



中华人民共和国国家标准

GB/T 18177—2008

代替 GB/T 18177—2000

钢件的气体渗氮

Gas nitriding of steel parts

2008-06-25 发布

2009-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准代替 GB/T 18177—2000《钢件的气体渗氮》。

本标准与 GB/T 18177—2000 相比，进行了以下内容的修改和补充：

- 按标准编写要求，给出了完整的“规范性引用文件”的导语，增加了相关的规范性引用文件，并规范了“规范性引用文件”的写法；
- 将原标准“2 定义”改为“3 术语和定义”，重新给出了“引导语”，增加了“常规渗氮、短时渗氮、奥氏体渗氮、纳米化渗氮、氮势、临界氮势、氮势门槛值、可控渗氮、脉冲渗氮”术语和定义。删除了原标准中的“待渗氮件、渗氮件、氨分解率、渗氮层、畸变”5 条术语；
- 增加了“设备防爆装置”、“废气处理装置”的要求（见 7.1.6、7.1.7）；
- 增加了“渗氮炉与输氮管道、氮瓶连接应保持密封性”要求（见 7.2.3）；
- 增加了“氮势的测量与控制”内容（见 7.4）；
- 重新修改并补充了原标准“渗氮处理”的内容（见第 8 章）；
- 增加了“能源消耗要求”（见第 10 章）；
- 删除了原标准的附录 A；
- 增加了“不同气源进行渗氮时氮势与测量值之间的关系”（附录 A）、“氮势与氨分解率的关系”（附录 B）、“氮势门槛值曲线的测定方法”（附录 C）、“动态可控渗氮氮势控制曲线的数学表达式”（附录 D）。

本标准的附录 A、附录 C、附录 D 为规范性附录，附录 B 为资料性附录。

本标准由国家标准化管理委员会提出。

本标准由全国热处理标准化技术委员会（SAC/TC 75）归口。

本标准起草单位：上海交通大学、上海市激光制造与材料改性重点实验室、江苏省热处理与表面改性工程技术研究中心、广东世创金属科技有限公司。

本标准主要起草人：胡明娟、潘健生、朱文明、董小虹。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 18177—2000。

钢件的气体渗氮

1 范围

本标准规定了钢件在含氮气氛中加热的气体渗氮工艺、设备、检验、能源消耗及安全卫生要求等。本标准适用于碳素钢、合金结构钢、合金工具钢、不锈钢及耐热钢等的气体渗氮。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用本标准。

- GB 536—1988 液体无水氨
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢 (GB/T 700—2006, ISO 630: 1995, NEQ)
- GB/T 1182 产品几何技术规范 (GPS) 几何公差 形状、方向、位置和跳动公差标注 (GB/T 1182—2008, ISO 1101: 2004, IDT)
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 1221 耐热钢棒
- GB/T 1299 合金工具钢
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 7232 金属热处理工艺术语
- GB/T 9452 热处理炉有效加热区测定方法
- GB/T 9943 高速工具钢
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验 (GB/T 10125—1997, eqv ISO 9227: 1990)
- GB/T 11354—2005 钢铁零件 渗氮层深度测定和金相组织检验
- GB/T 12603 金属热处理工艺分类及代号
- GB 15735 金属热处理生产过程安全卫生要求
- GB/T 15822.2 无损检测 磁粉检测 第2部分:检测介质 (GB/T 15822.2—2005, ISO 9934-2: 2002, IDT)
- GB/T 17358 热处理生产电耗定额及其计算和测定方法
- GB/T 19944 热处理生产燃烧消耗定额及其计算和测定方法
- JB/T 6050 钢铁热处理零件硬度测试通则
- JB/T 9199 防渗涂料 技术条件
- JB/T 9218 无损检测 渗透检测 (JB/T 9218—2007, EN 571-1: 1997, MOD)
- JB/T 10175 热处理质量控制要求

3 术语和定义

GB/T 7232 中确立以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

常规渗氮 conventional nitriding

从 20 世纪 30 年代开始发展并沿用至今的气体渗氮工艺。

3.2

抗蚀渗氮 anti-corrosion nitriding

为提高钢件的耐腐蚀性能而进行的渗氮工艺。

3.3

短时渗氮 short-time nitriding

渗氮时间在几十分钟至几小时之间选择的气体渗氮工艺。

3.4

奥氏体渗氮 austenitic nitriding

在介于 Fe-N 系的共析 A_1 点和 Fe-C 系的共析 A_1 点之间的温度范围内进行渗氮的工艺。

3.5

纳米化渗氮 nanocrystallization nitriding

预先使工件表面层晶粒细化成纳米结构然后渗氮的方法。

3.6

氮势 nitrogen potential

炉气中的氨分压与氢分压的 1.5 次方的比值称为氮势，在一定温度下氮势与氮活度成正比，它是炉气渗氮能力热力学的度量。可用符号 N_p （或 r ）表示： $N_p = p_{\text{NH}_3} / p_{\text{H}_2}^{1.5}$ 。

3.7

临界氮势 critical nitrogen potential

在热力学平衡条件下，在钢件表面形成化合物层所需的最低氮势，临界氮势与钢的成分及渗氮温度有关。

3.8

氮势阈值 nitrogen potential threshold

在实际生产条件下，对应于一定的渗氮时间、在钢件表面形成化合物层所需的最低氮势。渗氮时间愈长，氮势阈值愈低。

3.9

可控渗氮 controlled nitriding

为了改善渗氮层脆性，通过调节炉气的氮势，控制渗氮件表面氮浓度和相结构的气体渗氮工艺。

3.10

脉冲渗氮 pulse nitriding

炉压不断脉冲式变化的气体渗氮方法。

4 工艺分类代号

气体渗氮的工艺分类及代号应符合 GB/T 12603 的规定。气体渗氮工艺分类代号为 53301。

5 工件

5.1 材料

常用钢种应符合相应的标准要求见表 1。

5.2 外观、形状及尺寸

根据表 2 的规定，记录待渗氮件的外观、形状及尺寸，并予以保存。

表 1 常用的渗氮钢种

标 准	牌 号	备 注
GB/T 700《碳素结构钢》	Q235	适用于短时渗氮、抗蚀 渗氮和奥氏体渗氮
GB/T 699《优质碳素结构钢》	08、08Al、10、15、20、20Mn、35、40、45、50	
GB/T 3077《合金结构钢》	18Cr2Ni4WA、20Cr、20CrMnMo、20CrMnTi、 20Cr2Ni4、25Cr2MoVA、25Cr2Ni4WA、 30CrMnSiA、35CrMo、38CrMoAlA、40Cr、 40CrMnMo、40CrNiMoA、42CrMo、50CrVA	可根据不同的要求选择 气体渗氮方法
GB/T 1299《合金工具钢》	Cr12、Cr12MoV、3Cr2W8V、5CrMnMo、 5CrNiMo、4Cr5MoSiV1、4Cr5W2VSi	
GB/T 9943《高速工具钢棒技术条件》	W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2	适用于短时渗氮
GB/T 1220《不锈钢棒》	12Cr13、20Cr13、30Cr13、95Cr18、	渗氮后耐磨性提高，抗 蚀性下降
GB/T 1221《耐热钢棒》	14Cr11MoV、42Cr9Si2、40Cr10Si2Mo、 45Cr14Ni14W2Mo	

表 2 待渗氮件外观等状态

序号	项 目	备 注
1	外观	不允许有裂纹、污渍、锈斑、黑皮等
2	质量 ^a	以 kg 为计量单位
3	工件的形状 ^a 特殊形状 壁厚差异 孔的形状与位置 零件图纸编号	用简图表示
4	尺寸及精度 ^a 尺寸 需渗氮部分加工余量 整体的加工余量 需渗氮部分的表面粗糙度 尺寸精度 形状公差 ^b 位置公差 ^b 定位公差 ^b	用简图表示 直线度、平面度、圆度、圆柱度、线轮廓度、面轮廓度 平行度、垂直度、倾斜度 同轴度、对称度、位置度、圆跳动、全跳动
^a 在不影响加工的情况下，可以部分或全部省略。 ^b 各形位公差的规定应符合 GB/T 1182 的规定。		

5.3 待渗氮件的验收

对待渗氮件的钢种、处理前的状态、外观、形状及尺寸按 5.1、5.2 规定执行。如有必要，可采用钢的火花试验方法鉴别钢种或按 GB/T 15822.2、JB/T 9218 规定进行探伤检验。

6 预备热处理

6.1 应根据工件对基体材料性能的要求进行待渗氮件预备热处理。一般采用调质或正火处理。38CrMoAl 钢必须采用调质并在调质淬火时保证工件表面层的奥氏体转变为马氏体组织。

6.2 易畸变的工件，在调质和粗加工后还应施行去应力退火。其温度应比调质的高温回火低，比渗氮高。

6.3 工模具钢一般采用淬火与回火处理。不锈钢、耐热钢除通常可采用调质处理外，奥氏体不锈钢还可采用固溶处理。

6.4 工件预备热处理后的金相组织、硬度及畸变应符合技术要求和工艺规定。38CrMoAl 钢调质后表面 5 mm 内游离铁素体量不应超过 5%（面积分数，相当于 GB/T 11354—2005 的 1~2 级），并且不允许含有粒状贝氏体或上贝氏体的回火组织或珠光体组织。

6.5 工件表面不应有裂纹、脱碳、贫碳、划痕、磕碰、污渍等缺陷。

6.6 工件校直后应施行去应力退火。

7 气体渗氮设备及工艺材料

7.1 渗氮炉

7.1.1 炉子有效加热区按 GB/T 9452 规定测定，其实际温度偏差值（指炉膛内有效装料区内）不应超过 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

7.1.2 炉膛内部各种材料（指与气氛接触的）不应影响渗氮气氛的稳定产生有害影响。

7.1.3 炉膛应有良好的密封。炉内气氛不得有泄漏现象，应保证炉气顺畅流过渗氮件。

7.1.4 炉子应设有氨分解率测定装置。氨分解率应根据工艺要求进行调整。

7.1.5 控温系统应保证炉子温度符合工艺要求。

7.1.6 密封箱式渗氮炉和推料盘式渗氮炉必须有可靠的防爆装置。

7.1.7 渗氮炉必须有完善的废气处理装置，不允许将含有氨的废气直接向大气中排放或直接点燃，可以将废气通过温度达 750°C 以上并装有触媒的氨分解器使废气中的氨充分分解之后再排放，或将废气通入水中使氨吸收之后排放，吸氨的水容器中的废水不得直接排放，应加入酸类进行中和处理，并对中和后产生的氨盐作回收处理。

7.2 氨气

7.2.1 渗氮用氨气，其品质应符合 GB 536—1988 一级品的要求。

7.2.2 液氨应灌装在符合国家标准规定的钢瓶（罐）内。液氨瓶应安放于单独的房间内，房间严禁烟火，并防止氨瓶剧烈撞击和避免日光曝晒。液氨及液氨瓶应有生产厂的质量保证单。

7.2.3 渗氮炉与输氨管道、氨瓶的连接应保证密封性。

7.3 测温与控温

7.3.1 应根据气体渗氮工艺要求，配置符合 JB/T 10175 所要求的控温系统。

7.3.2 应配备跟踪显示加热温度的温度记录装置。

7.3.3 在工艺要求的范围内，补偿显示仪表的读数之后，所采用的电热温控系统显示器的温度指示综合误差应为 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ ，并应有超温自动报警功能。

7.4 氨势的测量与控制

7.4.1 氨势 (N_p) 可以通过测定炉气成分，按照 $N_p = p_{\text{NH}_3} / p_{\text{H}_2}^{1.5}$ 来换算。式中氨分压 (p_{NH_3}) 在 1 atm 下等于氨体积百分数，可用氨红外仪测定； p_{H_2} 在 1 atm 下等于氢体积百分数，可用热导式仪表或氢探头等仪器测定。

7.4.2 氨势与测量值的关系与所采用的气源有关，计算公式见附录 A。

7.4.3 用氨+氨分解气为气源进行渗氮时，可用氨分压测定仪表或氢分压测试仪表或氨分解率自动测试仪进行反馈调节气体加入量，实现氨势自动控制；用其他气源进行渗氮时，应根据氨分压与氢分压两种仪表同时测量结果进行反馈，以实现氨势自动控制。氨势与氨分解率的关系参见附录 B。

7.5 设备的维护保养

应制订适当的设备操作规程和维护保养制度，并妥善保管有关记录。

8 渗氮处理

8.1 处理前状态

根据表 3 的规定记录待渗氮件的状态，并保存相关记录。

表 3 待渗氮件的状态记录

序号	项 目	备 注
1	钢材数据 牌号 化学成分 ^a 炼钢炉号 ^a 硬度及其他力学性能 ^a 金相组织	晶粒度、脱碳层、非金属夹杂物、显微组织
2	毛坯制造方法 铸造 锻造 轧制 挤压	注明冷、热锻，必要时注明锻造比 注明冷、热轧 注明冷、热挤压
3	处理前的加工方法 冲压 拉拔 滚轧 焊接	注明冷、热冲压 注明冷、热拉拔 注明冷、热滚轧 注明焊接部位及焊接方法 前道工序已生成表面膜时，应注明其种类与成分
4	预备热处理 正火 完全退火 球化退火 去应力退火 淬火回火（包括调质） 固溶处理时效 时效	需要时注明加热温度、保温时间及冷却方法 需注明去应力在工序流程中的安排，去应力之后的加工余量
5	渗氮前表面精加工状态 切削方法及其条件 磨削方法及其条件 矫正及其程度 其他加工或表面处理方法 及其条件	包括切削剂的种类 包括磨削剂的种类 注明冷、热矫正与去应力的程序
^a 在不影响加工的情况下，可以部分或全部省略。		

8.2 防渗

在机械零件设计时应避免采用局部渗氮。不能有渗氮层的部位，可按下述方法之一进行防渗处理：

- 预留 2 倍以上渗氮层深度的加工余量；
- 镀 0.003 mm~0.015 mm 的锡层；
- 镀 0.02 mm 以上的无孔隙铜层；
- 镀 0.02 mm~0.04 mm 的镍层；
- 刷涂防渗涂料应符合 JB/T 9199 的规定。

8.3 处理前的表面要求

8.3.1 工件表面粗糙度应符合图样要求，表面应洁净，不许有油垢、污物、锈斑、划痕、磕碰、污渍等，并不应有尖锐棱角。

8.3.2 工件加工余量应符合工艺规定。通常结构件渗氮表面的磨削余量单边应不大于 0.05 mm。

8.3.3 不锈钢件可采用喷细砂去除钝化膜（也可用其他方法）。

8.3.4 待渗氮件允许预先进行滚压、超声喷丸或其他冷塑性形变加工后再进行渗氮处理。

8.4 试样

8.4.1 除小件外，通常每炉待渗氮件应带有随炉试样。试样应与待渗氮件的钢号、预备热处理工艺和表面粗糙度一致。试样规格一般为 $\phi 20$ mm $\sim\phi 30$ mm；厚度为 4 mm ~ 10 mm。

8.4.2 重要工件的试样应在待渗氮件上截取。

8.5 装炉

8.5.1 检验装炉的工夹具，发现脆化、开裂或形状不符合要求等问题应及时修理或更换。

8.5.2 按工艺要求将待渗氮件平稳、牢靠地装在工夹具上。

8.5.3 将待渗氮件平稳牢固地装在有效加热区内，相互保持适当间隔，保证气氛流通和温度均匀。

8.5.4 根据炉膛大小，每炉应在不同位置吊放有编号的试样 3 件 ~ 10 件。

8.6 渗氮工艺

渗氮工艺方法、特点及其适用范围见表 4。

表 4 渗氮工艺方法、特点及其适用范围

渗氮工艺	工艺方法			工艺特点及适用范围	
	渗氮时间/h	渗氮温度/℃	氨分解率/%		
常规 渗氮	一段 渗氮	20~100	490~520	渗氮时间的前 1/4~1/3: 20~35	硬度要求高，畸变小的工件
				渗氮时间的后 2/3~3/4: 35~50	
	二段 渗氮	15~60	第 1 阶段 500~510	占总渗氮时间的 1/3~1/2: 20~30	硬度要求略低，渗层较深，不易畸变的工件
			第 2 阶段 550~560	占总渗氮时间的 1/2~2/3: 40~60	
	三段 渗氮	30~50	第 1 阶段 500~510	20~30	硬度要求较高，不易畸变的工件
			第 2 阶段 550~560	40~60	
第 3 阶段 520~530			30~40		
短时渗氮	2~4	500~580 常用为 560~580	35~65	<p>高速工具钢短时渗氮时间一般为 20 min~ 40 min，采用较高的氨分解率，避免在高速钢渗氮层表面出现化合物层。</p> <p>除了高速钢之外，短时渗氮所形成的化合物层很薄，所以脆性不太大，可以带着化合物层服役，使耐磨性大幅度提高，并降低摩擦系数。</p> <p>各种碳钢、合金渗氮钢、合金结构钢、模具钢、铸铁都可以采用短时渗氮处理。具有很高的耐磨、疲劳强度、抗擦伤、抗咬合性能和抗蚀性等特点，保留了铁素体氮碳共渗的优点，并从根源上消除了后者炉气中含极毒 HCN 气体的缺点。</p> <p>凡是以磨损或咬合为主要失效方式，而承受接触应力不高的工件，用短时渗氮替代常规渗氮，节能效果明显。</p>	

表 4 (续)

渗氮工艺	工艺方法			工艺特点及适用范围
	渗氮时间/h	渗氮温度/℃	氨分解率/%	
奥氏体渗氮	2~4	600~700	60~80	<p>在奥氏体渗氮温度下形成的渗层组织是ϵ相化合物层、奥氏体层和扩散层。淬火至室温为化合物层、残余奥氏体层、淬火马氏体层、扩散层。</p> <p>以提高耐腐蚀性为主的工件经奥氏体渗氮后不必进行回火处理。</p> <p>奥氏体渗氮油淬后经过 180 ℃~200 ℃回火, 残留奥氏体未发生转变, 保持很高韧性和塑性, 适用于对韧性要求很高, 以及在装配或使用过程中需承受一定程度塑性形变的渗氮件。</p> <p>奥氏体渗氮经过 220 ℃~250 ℃回火, 残留奥氏体发生分解, 硬度提高到 950 HV 以上, 化合物层中的ϵ相也发生时效, 使硬度提高到 1 000 HV 以上, 适合于耐磨性要求很高的渗氮件。</p> <p>奥氏体渗氮的耐蚀性优于抗蚀渗氮</p>
	典型工艺为 2	650		
可控渗氮	氮势 定值 控制 可控 渗氮	<p>整个渗氮过程中氮势控制不变, 根据氮势门槛值曲线的测定方法(见附录 C)选择氮势控制值, 控制表面化合物层的厚度。分为: 无化合物可控渗氮、单相γ'化合物可控渗氮</p>		<p>无化合物层的可控渗氮的渗层表面不形成化合物层, 渗层的脆性很小, 渗氮速度慢。</p> <p>氮势控制的设定值略高于氮势门槛值。获得单相γ'化合物层或厚度为 1 μm~3 μm 的薄化合物层。脆性明显小于常规渗氮, 渗氮速度慢</p>
	氮势 分段 控制 可控 渗氮	<p>以氮势门槛值曲线为依据分段控制。在渗氮初期采用高氮势, 由氮势门槛值曲线判断在高氮势下开始出现化合物层的时间, 并在此时间之前将氮势降低到与渗氮总时间对应的氮势门槛值</p>		<p>如每一段的保温时间略短于氮势门槛值曲线所对应的时间, 则可实现无白层可控渗氮。如适当延长高氮势和中氮势阶段的时间, 使工艺曲线超过氮势门槛值曲线, 则可实现单相γ'可控渗氮或带有薄化合物层的可控渗氮。</p> <p>分段控制可控渗氮, 渗氮速度高于定值控制可控渗氮, 略低于常规渗氮</p>
		<p>中间增加一段中等氮势的分段控制。在渗氮初期采用高氮势, 在即将出现白层之前降至中氮势, 待到又将出现白层之前, 再将氮势降到与渗氮时间相对应的氮势门槛值</p>		
动态 可控 渗氮	<p>动态可控渗氮法将工艺过程分为二个阶段, 在第一阶段尽可能提高气相氮势, 一旦表面的氮浓度达到预先的设定值, 立即转入第二阶段, 令氮势按照“动态氮势控制曲线”连续下降, 使表面氮浓度不再升高也不下降。动态氮势控制曲线的数学表达式见附录 D</p>		具有良好的耐磨性	
脉冲渗氮	<p>渗氮温度和渗氮时间与短时渗氮类似。采用反复充气和抽气的脉冲方式, 使炉压在一定幅度范围内交替上升和下降</p>		<p>脉冲渗氮是在具备抽真空功能的渗氮炉中进行。适用于有盲孔、细孔、狭缝的工件以及用散装方式装炉的小零件, 改善了渗氮层均匀性</p>	
抗蚀渗氮	<p>在 600 ℃~700 ℃进行短时间的一段渗氮</p>		<p>以获得一定深度的致密的ϵ相层(渗氮白壳层)</p>	
表面纳米化渗氮	<p>用超声喷丸(无向强力喷丸)、机械研磨、多方向滚压等方法, 使待渗氮件表面经受多方向反复塑性形变, 将表面层晶粒细化至纳米尺度, 然后进行渗氮</p>		<p>可以明显提高渗氮速度, 降低渗氮温度和 提高渗氮层硬度</p>	

8.7 渗氮操作

8.7.1 待渗氮件与试样装炉后, 保证炉子密封, 接通氮气管道, 检查管路是否畅通和有无泄漏。

8.7.2 检查并调整温度仪表、液氮瓶、流量计、压力计、氮分解率测定仪、氮势控制控制仪、电源系统以及计算机控制系统等是否处于正常状态。

8.7.3 上述检查工作完成后, 即可按工艺要求严格调节和控制升温速度、保温温度、保温时间以及氮分解率(氮势)等工艺参数。

8.7.4 细长、薄壁、不对称和截面尺寸急剧变化等形状易畸变的工件应适当控制升温速度, 可采用阶段升温方式, 在 460 °C~470 °C 保温一定时间, 待炉内工件温度均匀后再升至渗氮温度。

8.7.5 向炉膛内通入氮气或氨气以充分排出炉膛内空气。

8.7.6 整个渗氮过程应始终保持炉膛密封性, 渗氮后的冷却和出炉因具体情况而异, 易畸变的工件需缓冷, 不易畸变的工件对冷却速度不必严格要求, 而着重考虑生产效率, 工件出炉前应排除炉内剩余氮气, 再打开炉门。短时渗氮一般采用油冷, 奥氏体渗氮必须油淬或等温淬火。

8.7.7 渗氮过程中若发生停电事故, 当炉温不低于 400 °C 时应继续向炉膛通入氮气。恢复供电后, 再升到工艺规定温度。

8.7.8 渗氮件应尽量避免校正。如必须校正, 随后应立即进行去应力退火及探伤。渗氮后畸变超差的工件, 需热校正。校直的加热温度应低于渗氮温度。重要零件渗氮后一段不应校正。

8.7.9 为保持炉膛内氮分解率的稳定, 炉膛、炉内构件与工夹具长期使用后, 应定期施行退氮处理。退氮可在停炉后施行, 空炉加热至 600 °C~650 °C, 空烧 4 h~6 h。

9 渗氮件的品质检验

9.1 检验内容及要求

9.1.1 表面不应有裂纹、剥落及肉眼可见的疏松等缺陷。

9.1.2 在硬度、层深和脆性等各项要求均合格的前提下, 渗氮件表面允许存在氧化色。

9.1.3 渗氮件应达到工艺要求的表面硬度。不同表面硬度偏差不允许超过表 5 的规定。

表 5 表面硬度偏差的允许值

维氏硬度偏差/HV			
单 件		同 批	
<600	>600	<600	>600
45	60	70	100

注 1: 同批是指用相同钢材、经相同预备热处理并在同一炉次渗氮处理后的一组工件。
注 2: 局部渗氮件的测定位置不应在渗氮边界附近, 其位置距渗氮边界应不小于 1 个渗层深度的距离。

9.1.4 渗氮件应达到工艺要求的渗氮层深度, 其深度偏差应符合超过表 6 的规定。抗蚀渗氮件 ϵ 相致密层深度应不小于 0.01 mm。

9.1.5 渗氮处理后的金相组织应符合 GB/T 11354—2005 的有关规定。

9.1.6 抗蚀渗氮件需经腐蚀试验, 应得到符合要求的抗蚀性。

表 6 渗氮层深度偏差的允许值

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 1: 同批是指用相同钢材、经相同预备热处理并在同一炉次渗氮处理后的一组工件。
注 2: 局部渗氮件的测定位置不应在渗氮区边界附近, 其位置距渗氮边界应不小于 2 个渗层深度的距离。

9.2 检验方法

9.2.1 裂纹、发裂等外观检验可用肉眼判别，也可采用磁粉或渗透探伤等方法鉴别。后者应符合 GB/T 15822.2、JB/T 9218 标准的规定。

9.2.2 表面硬度检验按照 JB/T 6050 规定执行。

9.2.3 渗层脆性检验、渗氮层疏松检验、渗氮扩散层中氮化物检验、渗氮层测量深度和金相组织检验均按照 GB/T 11354—2005 的规定执行。

9.2.4 抗蚀渗氮的耐蚀性检验按 GB/T 10125 规定执行，也可采用下列两种方法中的一种检验抗蚀渗氮件的耐蚀性：

- a) 将试样浸入 6%~10%CuSO₄ 水溶液中或将上述溶液滴在试样或被测工件表面上，持续 1 min~2 min 后，无铜的沉积为合格。
- b) 取 10gK₃Fe(CN)₆ (赤血盐)、20gNaCl 溶于 1L 蒸馏水中，将渗氮试件浸入上述溶液 1 min~2min 后，无蓝色印迹为合格。

10 能源消耗要求

气体渗氮的能源消耗定额应符合 GB/T 17358 及 GB/T 19944 的有关规定。

11 安全卫生要求

气体渗氮过程的安全卫生要求应符合 GB 15735 的有关规定。

12 产品报告单

12.1 根据要求可按每批或每炉开具报告单。

12.2 产品报告单内容：

- a) 批号或炉号；
- b) 工艺类型或代号；
- c) 工件的名称和图号；
- d) 工件的材料牌号；
- e) 单件质量及数量；
- f) 加工单位名称；
- g) 品质检验结果；
- h) 操作者姓名或代号；
- i) 品质检验员姓名或代号；
- j) 报告日期。

附录 A
(规范性附录)

不同气源进行渗氮时氮势与测量值之间的关系

A.1 纯氨或氨+氨分解气

纯氨或氨+氨分解气进行渗氮时氮势 N_p 的计算公式见 (A.1) ~ (A.4)。

$$N_p = p_{\text{NH}_3} / p_{\text{H}_2}^{1.5} \quad \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

式中:

p_{NH_3} —— 炉气中氨分压;

p_{H_2} —— 炉气中氢分压。

或

$$N_p = \frac{1-V}{(0.75V)^{1.5}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

式中:

V ——氨分解率 (可用氨分解测试仪测定), $V = 1 - p_{\text{NH}_3}$ 。

或

$$N_p = \frac{1 - \frac{4}{3} p_{\text{H}_2}}{p_{\text{H}_2}^{1.5}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

或

$$N_p = \frac{p_{\text{NH}_3}}{[0.75(1 - p_{\text{NH}_3})]^{1.5}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.4})$$

A.2 氨+氮混合气体

氨+氮混合气体进行渗氮时氮势计算公式见 (A.5) ~ (A.7), 设原料气中 NH_3 的摩尔数为 X 。

$$N_p = p_{\text{NH}_3} \left[\frac{1+X}{1.5(X - p_{\text{NH}_3})} \right]^{1.5} \quad \dots\dots\dots (\text{A.5})$$

或

$$N_p = (1-V) \left[\frac{1+X}{1.5(X - 1 + V)} \right]^{1.5} \quad \dots\dots\dots (\text{A.6})$$

或

$$N_p = \frac{1.5X - (1+X)p_{\text{H}_2}}{1.5p_{\text{H}_2}^{1.5}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.7})$$

附录 B
(资料性附录)
氮势与氨分解率的关系

B.1 氨或氨气+氨分解气

氨分解率的数学表达式见 (B.1), 氮势的数学表达式见 (B.2), 纯氨或氨+氨分解气渗氮时氮势与氨分解率对照见表 B.1。

$$V = 1 - p_{\text{NH}_3} \quad \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

$$N_p = 1 - V / (0.75V)^{1.5} \quad \dots\dots\dots (\text{B.2})$$

表 B.1 纯氨或氨+氨分解气渗氮时氮势与氨分解率对照表

序号	V	$N_p = 1 - V / (0.75V)^{1.5}$
1	0.1	43.817 8
2	0.2	13.770 6
3	0.3	6.558 8
4	0.4	3.651 5
5	0.5	2.177 3
6	0.6	1.325 1
7	0.7	0.788 7
8	0.8	0.430 3
9	0.9	0.180 3
10	0.95	0.083 1

B.2 氨+氮混合气体

氨+氮混合气体渗氮时氮势数学表达式见 (B.3), 氨+氮混合气体渗氮时氮势与氨分解率对照见表 B.2。

$$N_p = (1 - V) \left[\frac{(1+x)}{1.5(x-1+V)} \right]^{1.5} \quad \dots\dots\dots (\text{B.3})$$

式中:

x ——通入气体中 NH_3 的百分含量;

V ——氨分解率。

注: 上式成立的前提是 $(x-1+V) > 0$, 否则无法得到实数解。

表 B.2 氨+氮混合气体渗氮时氮势与氨分解率对照表

$\text{NH}_3/\%$	氨分解率 (V)							
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2								2.262 7
0.3							5.102 8	0.902 1
0.4						8.554 1	2.016 2	0.548 7
0.5					12.649 1	3.354 1	1.217 2	0.395 3

表 B.2 (续)

NH ₃ /%	氮分解率 (V)							
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.6				17.418 6	4.926 7	2.011 3	0.870 9	0.311 6
0.7			22.892 2	6.744 7	2.937 1	1.430 8	0.682 5	0.259 6
0.8		29.098 5	8.818 2	4.000 0	2.078 5	1.115 4	0.565 7	0.224 5
0.9	36.064 8	11.157 0	5.205 5	2.817 6	1.612 9	0.920 2	0.486 8	0.199 2

附 录 C
(规范性附录)

氮势阈值曲线的测定方法

C.1 表示氮势阈值与渗氮时间关系的曲线称为氮势阈值曲线，其数学表达式见 (C.1)。

$$N_{p(t)} = \frac{N_{p(c)}}{1 - \exp\left(\frac{\beta^2 t}{D}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{\beta \sqrt{t}}{D}\right)} \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- $N_{p(t)}$ ——与渗氮时间 t 相对应的氮势阈值；
- $N_{p(c)}$ ——临界氮势。是钢的成分和渗氮温度的函数；
- β ——工件表面氮的物质传递系数；
- D ——氮在钢中的扩散系数（按活度计算的扩散系数）。

C.2 氮势阈值测定示例

令 $\left(\frac{\beta}{\sqrt{D}}\right) = B$ ，则式 (C.1) 可简写为： $N_{p(t)} = \frac{N_{p(c)}}{1 - \exp(B^2 t) \operatorname{erfc}(B\sqrt{t})}$ 。用试验方法测出二个不同时间 t_1 和 t_2 的氮势阈值 $N_{p(t_1)}$ 和 $N_{p(t_2)}$ ，分别代入上式，得式 (C.2)、式 (C.3)。解联立式 (C.2)、式 (C.3) 即可求得 $N_{p(c)}$ 和 B 的值，并可用下式计算出该钢种在同一渗氮温度下对应于不同渗氮时间的氮势阈值。

$$N_{p(t_1)} = \frac{N_{p(c)}}{1 - \exp(B^2 t_1) \operatorname{erfc}(B\sqrt{t_1})} \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

$$N_{p(t_2)} = \frac{N_{p(c)}}{1 - \exp(B^2 t_2) \operatorname{erfc}(B\sqrt{t_2})} \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

附录 D
(规范性附录)

动态可控渗氮氮势控制曲线的数学表达式

D.1 动态氮势控制曲线的数学表达式见 (D.1)。

$$N_{p(g)} = N_{p(D)} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{\pi} \left(\frac{\beta \sqrt{t}}{\sqrt{D}} \right)} \right) \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

$N_{p(g)}$ ——气相氮势调节值;

$N_{p(D)}$ ——目标氮势。

D.2 (β/\sqrt{D}) 可以从同一钢种的氮势门槛值曲线求得, 目标氮势取临界氮势, 可实现无白层可控渗氮; 目标氮势高于 γ' 相的临界氮势而低于 ϵ 相的临界氮势, 可实现单相 γ' 可控渗氮; 目标氮势略高于 ϵ 相临界氮势, 可实现薄化合物层的可控渗氮。单相 γ' 可控渗氮与薄化合物层可控渗氮的脆性虽略大于无白层可控渗氮, 但比常规渗氮低得多, 可以直接投入使用, 并且具有优异的耐磨性。