或规定硬度而考虑控制截面尺寸时, 无需考虑正常的粗加工余量, 而其他加工余量(如为了减小热处理变形而留余量)则应考虑。

图 A2 表示两种油淬(淬火烈度 $H=0.5$)及回火的低合金钢的推荐最大控制截面尺寸, 主要考虑硬度要求范围、淬火前的正常加工余量以及为得到最低齿根硬度而采取的最低 480°C 回火温度。



注：若经过试验数据(热处理)验证,也可采用高于上述的数据的最大控制截面尺寸。

- 1) 为了达到这些硬度要求,可采用最低回火温度 480℃;
- 2) 对某些特殊齿轮可以规定更高的硬度值(如 375~415 HB, 388~421 HB 及 401~444 HB),但应注意因加工性能下降而使成本增加。

图 A2 两种 0.40%C 低合金钢的控制截面尺寸

关于 $\phi 200$ mm 以下直径圆棒的最大控制截面尺寸与截面硬度要求的对应关系,可参考文献[7]中“淬火圆棒横截面硬度值预测图”及其他已发表的回火效应/淬透性数据。

对于 $\phi 200$ mm 以上直径棒材的最大控制截面尺寸,一般要求先对大截面试件进行热处理试验,然后进行解剖及横截面硬度检测。

有些大尺寸齿轮结构不允许淬火处理而要求正火及回火处理,也要考虑最大控制截面尺寸。但是在同样材质(淬透性)条件下所能达到的硬度值就很低,因此需要改用更高淬透性的钢材,而且要求试验性正火、回火处理及硬度检测。

附 录 B
(提示的附录)
合 格 证

B1 工件合格证

工件合格证确认:加工的产品或来料加工的产品的检验结果是在与来样相当的产品加工过程中测取,并且符合合同(订单)要求。

B2 工件测试合格证

工件测试合格证确认:产品性能是在加工的产品或来料加工的产品测试过程中测取,并且符合合同(订单)要求。

B3 验收测试合格证

验收测试合格证是由独立于供方的检测人员对产品或来料加工产品检测后开据的,表明送检产品满足合同(订单)要求。这种合格证可由供方指定的检验人员根据合同所列技术要求而签发。

规定检测项目需在产品供方以外的试验室内进行检测,该试验室须具备规定设施和手段。

附录 C
(提示的附录)
硬度值换算表

抗拉强度 N/mm ²	维氏硬度 (F≥98 N) HV	布氏硬度 HB	洛氏硬度		抗拉强度 N/mm ²	维氏硬度 (F≥98 N) HV	布氏硬度 HB	洛氏硬度	
			HRC	HR 30 N				HRC	HR 30 N
770	240	228	20.3	41.7	1 740	530	(504)	51.1	69.5
785	245	233	21.3	42.5	1 775	540	(513)	51.7	70.0
800	250	238	22.2	43.4	1 810	550	(523)	52.3	70.5
820	255	242	23.1	44.2	1 845	560	(532)	53.0	71.2
835	260	247	24.0	45.0	1 880	570	(542)	53.6	71.7
850	265	252	24.8	45.7	1 920	580	(551)	54.1	72.1
865	270	257	25.6	46.4	1 955	590	(561)	54.7	72.7
880	275	261	26.4	47.2	1 995	600	(570)	55.2	73.2
900	280	266	27.1	47.8	2 030	610	(580)	55.7	73.7
915	285	271	27.8	48.4	2 070	620	(589)	56.3	74.2
930	290	276	28.5	49.0	2 105	630	(599)	56.8	74.6
950	295	280	29.2	49.7	2 145	640	(608)	57.3	75.1
965	300	285	29.8	50.2	2 180	650	(618)	57.8	75.5
995	310	295	31.0	51.3		660		58.3	75.9
1 030	320	304	32.2	52.3		670		58.8	76.4
1 060	330	314	33.3	53.6		680		59.2	76.8
1 095	340	323	34.4	54.4		690		59.7	77.2
1 125	350	333	35.5	55.4		700		60.1	77.6
1 155	360	342	36.6	56.4		720		61.0	78.4
1 190	370	352	37.7	57.4		740		61.8	79.1
1 220	380	361	38.8	58.4		760		62.5	79.7
1 255	390	371	39.8	59.3		780		63.3	80.4
1 290	400	380	40.8	60.2		800		64.0	81.1
1 320	410	390	41.8	61.1		820		64.7	81.7
1 350	420	399	42.7	61.9		840		65.3	82.2
1 385	430	409	43.6	62.7		860		65.9	82.7
1 420	440	418	44.5	63.5		880		66.4	83.1
1 455	450	428	45.3	64.3		900		67.0	83.6
1 485	460	437	46.1	64.9		920		67.5	84.0
1 520	470	447	46.9	65.7		940		68.0	84.4
1 555	480	(456)	47.7	66.4					
1 595	490	(466)	48.4	67.1					
1 630	500	(475)	49.1	67.7					
1 665	510	(485)	49.8	68.3					
1 700	520	(494)	50.5	69.0					

附录 D

(提示的附录)

表面硬度锉刀检测法

D1 应用

锉刀法做为表面硬度的一般检测方法,主要用于整体淬硬工件,其优点是:

- 便携性;
- 可检测由其他仪器无法检测的部位;
- 快速性;
- 对表面状态(如脱碳及组织缺陷)具有敏感性;
- 不损伤受检部位。

某些只能用锉刀法检测表面硬度的场合:

- 工作齿廓和齿根部位的表面硬度;
- 淬火件的脱碳检验。

D2 原理

锉刀检测法就是用一把锉刀将受检工件表面试锉感觉与某一基准块的手锉感觉相比较。“锉硬”是指锋利锉刀对于受检部位的试锉比最低要求硬度的基准块更硬。这种比较只能依赖于工件试锉与基准块试锉的感觉差异。

D3 工具

D3.1 锉刀

优质锉刀要淬硬至洛氏硬度 66~68 HRC,一般从稍低硬度(65 HRC)锉刀开始,锉刀齿部锋利,其锋利程度影响锉削能力,标准锉刀有必要经过硬度检验。

a) 锉刀大小应与工件尺寸相称,常用锉刀长度为 100~200 mm;

b) 锉刀锋利性很重要,有经验的检验人员可以断定钝化失效的锉刀,比较可靠的方法是将锉刀定期在基准块上试锉。

D3.2 基准块

基准块尺寸为 $\phi 50 \times 60$ mm 盘状,经过渗碳淬火处理接近最低要求硬度值,也可将已知硬度的试件作为基准块。阶差 2 HRC 的成套基准块可组成系列。另外,基准块表面粗糙度应类似于工件。

D4 程序

受检表面的划痕和锈蚀对锉刀有阻滞作用,会导致检测结果偏差。

检测高硬度工件时,磨削面比一般加工面难于锉削。

试锉时用手握紧锉刀手柄,食指沿锉刀平背面紧压,使动作平稳,锉刀也可用拇指压紧,锉刀缓慢移动,以便弄清锉刀是否有效锉削,锉第一刀后应暂停观察,动作幅度应尽量小以延长锉刀寿命。另外,压力和接触面积应保持一致,这对锉削也有影响。

如果试锉某一工件表面不比试锉最低硬度基准块更容易,则称该工件为“锉硬”。

附录 E
(提示的附录)
参 考 文 献

- [1] ISO 54 通用及重型工程用圆柱齿轮 模数
 - [2] ISO 10300-1 锥齿轮承载能力计算:第 1 部分:引言及一般影响因素
 - [3] ISO 10300-2 锥齿轮承载能力计算:第 2 部分:表面疲劳强度计算
 - [4] ISO 10300-3 锥齿轮承载能力计算:第 3 部分:齿根弯曲强度计算
 - [5] ANSI/AGMA 2001—C95 渐开线直齿和斜齿齿轮的承载能力计算的基本系数和计算方法,
1995 年 1 月
 - [6] Niemann/Winter 机械零件 I, Springer, Berlin, 1989
 - [7] “冶金学家实用参数”, 第 12 版, Timke 钢铁公司, Canton, ohio, 美国, 1991
-