

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 6077—1992

齿轮调质工艺及其质量控制

1992-05-05 发布

1993-07-01 实施

中华人民共和国机械电子工业部 发布

齿轮调质工艺及其质量控制

1 主题内容与适用范围

本标准规定了齿轮调质有关术语、材料选择、处理设备、工艺及质量控制要求。

本标准适用于锻钢和铸钢齿轮的预备调质热处理及最终调质热处理。

2 引用标准

- GB 231 金属布氏硬度试验方法
- GB 699 优质碳素结构钢技术条件
- GB 1172 黑色金属硬度及强度换算值
- GB 3077 合金结构钢技术条件
- GB 4341 金属肖氏硬度试验方法
- GB 6394 金属平均晶粒度测定法
- GB 8539 齿轮材料及热处理质量检验的一般规定
- GB 9452 热处理炉有效加热区测定方法

3 术语

3.1 齿轮毛坯

轮齿进行机械加工或热处理前的半成品齿轮，称为齿轮毛坯。

3.2 预备调质热处理

对最终热处理前的齿轮毛坯进行淬火和高温回火处理称为预备调质热处理。

3.3 预先切齿调质热处理（开槽调质）

齿轮毛坯经预先切齿，再进行淬火和高温回火处理称为预先切齿调质热处理。

3.4 最终调质热处理

齿轮毛坯经淬火高温回火后，不再进行任何热处理的工艺，称为最终调质热处理。

3.5 有效截面

作为计算加热、冷却时间用的截面，称为有效截面。

3.6 工艺硬度

为达到齿轮图样技术要求的齿面硬度，在制订齿轮毛坯调质工艺时，根据材料的淬透性及截面尺寸而规定的齿轮毛坯的外圆柱表面或端面应达到的硬度称为工艺硬度。

4 齿轮材料

4.1 调质齿轮材料

常用钢材如下：

合金结构钢	40Cr, 35SiMn, 35CrMo, 42CrMo, 50CrMoA,
	40CrNi, 40CrMnMo, 40CrNiMo, 40CrNi2Mo,
	34CrNi3Mo, 37SiMn2MoV

优质碳素结构钢 45, 50, 55

一般工程用铸造碳钢 ZG310-570, ZG340-640

合金铸钢 ZG40Cr, ZG35CrMo, ZG35CrMnSi

必要时可由用户与制造厂协商决定, 可按 JB/ZQ 6207 减速器齿圈用的碳钢和合金钢锻件或 JB/ZQ 6208 减速器齿轮用碳钢和合金钢锻件选材。

4.2 冶金质量

4.2.1 材料的化学成分、非金属夹杂物及力学性能应符合 GB 699、GB 3077 及有关行业标准规定。

4.2.2 晶粒度、钢锭结构按 GB 8539、GB 6394 有关规定。

4.3 锻造齿轮毛坯质量

4.3.1 锻造比按 GB 8539 或按各行业规定。

4.3.2 锻坯不得过热、过烧、斑疤、折叠、裂纹, 其晶粒度级别不低于原材料晶粒度级别。锻后余热调质热处理后的晶粒度级别按各行业规定。

4.4 力学性能试验

按规定程序批准的图样或技术文件要求测定力学性能时, 其取样部位、试件数量及试验方法按各行业有关规定。

5 调质处理设备

5.1 加热设备

5.1.1 加热设备应能根据工艺要求控制炉温。在设备的有效加热区内, 其保温温度偏差最大不超过 $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2 当用火焰反射炉时, 火焰不得直接喷射到齿轮毛坯上, 以免局部烧伤。

5.2 冷却设备及介质

5.2.1 淬火冷却设备应具有循环冷却装置或搅拌装置, 以保证齿轮毛坯获得足够而均匀的冷却。

5.2.2 齿轮毛坯淬火冷却时, 介质温度应控制在: 水温 $\leq 40^{\circ}\text{C}$; 油温 $\leq 80^{\circ}\text{C}$ 。

5.3 温度测定及温度控制设备

5.3.1 淬火加热和回火炉应配有温度测量、指示、控制和自动记录装置。

5.3.2 测试仪表精度及热电偶等级应符合 GB 9452 的规定。

6 齿轮调质热处理工艺规程

6.1 预备调质热处理工艺规程

6.1.1 淬火加热温度一般在 A_{c3} 以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$, 对某些钢材也可采用亚温淬火, 或锻造余热淬火, 回火温度根据设计硬度要求确定。

6.1.2 齿轮毛坯应置于炉子的有效加热区内, 工件间应保留一定的间隙, 装炉量不得超过设备最大装载量。

6.1.3 齿轮毛坯达到工艺规定的淬火温度后, 保温一段时间, 使其透热及均匀化。

6.1.4 回火保温时间一般按有效截面尺寸计算,当有效截面尺寸小于 60mm 时,保温 1.5~2h;当有效截面尺寸为 60~100mm 时,保温 2~3h;当有效截面尺寸大于 100mm 时,应当适当延长保温时间。

6.2 最终调质热处理工艺规程

6.2.1 装炉前应检查工作表面质量,不允许有裂纹、折叠、严重磕碰等缺陷。

6.2.2 粗加工后调质的齿轮毛坯,应留有合理的加工余量,必要时预留起吊夹头和力学性能试棒。

6.2.3 齿轮毛坯的尖角处应倒角,断面突变处应以圆弧过渡。

6.2.4 当所选材料的齿轮毛坯工艺硬度达不到图样标注的硬度加要求的硬度差值时,应进行预先切齿再调质。常用的调质齿轮钢材截面与硬度对应关系见附录 A (参考件)。

6.2.5 齿轮毛坯应置于设备有效加热区内,相互之间应留有一定间距。

6.2.6 对于大型锻坯或铸坯,应采用阶梯加热法,并应控制其升温速度。

6.2.7 淬火加热的保温和回火时间同 6.1.3 条、6.1.4 条。

6.2.8 淬火后应及时回火,一般间隔时间不超过 4h,对于大截面水冷后的中、低合金钢锻件及铸件,回火间隔时间不得超过 2~3h。

6.2.9 淬火冷却时不应将齿轮毛坯堆放在冷却槽内,以防止冷却不均匀和产生过大的变形。

6.2.10 回火冷却一般为空冷,对于大截面锻件或铸件应随炉冷却至低于 400℃后出炉再空冷;对于有回火脆性的钢材,回火后应采用油冷或水冷,然后再在 400~450℃保温一段时间后空冷。

6.2.11 轴齿轮校直后应补充回火,其温度比调质的回火温度低 30~50℃,工件变形量不得大于加工余量的 1/2。

6.2.12 焊接齿轮的调质处理工艺与锻钢齿轮一样,其焊后的中间退火和最终退火的温度比齿圈调质时的回火温度低 30℃,保温 2~6h,然后以 25~50℃/h 的冷却速度冷却到 300℃以下再空冷。

7 调质齿轮质量控制与检测方法

7.1 外观

齿轮毛坯调质后,外观表面不得有裂纹及伤痕等缺陷。

7.2 硬度

7.2.1 调质后应进行硬度检验。

7.2.2 调质齿轮硬度用布氏硬度标注,符号为 HBS,硬度值写在符号前面,并按 GB 231 规定测定。若用其他硬度计测量时,其硬度换算应符合 GB 1172 的规定。当用洛氏硬度计测出的硬度低于 25HRC 时,则应重新用布氏硬度计测定。

7.2.3 对批量生产,应按热处理炉次抽检,其抽检数按各行业技术文件规定进行。单件生产应 100% 测定。

7.2.4 硬度检测部位与点数

7.2.4.1 工序间检验

7.2.4.1.1 齿轮毛坯调质处理后,在其外圆柱表面或端面,用砂轮磨削一小平面,用硬度计测定,其测定值应以工艺硬度为准。几种钢工艺硬度与图样要求硬度差值见附录 B (参考件)。

7.2.4.1.2 铸造齿轮毛坯硬度检测部位及点数见表 1。

7.2.4.1.3 锻造轴齿轮与盘形齿轮硬度检测部位及点数见表 2。

7.2.4.1.4 锻造环形齿轮硬度检测部位及点数见表3。

7.2.4.2 成品齿轮检验

成品齿轮硬度应在齿面或轮缘面上半径方向二分之一厚度处用无损检测硬度计测定。暂无条件时，也允许在齿顶面或端面上测定，测定结果应考虑材料淬透性的影响。

7.2.5 硬度均匀性

被检齿轮的硬度应均匀，单件硬度差不大于30~40HBS，批量硬度差不大于40~50HBS。

7.2.6 硬度检测结果评定

检测结果应符合技术条件。若检测齿轮中有个别点超出规定，则在该点附近加测两点。加测合格为合格品，若测不合格，应加倍检验。若加倍检验仍有不合格，则应全部检查或按不合格处理。

表1 铸钢齿轮硬度检测部位及点数

顶圆直径 mm	测 定 点 数	测 定 位 置
≤1000	2	上模测一点在冒口处，另一点在下模，二者大致相隔180°
>1000~2000	4	上模测二点，其中一点于冒口处，另一点与冒口相隔180°，另二点在下模，分别与上模两测点相隔90°
>2000~3000	8	上模测四点，其中两点靠近冒口，并相隔180°，另两点分别与冒口相隔90°，下模测四点，分别与上模相隔90°
>3000	16	上模测八点，其中四点靠近冒口，另四点在冒口之间，下模测八点，并沿齿轮圆周均匀分布

表2 锻造轴齿轮与盘状齿轮硬度检测部位与点数

顶圆直径 mm	轴 齿 轮		盘 形 齿 轮	
	点 数	检 测 部 位	点 数	检 测 部 位
≤400	4	二点在外圆柱表面中间部位相隔180°，另二点分别在距轴端面25mm的外圆柱表面，并相隔180°	2	每个端面一点位于齿根部位，二者相隔180°
>400	5	三点在外圆柱表面中间部位，相隔120°，另外二点分别在距轴两端50mm的外圆柱表面上	4	每个端面测两点，相隔180°位于齿根部位

表3 锻造环形齿轮硬度检测部位与点数

顶圆直径 mm	检 测 点 数	检 测 部 位
≤1000	2	在环形齿轮端面的相对面上各测一点，并相隔180°
>1000~2000	4	在环形齿轮上端面测两点，并相隔180°，下端面测两点，分别与上端面相隔90°
>2000~3000	6	环形齿轮两端面各测三点，相隔120°
>3000	8	环形齿轮两端面各测四点，相隔90°

7.3 金相组织

7.3.1 根据技术条件要求进行该项检验。对于预备调质热处理齿轮毛坯，调质后金相组织为回火索氏体，齿面处铁素体含量小于 10%；对于最终调质热处理齿轮的金相组织按 GB 8539 或按各行业规定。

7.3.2 检验方法：可在随炉试样或锻件加长部位取样，磨制成金相试样后，经腐蚀在显微镜下放大 400 倍观察，或根据用户与制造厂协议，用小型或手提式金相显微镜检验。

7.4 力学性能检验

7.4.1 力学性能检验项目与数量按 GB 8539 规定或按用户与制造厂协商进行。

7.4.2 轴齿轮取样部位在轴的加长部位距表面 1/3 半径处，盘形齿轮、环形齿轮在齿宽方向加长部位取切向试样。

7.4.3 对于齿轮部位与轴颈部位直径相差悬殊的轴齿轮，其力学性能的要求应考虑断面影响差值。

7.5 探伤检验

对设计要求探伤的齿轮，应进行超声波、磁粉、着色等任一种方式探伤。检验裂纹、气孔、缩孔等缺陷，按 GB 8539 有关规定或按用户与制造厂协商决定。

7.6 铸钢齿轮补焊

铸钢齿轮补焊应符合 JB/ZQ 4000.6《铸钢件补焊通用技术条件》规定，补焊部位应符合 GB 8539 规定。

附录 A

常用调质齿轮钢截面与力学性能

(参考件)

表 A1

钢 号	截面 ϕ	表面最高 硬 度 ¹⁾ HBS	力 学 性 能							对应表面 硬 度 ³⁾ HBS
			σ MPa	σ MPa	σ/σ	δ %	ψ %	A_{KU} J	HBS ²⁾	
45	≤ 100	302	686/784	372/470	$\geq 0.54/0.6$	17/11	40/32	49/34.3	197/229	229/262
	>100~300	217	637	343	≥ 0.54	15	36	39.2	183	212
	>300~500	212	568	314	≥ 0.6	12	34	29.4	163	179
55	≤ 100	321	706/833	392/510	$\geq 0.55/0.6$	15/10	38/30	39.2/29.4	207/255	241/285
	>100~300	285	666/706	363/392	$\geq 0.55/0.56$	14/10	36/30	29.4/24.5	187/207	217/255
	>300~500	241	617	333	≥ 0.54	12	32	24.5	179	——
	>500~700	212	568	294	≥ 0.52	10	30	19.6	163	——
40Cr	≤ 100	477/388	784/931	568/706	≥ 0.75	15/10	45/38	49/29.4	241/285	255/321
	>100~300	363/302	735/833	509/568	$\geq 0.69/0.68$	13/10	42/35	39.2/29.4	217/255	241/285
	>300~500	302/217	686	450	≥ 0.65	12	38	29.4	201	217
	>500~700	255	637	372	≥ 0.58	10	35	19.6	179	197
35CrMo	≤ 100	461/388	784/931	392/686	$\geq 0.5/0.74$	15/12	45/40	58.8/39.2	241/285	255/311
	>100~300	363/285	666/706	363/392	$\geq 0.55/0.56$	13/11	42/36	49/34.3	217/241	241/269
	>300~500	285/217	686	450	≥ 0.66	12	38	39.2	201	229
	>500~700	241	637	372	≥ 0.58	10	35	29.4	179	197
42CrMo	≤ 100	477/388	833/931	607/744	$\geq 0.73/0.8$	15/12	45/40	58.8/39.2	255/285	262/302
	>100~300	375/321	745/833	529/588	$\geq 0.71/0.71$	13/11	42/35	49/34.3	229/241	248/269
	>300~500	302/241	705	490	≥ 0.70	12	38	39.2	217	241
	>500~700	262/212	685	412	≥ 0.6	11	35	29.4	201	217
35SiMn	≤ 100	401/321	784/882	529/637	$\geq 0.68/0.72$	15/10	45/30	58.8/29.4	229/255	269/285
	>100~300	321/269	735/784	441/539	$\geq 0.6/0.69$	14/10	35/30	49/24.5	212/223	229/262
	>300~500	269/212	637	372	≥ 0.58	11	30	34.3	179	212
	>500~700	212	588	343	≥ 0.58	10	28	24.5	167	187
37SiMn2MoV	≤ 100	401	882/1078	735/882	$\geq 0.83/0.82$	15/12	45/35	49/29.4	262/331	262/341
	>100~300	375	833/931	686/784	$\geq 0.82/0.84$	14/11	40/32	39.2/24.5	255/285	262/302
	>300~500	321	784/882	607/686	$\geq 0.77/0.78$	12/10	35/30	29.4/19.6	229/262	255/293
	>500~700	285	764	568	≥ 0.74	12	35	24.5	223	248
40CrMnMo	≤ 100	461	882/1078	529/637	$\geq 0.83/0.82$	16/11	45/35	49/29.4	269/341	269/341
	>100~300	375	833/980	637/784	$\geq 0.76/0.8$	15/10	42/32	49/24.5	255/311	269/341
	>300~500	341	784/882	568/686	$\geq 0.73/0.78$	14/10	40/30	39.2/19.6	241/285	269/341
	>500~700	302	735	490	≥ 0.67	12	35	29.4	223	262

续表 A1

钢 号	截面 ϕ	表面最高 硬 度 ¹⁾ HBS	力 学 性 能							对应表面 硬 度 ³⁾ HBS
			σ MPa	σ MPa	σ/σ_s	δ %	ψ %	A_{KU} J	HBS ²⁾	
40CrNi	≤ 100	——	834	588	≥ 0.71	10	40	39	269~302	——
	>100~300	——	785	569	≥ 0.72	9	38	31	241~286	——
	>300~500	——	736	549	≥ 0.75	8	36	27	228~226	——
	>500~700	——	686	529	≥ 0.77	8	35	24	217~255	——
40CrNi2Mo	≤ 200	——	1060	964	≥ 0.91	17.4	51.3	——	321	——
	>300	——	1023	900	≥ 0.88	17.2	50.5	——	311	——
	>480	——	997	845	≥ 0.85	16.6	48.4	——	302	——
34CrNi3Mo	≤ 100	——	902	785	≥ 0.87	14	40	55	269~341	——
	>100~300	——	853	736	≥ 0.86	14	38	47	269~341	——
	>300~500	——	804	686	≥ 0.85	13	35	39	269~341	——
	>500~800	——	755	635	≥ 0.84	12	32	31	241~302	——

注：“/”：表示不同冷却方法得到的力学性能。在“/”上面的数字为水淬油冷后回火的力学性能；“/”下面的数字为水冷后回火的力学性能。

- 1) 表面最高硬度：淬火后所能达到的表面最高硬度。
- 2) HBS：力学性能试样的硬度。
- 3) 对应表面硬度：被取试样材料调质后的表面硬度，可作为工艺硬度。

附 录 B

几种钢工艺硬度与图样要求硬度差值
(参考件)

表 B1				HBS	
牌 号	要求硬度与 截面 模 数 <i>m</i>	269~302		229~269	
		≥ φ100~ φ200mm	≥ φ200~ φ400mm	≥ φ100~ φ200mm	≥ φ200~ φ400mm
45 55	<8	—	15	—	10
	≥8~16	15	20	10	20
	>16~25	20	30	20	30
40Cr	<8	—	10	—	—
	≥8~16	10	20	10	15
	>16~25	15	30	10	20

注：工艺硬度等于图样要求硬度加相应差值。

附加说明：
本标准由机械电子工业部郑州机械研究所提出并归口。
本标准由郑州机械研究所负责起草。
本标准起草人李耀珍、仲复欣、王克武。

中 华 人 民 共 和 国
机 械 行 业 标 准
齿轮调质工艺及其质量控制
JB/T 6077—1992

机械科学研究院出版发行
机械科学研究院印刷
(北京首体南路2号 邮编 100044)

开本 880×1230 1/16 印张 $\frac{3}{4}$ 字数 16,000
1992年5月第一版 1992年5月第一次印刷
印数 1—500 定价 1.50 元

机械工业标准服务网: <http://www.JB.ac.cn>