ICS 21.200
J 17

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 9172—1999

齿轮渗氮、氮碳共渗工艺及质量控制

Gear nitriding and nitrocarburizing process and its quality control

1999-06-24 发布　　2000-01-01 实施

国家机械工业局　发布

前　言

本标准是对 ZB J17 001—88《齿轮渗氮、氮碳共渗工艺及质量控制》的修订。

本标准自实施之日起代替 ZB J17 001—88。

本标准的附录 A 是提示的附录。

本标准由全国齿轮标准化技术委员会提出并归口。

本标准负责起草单位：郑州机械研究所。

本标准主要起草人：李耀珍、陈秀玉、杨星原。

中华人民共和国机械行业标准

齿轮渗氮、氮碳共渗工艺及质量控制

JB/T 9172—1999

代替 ZB J17 001—88

Gear nitriding and nitrocarburizing process and its quality control

1 范围

本标准规定了齿轮渗氮（气体、离子）及氮碳共渗（气体、离子、液体）的有关术语、材料选择、处理设备、工艺及质量控制。

本标准适用于合金结构钢和球墨铸铁制齿轮的渗氮、氮碳共渗以及45碳素结构钢氮碳共渗。

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 699—1988　优质碳素结构钢　技术条件

GB/T 1818—1994　金属表面洛氏硬度试验方法

GB/T 1348—1988　球墨铸铁件

GB/T 3077—1988　合金结构钢　技术条件

GB/T 3480—1997　渐开线圆柱齿轮承载能力计算方法

GB/T 4340—1984　金属维氏硬度试验方法

GB/T 5030—1985　金属小负荷维氏硬度试验方法

GB/T 9451—1988　钢件薄表面总硬化层深度或有效硬化层深度测定

GB/T 11354—1989　钢铁零件渗氮层深度测定和金相组织检验

GB/T 13299—1991　钢的显微组织评定法

YB/T 5148—1993　金属平均晶粒度测定方法

JJG 74—1992　自动平衡式显示仪表检定规程

3 术语

本标准采用下列术语。

3.1 齿面硬度

成品齿轮轮齿工作高度中间部位的齿面硬度。

3.2 渗层深度

齿轮或试样经渗氮、氮碳共渗后，从硬化层表面垂直测至规定的硬度或显微组织处的距离。

3.3 界限硬度值

国家机械工业局 1999-06-24 批准　　2000-01-01 实施

为确定渗氮、氮碳共渗后齿轮的有效硬化层深度而规定的最低硬度值。

界限硬度值=（实际中心硬度+50），HV。

3.4 有效硬化层深度

a）齿轮渗氮、氮碳共渗后，于齿宽中部轮齿法截面上，在齿高中部沿垂直于齿面方向，自表面测至界限硬度值处的深度。

b）试样渗氮、氮碳共渗后，于垂直渗氮表面的横截面上，自表面测至界限硬度值处的深度。

4 齿轮材料选择

4.1 冶金质量

4.1.1 化学成分、低倍和高倍组织、非金属夹杂物，应符合 GB/T 3077、GB/T 699 的规定。

4.1.2 晶粒度应采用本质细晶粒钢，按 YB/T 5148 评定；当设计疲劳极限值位于 GB/T 3480 疲劳极限区域图的上限时，晶粒度级别必须 7 级以上。

4.1.3 对有特殊要求的齿轮，按用户与制造厂双方协议执行。

4.2 锻坯质量与力学性能

4.2.1 锻造比：对承载能力高的齿轮，用钢锭锻成齿坯，锻造比应大于或等于 5；用轧材锻成齿坯，锻造比大于或等于 1.5，带状组织等于或小于 2 级（GB/T 13299）。对形成白点敏感的材料及大截面的齿轮进行扩散处理，其它齿轮及齿轮轴按各行业规定执行。

4.2.2 齿坯流线应在齿坯纵剖面上沿外廓形状分布。

4.2.3 力学性能指标不得低于 GB/T 3077、GB/T 699、GB/T 1348 的规定值。

4.2.4 齿坯不得过热、过烧，其晶粒度级别不得低于原材料晶粒度级别。

4.3 渗氮、氮碳共渗齿轮材料

作为渗氮齿轮用钢应含有 Cr、V、Mo、Al 等在渗氮温度下能形成稳定氮化物的元素，推荐材料如下：

a）渗氮材料：40Cr、35CrMo、42CrMo、25Cr2MoV、18Cr2Ni4WA、38CrMoAlA 及相近成分的钢材，珠光体球墨铸铁。

b）氮碳共渗材料：45、40Cr、35CrMo、42CrMo、25Cr2MoV 等。

注：当齿轮设计的接触疲劳极限与弯曲疲劳极限位于 GB/T 3480 疲劳极限区域图的不同位置时，参见附录 A（提示的附录）选择材料。

5 设备要求

5.1 气体渗氮、氮碳共渗设备

a）齿轮在有效加热区内加热时，其设备应能保证处理温度控制在预定温度 ± 10℃ 之内；

b）渗氮、氮碳共渗炉氨的分解率应能根据工艺要求作适当的调整；

c）渗氮、氮碳共渗炉应能根据工艺要求良好密封；气体应均匀接触齿轮表面，最好有流通装置；

d）测试仪表的精度为 0.5 级（JJG 74）；

e）氮碳共渗设备应具有充分燃烧、排出废气的装置，环境中 CN^- 含量应控制在 0.3 mg/m³ 以下；

f）渗氮罐应定期进行退氮处理。

5.2 离子渗氮、氮碳共渗设备

a）设备应设置电压、电流、温度、真空度和气体流量的测量指示仪表，温度应能自动控制和记录；

b）极限真空度应不低于 6.7 Pa（5×10^{-2}Torr），压升率不大于 1.3×10^{-1}Pa/min（1×10^{-3}Torr/min）；

c）设备应具有可靠的灭弧装置。

5.3 液体氮碳共渗设备

a）应有良好的吸风防护罩等安全防护装置；

b）应有中和消除有毒废液处理装置，排放须符合环境保护条例。

6 工艺控制

6.1 渗剂

6.1.1 常用种类

a）渗氮：氨、热分解氨、氮氢混合气、氨加氧；

b）氮碳共渗：氨加甲醇、氨加二氧化碳、氨加吸热性气氛、微毒盐类等。

6.1.2 要求

渗剂不得对齿轮产生有害影响，应符合标准渗剂技术条件。

6.2 齿轮渗氮、氮碳共渗预处理要求

6.2.1 基体处理

6.2.1.1 合金结构钢采用调质。调质回火温度一般比渗氮温度高 20℃ 以上，调质加工表面不允许有脱碳，调质硬度应符合技术条件。

6.2.1.2 碳素钢氮碳共渗齿轮在冲击性能要求不高时可采用正火处理，正火后硬度应符合技术条件要求。

6.2.2 去应力退火

对变形要求小的齿轮，在渗氮前应进行一次或数次去应力退火，其最高温度应低于调质回火温度，高于渗氮、氮碳共渗温度。

6.2.3 表面清理

齿轮渗氮、氮碳共渗前必须除去锐边、清洗干净，不得有油污、氧化皮等其它有害的杂物。

6.2.4 局部防渗

对不需渗氮、氮碳共渗部位，用镀层、防渗涂料或机械屏蔽法防渗。

6.2.5 待处理齿轮表面粗糙度 R_a 应小于 3.2 μm。

6.2.6 夹具

6.2.6.1 气体渗氮及氮碳共渗夹具应设计合理、吊挂牢固。经一定时间使用后要进行退氮处理。

6.2.6.2 离子渗氮及氮碳共渗夹具与齿轮之间的间隙应适当，以免打弧。

6.3 齿轮渗氮、氮碳共渗工艺规程

6.3.1 随炉试样

a）随炉试样的材料成分、预先热处理、金相组织、力学性能应与齿轮相一致。高可靠度齿轮最好在齿轮上取样；

b）试样尺寸（圆棒直径或方形试样厚度）应近似于分度圆齿厚；

c）随炉试样被检表面粗糙度 R_a 应小于 0.8 μm，表面不得有脱碳层、氧化皮、锈斑和油污；

d）试样应放置在能代表该炉齿轮渗层质量的位置上。

6.3.2 装炉

齿轮的装炉量、位置及方向要恰当，使炉内介质流畅和每个轮齿加热均匀，以减少变形。

6.4 齿轮渗氮、氮碳共渗工艺

6.4.1 温度及参数

根据齿轮材料、形状、模数及技术要求选取表1中的温度及参数。

表 1

<table>
<tr><td rowspan="3">工艺类型</td><td colspan="8">气 体 渗 氮</td><td colspan="4">离 子 渗 氮</td><td>氮碳共渗</td></tr>
<tr><td colspan="4">温 度
℃</td><td colspan="3">氨分解率
%</td><td colspan="2"></td><td colspan="3">温度
℃</td><td rowspan="2">气压
Pa
（Torr）</td><td rowspan="2">温度
℃</td></tr>
<tr><td>均温</td><td>第一段</td><td>第二段</td><td>第三段</td><td>强渗期</td><td>扩散期</td><td colspan="2">退氮期</td><td>第一段</td><td>第二段</td><td>第三段</td></tr>
<tr><td>一段法</td><td rowspan="3">430~450</td><td>450~530</td><td>—</td><td rowspan="2">—</td><td>15~35</td><td>40~60</td><td colspan="2" rowspan="2">>90</td><td>450~530</td><td>—</td><td rowspan="2">—</td><td rowspan="3">66.7~1066
（0.5~8）</td><td>560~580</td></tr>
<tr><td>二段法</td><td>480~530</td><td rowspan="2">540~570</td><td rowspan="2">18~30</td><td rowspan="2">50~70</td><td>480~530</td><td rowspan="2">540~570</td><td rowspan="2">—</td></tr>
<tr><td>三段法</td><td>480~500</td><td>500~530</td><td>调整
30~40</td><td>退氮
>95</td><td>480~500</td><td>500~530</td></tr>
</table>

6.4.2 处理时间

按齿轮材料、渗层深度要求选择的工艺类别等综合确定。一般按每小时 0.01 mm 的平均渗速估算时间。

6.4.3 冷却方式

a）气体渗氮、离子渗氮、离子氮碳共渗后在炉内冷至200℃以下后空冷；

b）气体氮碳共渗后也可采用油冷；

c）液体氮碳共渗后一般采用水冷；

d）为减少变形，对高精度不磨齿的齿轮可采用分段冷却。

6.4.4 清洗

液体氮碳共渗后要及时清洗、中和附在齿轮上的残盐、残渣。

7 齿轮渗氮、氮碳共渗质量控制与检验方法

7.1 随炉试样检验

7.1.1 表面硬度

表面硬度检验按 GB/T 5030、GB/T 4340、GB/T 1818 测量；对渗氮后要磨削的齿轮，应将试样表面磨去加工余量后测量，硬度应符合技术条件规定，推荐测试负荷见表2。

表 2

有效硬化层深度 mm	≤0.15	>0.15~0.3	>0.3
维氏硬度（HV）测试负荷 N	9.806	49.03	98.06，也可用（HR15N）

7.1.2 渗层深度

渗层深度检验以硬度法为主，金相法为辅，检验结果应符合产品技术要求。

7.1.2.1 硬度法

测定有效硬化层深度，选用 4.9 N 负荷，从试样表面垂直测至界限硬度处的距离。

测试负荷只能在 1.96~19.6 N 范围内选取。

渗层深度在 0.3 mm 以下时，按 GB/T 9451 进行测定。

7.1.2.2 金相法

用金相显微镜按 GB/T 11354 规定，从试样表面垂直测至与基体组织有明显分界处的距离。当基体组织界线不明显、无法正确判断时，应以硬度法为准。

7.1.3 心部硬度

随炉试样磨制后，在大于渗层两倍处测定 3 点硬度，取其平均值作为心部硬度。测定方法按GB/T 4340 或 GB/T 230 规定，测量结果应达到技术要求。

7.1.4 脆性

按 GB/T 11354 有关规定检验压痕周边碎裂程度，每件测 3 点，至少有两点处于相同级别，1~3 级为合格。对留有磨量的齿轮，可磨去加工余量后测量，测量结果应符合技术条件。对要求高的齿轮，经双方协商可对试样采用声发射法检验。

7.1.5 渗层疏松

渗层表面化合物层疏松按 GB/T 11354 评定，1~3 级为合格。

7.1.6 渗层中氮化物形态

渗层扩散层中氮化物形态按 GB/T 11354 评定，1~3 级为合格。

7.1.7 渗氮、氮碳共渗化合物层厚度与硬度

化合物层厚度与硬度应符合产品图样技术条件，厚度用金相显微镜测定；硬度使用显微硬度计测定，负荷采用 0.49~0.98 N。

7.1.8 其他

根据用户要求或产品需要，可测量表面相结构的组成或残余应力。

7.2 齿轮渗氮、氮碳共渗质量检验

7.2.1 外观

齿轮渗氮、氮碳共渗后用肉眼检查表面，不得有氧化皮、碰伤、剥落、电弧烧伤、残盐存留等缺陷。

7.2.2 齿面硬度

a）抽检批量生产的齿轮，当随炉试样合格时，每批抽检 1 件，约在相隔 120° 的三个轮齿上，在齿高中部各测 1~3 点，也可用维氏硬度计或表面洛氏硬度计（HR15N）测量端面或齿顶硬度；

b）当随炉试样检查不合格时，应取同炉的齿轮 3 件，每件测 3 个轮齿，每个轮齿测 1~3 点；

c）对无法用硬度计检查的齿轮，一般以随炉试样的测量值为准；

d）硬度不符合技术条件要求时，应根据具体情况进行返修处理或判废。

7.2.3 渗层深度与轮齿中心硬度

a）批量生产的齿轮，在随炉试样检验合格情况下应定期抽检。若随炉试样不合格，则该批至少抽检 1 件齿轮。检验方法同 7.1.2、7.1.3；

b）单件重要的齿轮，一般以随炉试样测量为准。经协商可将一个轮齿的末端沿一个角度磨制抛光并腐蚀，用带有刻度的放大镜测量渗层深度。用肖氏硬度计检测轮齿中心的硬度，测量结果应达到产品图样和技术文件的规定值；

c）渗氮、氮碳共渗层深度的均匀度为技术条件要求中值的 ± 15%。

7.2.4 抽检

抽检齿轮的渗氮、氮碳共渗层脆性、渗层疏松、氮化物形态。检查同 7.1.4、7.1.5、7.1.6。

7.2.5 变形

对精度要求高的齿轮，抽查 1~3 件，用相应量具检查齿轮几何精度，其结果应符合技术条件要求。

7.2.6 局部防渗

用肉眼观察局部防渗部位，一般应基本保持原金属色，若发现有渗氮色，可用硬度计或高硬度锉刀进行检查，以不影响切削加工为准。

附 录 A
（提示的附录）
渗氮、氮碳共渗齿轮常用材料选择

表 A1 渗氮、氮碳共渗齿轮常用材料选择

齿轮疲劳极限 N/mm²		常用材料	渗氮、氮碳共渗后表面最低硬度值 HV_1
接触疲劳 σ_{Hlim}	弯曲疲劳 σ_{Flim}		
≤650	≤250	45	300
		球光体球墨铸铁	400
650~800	250~280	40Cr	500
800~950	250~300	38CrMoAlA	850
850~1000	300~350	35CrMo 42CrMo	550
1000~1250	350~420	25Cr2MoV 18Cr2Ni4WA	650

注

1 疲劳极限适用于渗氮层深度 0.3 mm 以上；

2 各材料心部抗拉强度应大于 900 N/mm²；

3 表中推荐数据适用于常温条件；

4 特殊使用的齿轮经用户和制造厂协商选取其它材料。