



中华人民共和国国家标准

GB/T 224—2019
代替 GB/T 224—2008

钢的脱碳层深度测定法

Determination of the depth of decarburization of steels

(ISO 3887:2017, Steels—Determination of the
depth of decarburization, MOD)

2019-06-04 发布

2020-05-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 224—2008《钢的脱碳层深度测定法》。

本标准与 GB/T 224—2008 相比,主要技术内容变化如下:

- 删除了术语“铁素体脱碳层深度”及其定义(2008 年版第 3 章);
- 修改了“取样”(见第 4 章,2008 年版的 4.1 第三段、4.2.2、4.4.1 和 4.4.2);
- 增加了平均法(见 5.2.3);
- 增加了显微努氏硬度法和显微硬度压痕的具体打法(见 5.3.1);
- 增加了电子探针法(见 5.4.4);
- 增加了辉光光谱法(见 5.4.5);
- 增加了不同测量方法对应脱碳层深度的精确位数(见第 6 章)。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO 3887:2017《钢 脱碳层深度的测定》。

本标准与 ISO 3887:2017 的技术性差异及其原因如下:

- 关于规范性引用文件,本标准做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,具体调整如下:
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 4340.1 代替了 ISO 6507-1(见 5.3.3);
 - 用修改采国际标准用的 GB/T 18449.1 代替了 ISO 4545-1(见 5.3.3);
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 20126 代替了 ISO 15349-2(见 5.4.2.2);
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 19502 代替了 ISO 14707(见 5.4.5.1);
 - 增加引用了 GB/T 30067(见第 3 章)、GB/T 13298(见 5.2.2)、GB/T 15247(见 5.4.2.3)、GB/T 4336(见 5.4.3.2)、GB/T 22368(见 5.4.5.1);
- 增加了第 4 章“取样”中试样状态的要求(见 4.1),试样状态对脱碳层深度影响很大,统一试样状态要求,避免质量纠纷;
- 增加了第 4 章“取样”中大试样“总检测周长不小于 35 mm”的要求和取样示意图(见 4.3 及图 2~图 4),GB/T 224—2008 版本有这部分内容,提高了取样的可操作性;
- 增加了“轴承钢、工具钢、弹簧钢测量最深处的总脱碳层深度”(见 5.2.3.1),GB/T 224—2008 版本有这部分内容,适用于中国国情;
- 删除了 ISO 3887:2017 的 5.4.4,其内容分别列入 5.4.2.3 和 5.4.3.3;
- 修改了 5.4.2 化学分析法和 5.4.3 直读光谱分析法中试验结果的处理方法(见 5.4.2.3),保持与 GB/T 224—2008 版本一致,适用于中国国情。

本标准做了下列编辑性修改:

- 为与现有标准系列一致,将标准名称改为《钢的脱碳层深度测定法》;
- 增加了 GCr15 表面脱碳的金相组织(见图 A.3)。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

GB/T 224—2019

本标准起草单位：钢铁研究总院、首钢集团有限公司、江阴兴澄特种钢铁有限公司、江苏永钢集团有限公司、天津钢铁集团有限公司、冶金工业信息标准研究院、河冶科技股份有限公司。

本标准主要起草人：李继康、鞠新华、栾燕、王春芳、严春莲、顾林峰、侯兴辉、刘莹、徐倩、张贝贝。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB 224—1963、GB 224—1978、GB/T 224—1987、GB/T 224—2008。

钢的脱碳层深度测定法

1 范围

本标准规定了钢的脱碳层取样、测定方法和试验报告的要求等。
本标准适用于测定钢材(坯)及其零件的脱碳层深度。

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 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 4340.1—2009, ISO 6507-1:2005, MOD)

GB/T 13298 金属显微组织检验方法

GB/T 15247 微束分析 电子探针显微分析 测定钢中碳含量的校正曲线法(GB/T 15247—2008, ISO 16592:2006, IDT)

GB/T 18449.1 金属材料 努氏硬度试验 第1部分:试验方法(GB/T 18449.1—2009, ISO 4545-1:2005, MOD)

GB/T 19502 表面化学分析 辉光放电发射光谱方法通则(GB/T 19502—2004, ISO 14707:2000, IDT)

GB/T 20126 非合金钢 低碳含量的测定 第2部分:感应炉(经预加热)内燃烧后红外吸收法(GB/T 20126—2006, ISO 15349-2:1999, IDT)

GB/T 22368 低合金钢 多元素含量的测定 辉光放电原子发射光谱法(常规法)

GB/T 30067 金相学术语

ISO 9556 钢铁 总碳含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法(Steel and iron—Determination of total carbon content—Infrared absorption method after combustion in an induction furnace)

ISO 14594 微束分析 电子探针显微分析 波长离散分光计实验参数的设定导则(Microbeam analysis—Electron probe microanalysis—Guidelines for the determination of experimental parameters for wavelength dispersive spectroscopy)

3 术语和定义

GB/T 30067 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

脱碳 decarburization

钢表层上碳的损失。这种碳的损失包括:

- a) 部分脱碳 partial decarburization, 钢材试样表面含碳量减少到低于基体含碳量, 并且大于室温时碳在铁素体中固溶极限;
- b) 完全脱碳 complete decarburization, 也叫铁素体脱碳层, 试样表层碳含量水平低于碳在铁素

体中最大固溶度,只有铁素体存在。

注: b)中所描述的完全脱碳层只有铁素体组织存在,应用金相法测定。

3.2

有效脱碳层深度 depth of functional decarburization

从试样表面到规定的碳含量或硬度水平的点的距离,规定的碳含量或硬度水平应以不因脱碳而影响使用性能为准(例如:产品标准中规定的碳含量最小值)。

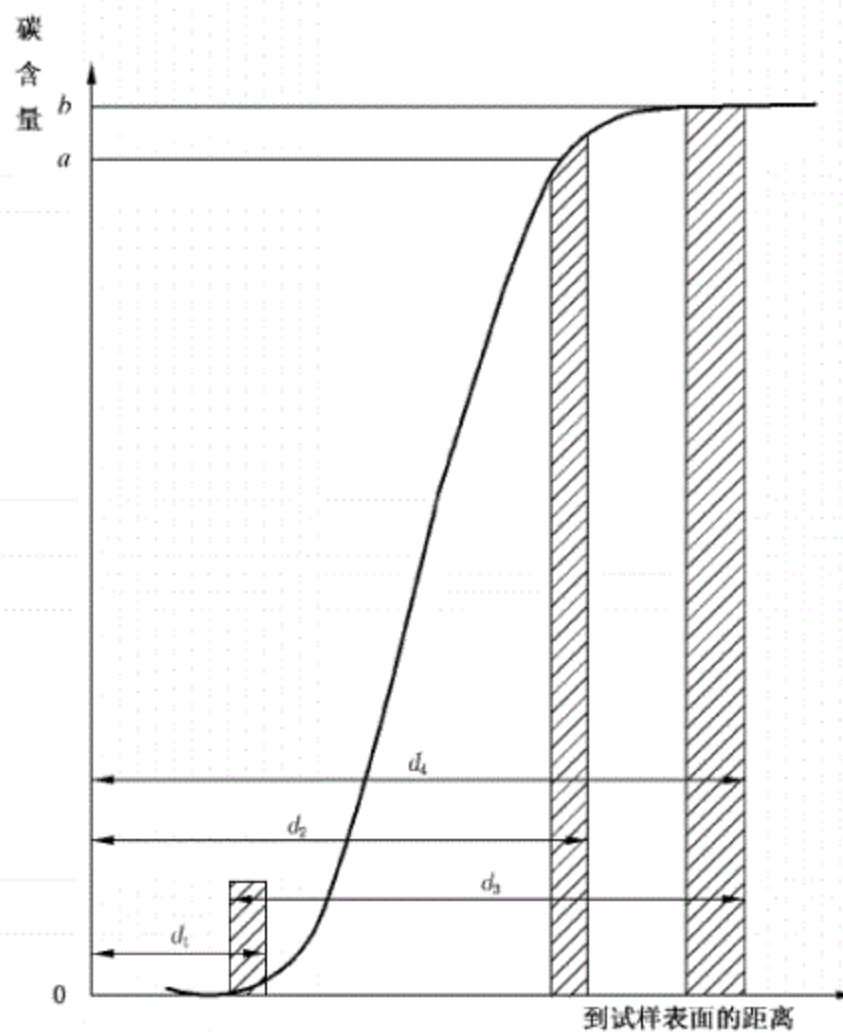
3.3

总脱碳层深度 depth of total decarburization

从试样表面到碳含量等于基体碳含量的那一点的距离,等于部分脱碳和完全脱碳之和。

不同的脱碳带见图 1。

注: 如果制品经过渗碳处理,“基体”的定义由有关各方商定。允许的脱碳层深度将被列入产品技术标准中,或者由有关各方商定。



说明:

d_1 ——完全脱碳层深度,单位为毫米(mm);

d_2 ——有效脱碳层深度,单位为毫米(mm);

d_3 ——部分脱碳层深度,单位为毫米(mm);

d_4 ——总脱碳层深度,单位为毫米(mm);

a ——产品标准中规定的碳含量最小值;

b ——基体碳含量。

注: 不同脱碳类型的分界线如阴影带所示,阴影带宽度表示在测量过程中由于不确定度所产生的实际差异。

图 1 典型脱碳示意图

4 取样

4.1 试样应在交货状态下检验,不需进一步热处理。如经有关各方商定,需要采取附加热处理,则要从多方面注意防止碳的分布状态和质量分数的变化,例如:采用小试样、短的奥氏体化时间、中性的保护气氛等。

4.2 试样应具有代表性。取样数量和位置应根据材料特性和供需双方的协议确定。

4.3 试样检验面应垂直于产品纵轴,如产品无纵轴,试样检验面的选取应由有关各方商定。对于小尺寸样品(如公称直径不大于 25 mm 的圆钢或边长不大于 20 mm 的方钢)应检测整个周边。对大尺寸样品(如公称直径大于 25 mm 的圆钢或边长大于 20 mm 的方钢),为保证取样的代表性,可截取样品同一截面的一个或几个部位,且保证总检测周长不小于 35 mm(参见图 2~图 4)。但不得选取多边形产品的棱角处或脱碳极深的点。

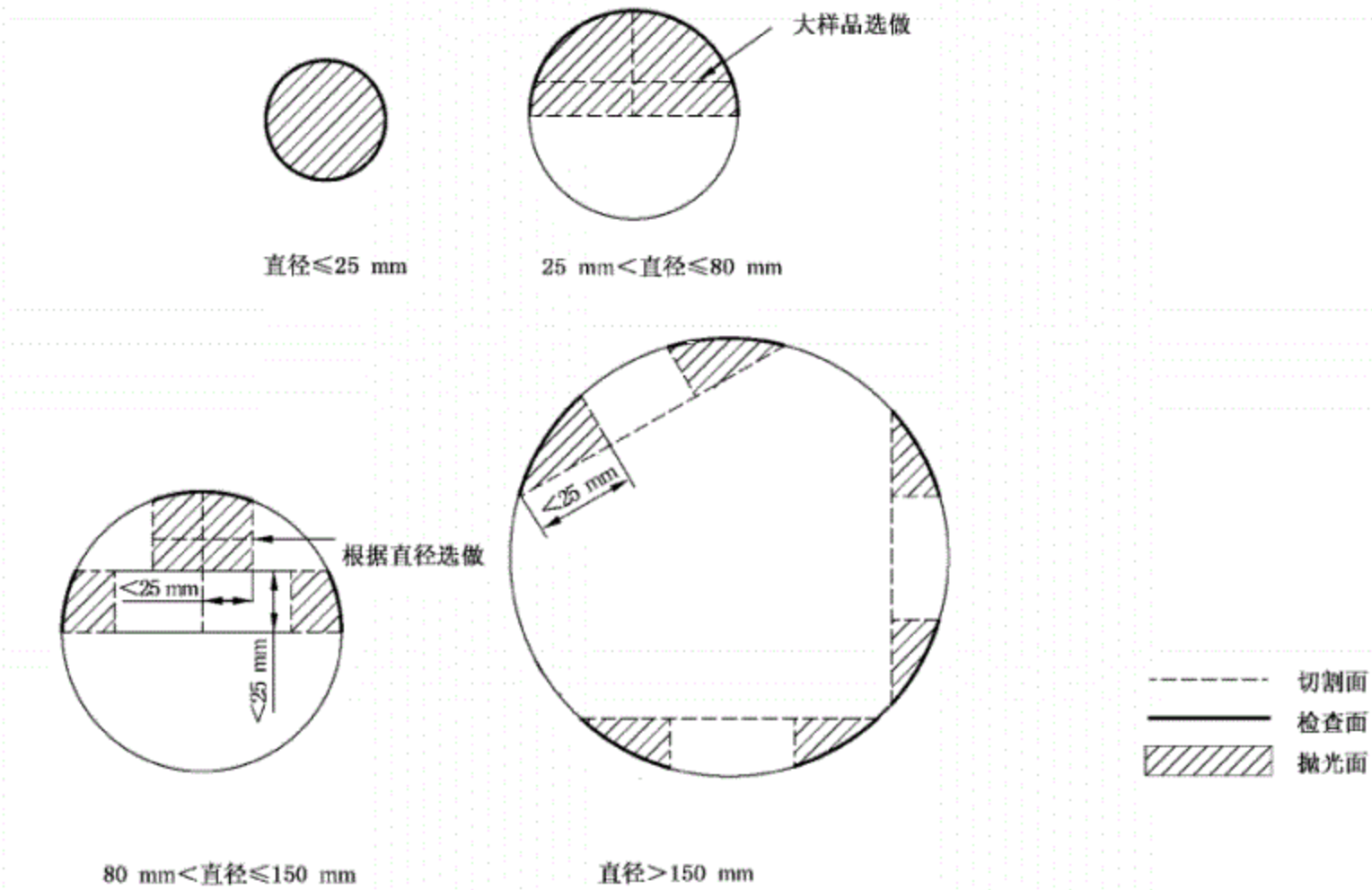


图 2 不同规格圆钢棒典型取样方法

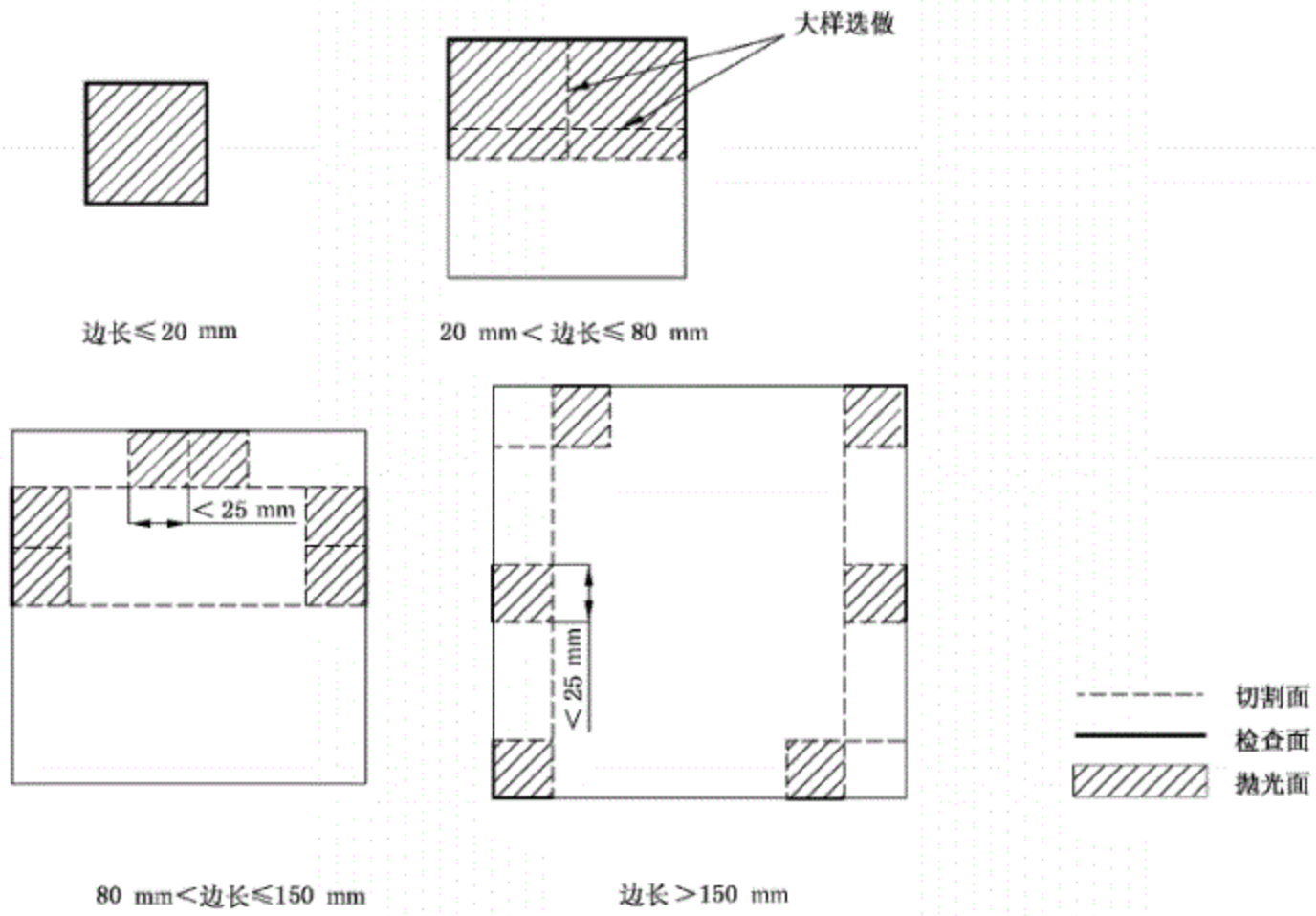
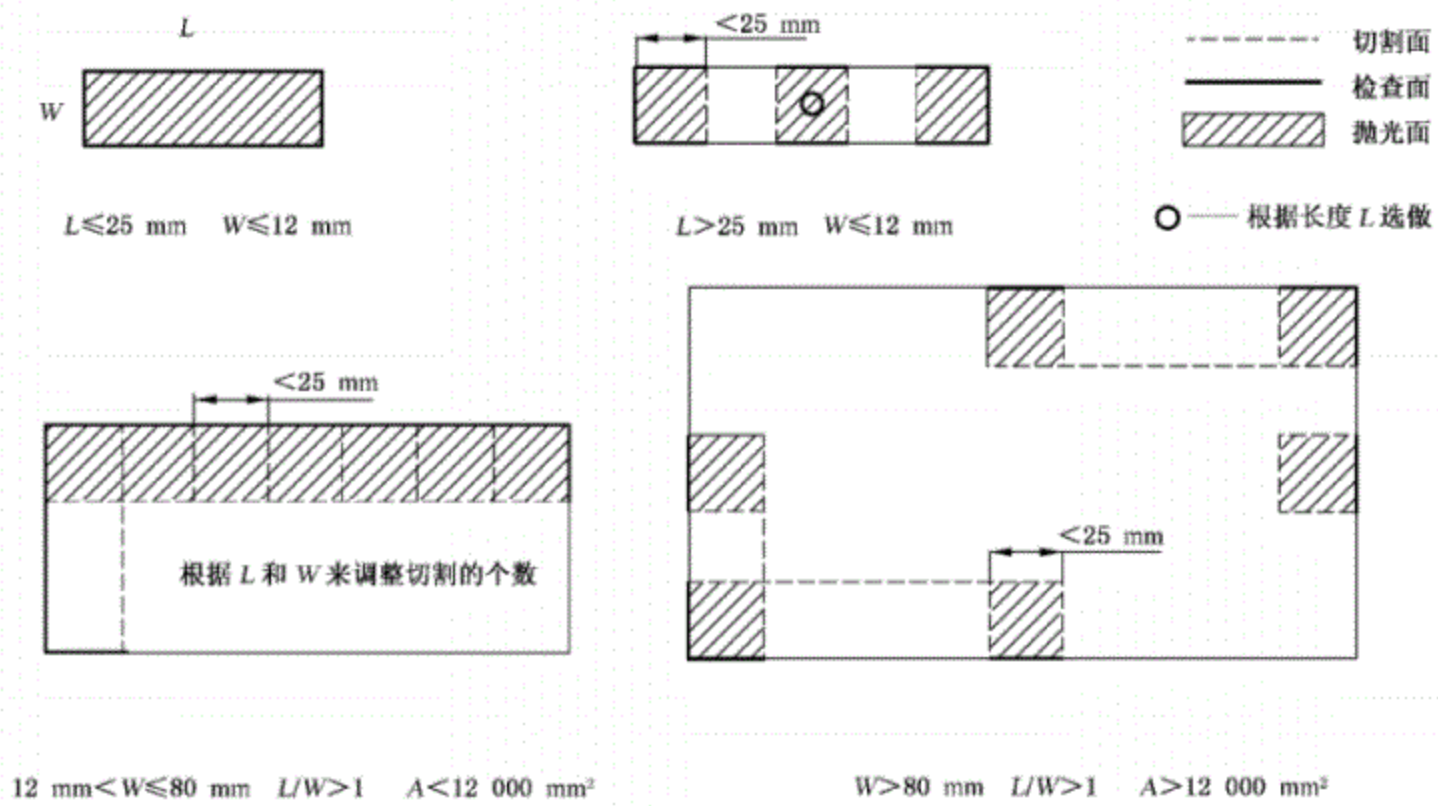


图 3 不同规格方钢典型取样方法



说明：
 L —— 长度；
 W —— 宽度；
 A —— 钢板或矩形试样检验面的面积。

图 4 钢板和矩形钢材典型取样方法

4.4 化学分析试样应有足够的长度以保证化学分析连续增加的车屑量,或者应有足够大的面积以满足光谱分析的面积。

5 测定方法

5.1 总则

5.1.1 测定方法的选择及其准确度取决于产品的脱碳程度、显微组织、碳含量以及部件的形状。最终产品通常采用以下方法测量脱碳层深度:

- a) 金相法(见 5.2);
- b) 显微硬度法(见 5.3),可以用维氏硬度或者努氏硬度;
- c) 碳含量测定法,可以用化学分析法(见 5.4.2)、直读光谱法(见 5.4.3)、电子探针法(见 5.4.4)或者辉光光谱法(见 5.4.5)。

5.1.2 5.1.1 中的测定方法都有其应用范围,采用何种方法测定,由产品标准或双方协议确定。未明确规定时采用金相法。

5.2 金相法

5.2.1 概述

本方法是在光学显微镜下观察试样从表面到基体随着碳含量的变化而产生的组织变化,适用于具有退火或正火(铁素体-珠光体)组织的钢种,也可有条件的用于那些硬化、回火、轧制或锻造状态的产品。

5.2.2 试样的制备

试样应按照 GB/T 13298 进行磨制抛光,但试样边缘不准许有倒圆、卷边,为此试样可以镶嵌或固定在夹持器内。如果需要,被检试样表面可电镀上一层金属加以保护。推荐使用自动或半自动的制样技术。通常用 1.5%~4%的硝酸乙醇溶液或 2%~5%的苦味酸乙醇溶液浸蚀、显示钢的组织。

5.2.3 测定

5.2.3.1 总脱碳层的测定

一般来说,观测到的组织差别,在亚共析钢中是以铁素体与其他组织组成物的相对量的变化来区别的;在过共析钢中是以碳化物含量相对基体的减少来区分的。对于硬化组织或者淬火回火组织,当碳含量变化引起组织显著变化时,亦可用该方法进行测量。例如:如果试样经过球化退火,根据部分脱碳区碳化物含量的变化评定总脱碳层深度;对于热处理试样,部分脱碳区非马氏体组织的存在用来确定总脱碳层深度;还可依据过共析碳化物和珠光体的减少量或铁素体基体上碳化物量减少量确定;对于一定的高合金球化退火的工具钢脱碳深度可由腐蚀颜色变化来确定。

借助于测微目镜,或利用金相图像分析系统观察和定量测量从表面到其组织和基体组织已无区别的那一点的距离。

放大倍数的选择取决于脱碳层深度。如果需方没有特殊规定,由检测者选择。建议使用能观测到整个脱碳层的最大倍数。通常采用放大倍数为 100 倍。

当过渡层和基体较难分辨时,可用更高放大倍数进行观察,确定界限。先在低放大倍数下进行初步观测,保证四周脱碳变化在进一步检测时都可发现,查明最深均匀脱碳区。

脱碳层最深的点由试样表面的初步检测确定,不受表面缺陷和角效应的影响。

脱碳层的测量有两种方法;最重视场法和平均法。测量方法的选择应由供需双方协商而定。

最重视场法是对每一试样,在最深的均匀脱碳区的一个显微镜视场内,应随机进行几次测量(至少需五次),以这些测量值的平均值作为总脱碳层深度。轴承钢、工具钢、弹簧钢测量最深处的总脱碳层深度。

平均法是首先在最深均匀脱碳区测量第一点,然后从这点开始表面被等分成若干部分,如无特殊规定,至少四等份。在每一部分的结束位置测量最深处的脱碳层深度。以这些测量值(至少4个)的平均值作为试样的总脱碳层深度报出。轴承钢、工具钢、弹簧钢等对脱碳要求较高的钢种不适用于平均法。

如果产品标准或技术协议没有特殊规定,在测量时试样中由于钢材的缺陷造成的那些脱碳极深点(如裂纹或折叠处、工件角部等)应被排除(但在试验记录中应注明缺陷)。

5.2.3.2 完全脱碳层的测定

完全脱碳层的测定方法同 5.2.3.1。

5.2.3.3 有效脱碳层的测定

有效脱碳层的测定方法同 5.2.3.1。有效脱碳层的判断由产品标准或有关各方协商确定。

5.2.3.4 金相法测定脱碳层深度的典型组织照片

金相法测定脱碳层深度的典型组织照片示例参见附录 A。

5.3 显微硬度法

5.3.1 概述

本方法是测量在试样横截面上沿垂直于表面方向上的显微硬度值的分布梯度。

本方法只适用于脱碳层相当深,经过硬化处理、回火处理或热处理的亚共析钢。同时也可用于脱碳层完全在硬化区内情况,避免淬火不完全引起的硬度波动。本方法不适用于低碳钢。

5.3.2 试样的选取和制备

试样的选取和制备与金相法(5.2.2)一样,但试样腐蚀与否,以准确测定压痕尺寸为准,并应小心防止试样的过热。

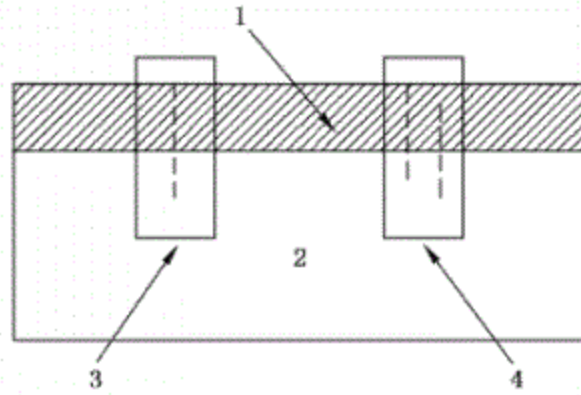
5.3.3 测定

当使用维氏硬度时,应按 GB/T 4340.1 规定进行,当使用努氏硬度时应按 GB/T 18449.1 规定执行。可采用直线法(沿垂直于表面方向上,见图 5)或者斜线法(倾斜于表面方向上,见图 6)测量在试样横截面上的显微硬度值的分布梯度。直线法适合测量大或者中等厚度的脱碳层,斜线法适合测量中等或者小厚度的脱碳层。在使用直线法时,显微硬度可以交叉错开打(之字法),以得到更小的间隔。在测试面上首先确定直线或者斜线位置,接着沿着直线或者斜线测显微硬度,最后得出显微硬度的深度曲线。

为减少测量数据的分散性,要尽可能用大的载荷,通常采用 0.49 N~4.9 N(50 gf~200 gf)载荷。各压痕中心之间的距离应不超过 0.1 mm,同时至少应为压痕对角线长度的 2.5 倍,符合 GB/T 4340.1 或者 GB/T 18449.1 的规定。

在使用之字法时(见图 7),可以选择 2 至 5 点作为起始点。起始点分布在宽度不超过 1.5 mm 的带

内,同时这些点相互之间的间距应满足 GB/T 4340.1 或者 GB/T 18449.1 的规定。硬度测量从每个起始点开始沿着垂直于表面方向的直线进行。所有直线的硬度值汇总作出一条硬度的深度曲线。

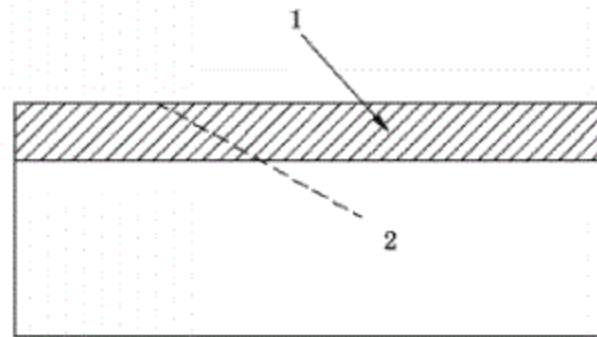


说明:

- 1——脱碳层;
- 2——基体材料;
- 3——单条直线;
- 4——交叉直线法。

注:虚线代表测量线。

图 5 试样横截面上垂直于表面方向的直线法示意图

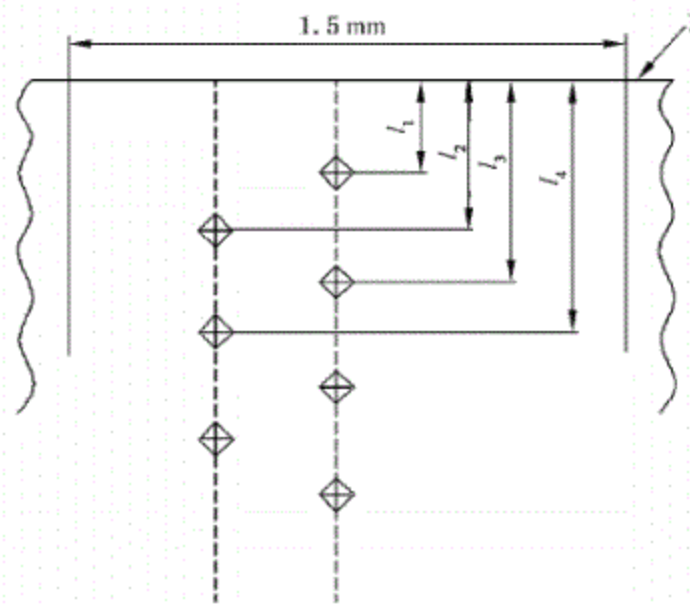


说明:

- 1——脱碳层;
- 2——斜线。

注:虚线代表测量线。

图 6 试样横截面上倾斜于表面方向的斜线法示意图



说明：

1 ——表面；

L_i ——第 i 个压痕的测量距离。

注：虚线代表测量线。

图 7 之字法测量点的分布

脱碳层深度规定为从表面到已达到所要求硬度值的那一点的距离(要把测量的分散性估计在内)。原则上,至少要在相互距离尽可能远的位置进行四组测定,其测定值的平均值作为脱碳层深度。

脱碳层深度的测量界限可以是：

- a) 由试样表面测至产品标准或技术协议规定的硬度值处；
- b) 由试样表面测至硬度值平稳处；
- c) 由试样表面测至硬度值平稳处的某一百分数。

采用何种测量界限由产品标准或双方协议规定。

5.4 碳含量测定法

5.4.1 通则

本方法测定碳含量在垂直于试样表面方向上的分布梯度。

5.4.2 化学分析法

5.4.2.1 通则

本方法适用于具有恰当的几何形状的试样,例如圆柱体或具有平面体的多面体。

注 1: 试样一般不需进行热处理,如确实需要,经各方协商后,可进行适当热处理,但要保证不影响脱碳层深度。

注 2: 本方法一般不适用于部分脱碳。

5.4.2.2 试样的制备

用机械加工的方法,平行于试样表面逐层剥取每层为 0.1 mm 厚的样屑。注意防止任何污染,事先应清除氧化膜。收集每一层上剥取的金属试屑,按 GB/T 20126 或者 ISO 9556 测定碳含量。

5.4.2.3 测量

总脱碳层深度测量从表面到碳含量达到规定数值的那一点的距离。如果碳含量数值没有规定,则

测定终止点的碳含量应在考虑了分析中的允许的波动余量之后,和产品的碳含量公称范围的最小值的差别不大于以下数值:

产品的公称碳含量最大允许偏差, $C < 0.6\%$ 时, $0.03\%C$; $C \geq 0.6\%$ 时, $5\%C$ 。

5.4.3 直读光谱分析法

5.4.3.1 通则

本方法只适用于具有合适尺寸的平面试样。

5.4.3.2 试样的制备

将平面试样逐层磨剥,每层间隔 0.1 mm,在每一层上按 GB/T 4336 进行碳含量的光谱测定。要设法使逐层的光谱火花放电区不重叠。

5.4.3.3 测量

同 5.4.2.3。

5.4.4 电子探针分析法

5.4.4.1 通则

本方法按照 ISO 14594 和 GB/T 15247 执行。本方法适用于含有单一组织的淬回火钢和球化退火钢。

5.4.4.2 试样的制备

试样的选取和制备与金相法(5.2.2)相同,但试样不宜浸蚀,以准确测定碳含量。

5.4.4.3 测量

碳含量在电子探针上用线分析测量。测量线应垂直于试样表面。碳含量的深度曲线从脱碳层表面一直到基体。脱碳层深度由碳含量的深度曲线测定。

总脱碳层深度测定从表面到碳含量稳定处。全脱碳层深度可以根据供需双方协议,至少要在相互距离尽可能远的位置进行四组测定,其测定值的平均值作为脱碳层深度。

5.4.5 辉光光谱分析法

5.4.5.1 通则

本方法按照 GB/T 19502 和 GB/T 22368 执行。本方法适用于脱碳层深度不超过 100 μm ,直径在 20 mm~100 mm 的圆形试样或者边长在 20 mm~100 mm 的方形试样。试样的平面尺寸应符合辉光光谱仪要求。

5.4.5.2 试样的制备

使用合适的溶剂(分析纯丙酮或者乙醇)冲洗试样表面去除油或其他残留物。冲洗过程中可使用湿的软无纺布轻轻擦拭试样表面。冲洗后可选用惰性气体(氩气或氮气)或者清洁无油的压缩空气吹干试样,气体管道不得与试样表面接触。

5.4.5.3 测量

碳含量的深度曲线从试样表面一直到基体碳含量稳定处。脱碳层深度由碳含量的深度曲线测定。

总脱碳层深度测定从表面到碳含量稳定处,例如达到基体碳含量处。总脱碳层深度可以根据供需双方协议,至少要在相互距离尽可能远的位置进行四组测定,其测定值的平均值作为脱碳层深度。

6 试验报告

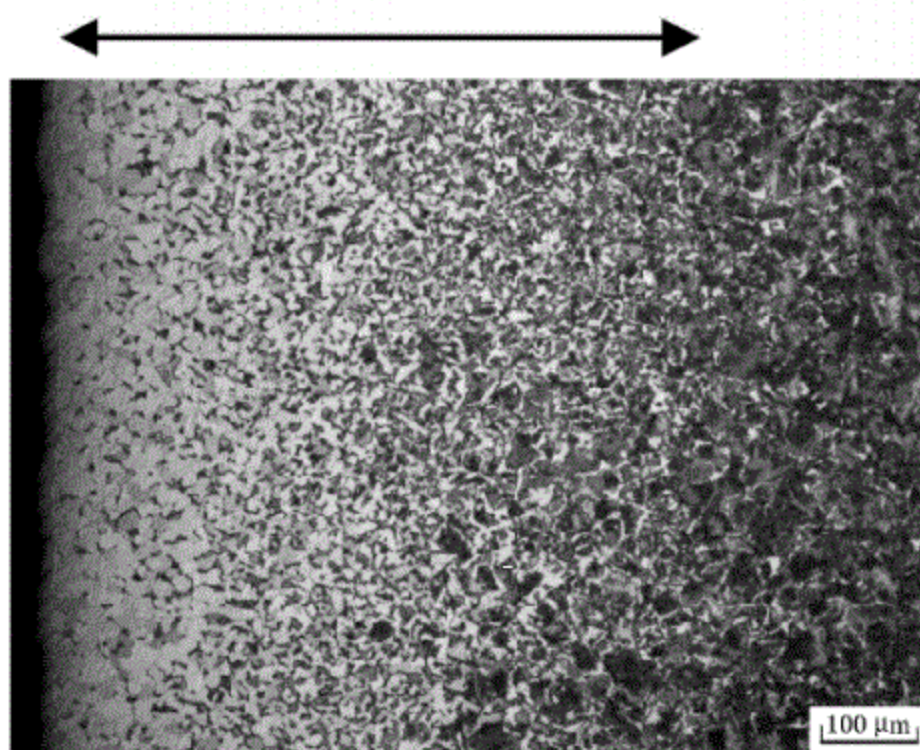
试验报告应包括以下内容:

- a) 试样数量及取样部位;
- b) 如采用的不是金相最重视场法的应给出具体测定方法;
- c) 脱碳层深度(以毫米表示),对辉光光谱法精确到小数点后三位,对电子探针法和金相法精确小数点后两位。

附录 A
(资料性附录)

金相法测定脱碳层深度的典型组织照片示例

金相法测定脱碳层时,具有退火或正火(铁素体-珠光体)组织的钢种一般来说,脱碳量取决于珠光体的减少量(见图 A.1);硬化组织或淬回火后的回火马氏体组织由晶界铁素体的变化来判定完全脱碳层(见图 A.2);球化退火组织可由表面碳化物明显减少区(见图 A.3)或出现片状珠光体区(见图 A.4)确定部分脱碳区。图 A.1~图 A.4 中样品均为 2%硝酸乙醇腐蚀,图中箭头标出的区域为脱碳层。



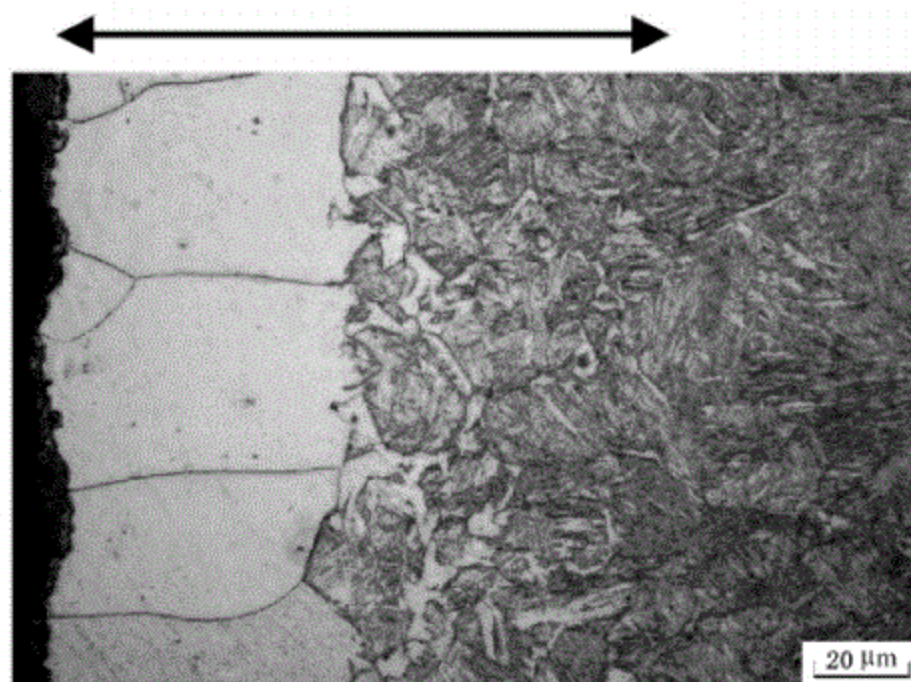
注 1: 成分:C: 0.81%, Si: 0.18%, Mn: 0.33%。

注 2: 处理工艺: 960 °C 加热 2.5 h 炉冷。

注 3: 组织说明: 珠光体减少区域为部分脱碳。

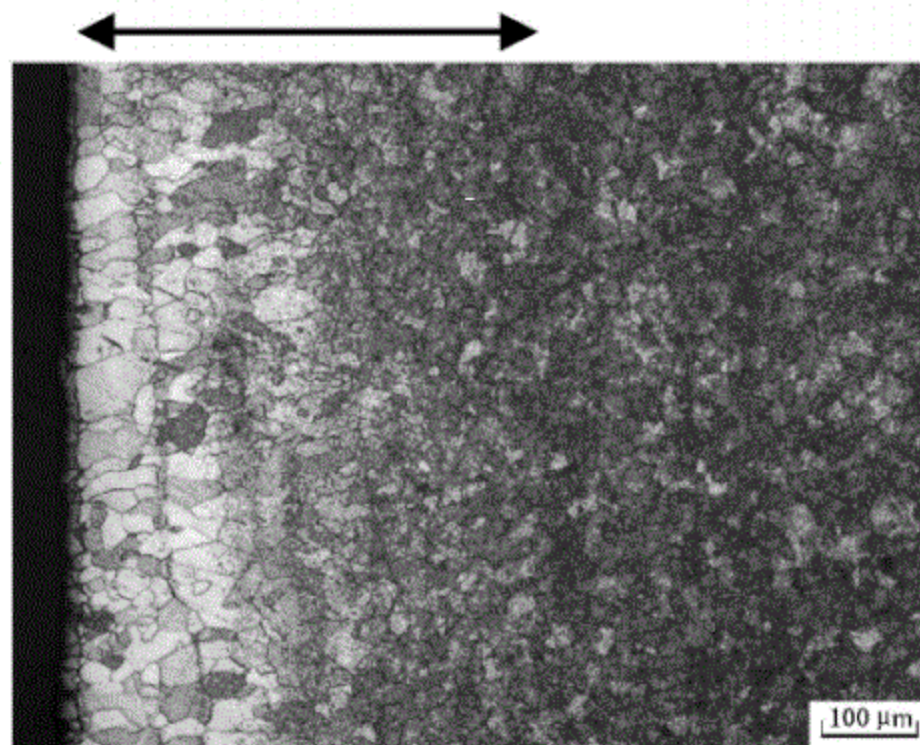
注 4: 图片放大 100 倍。

图 A.1 碳素钢表面脱碳



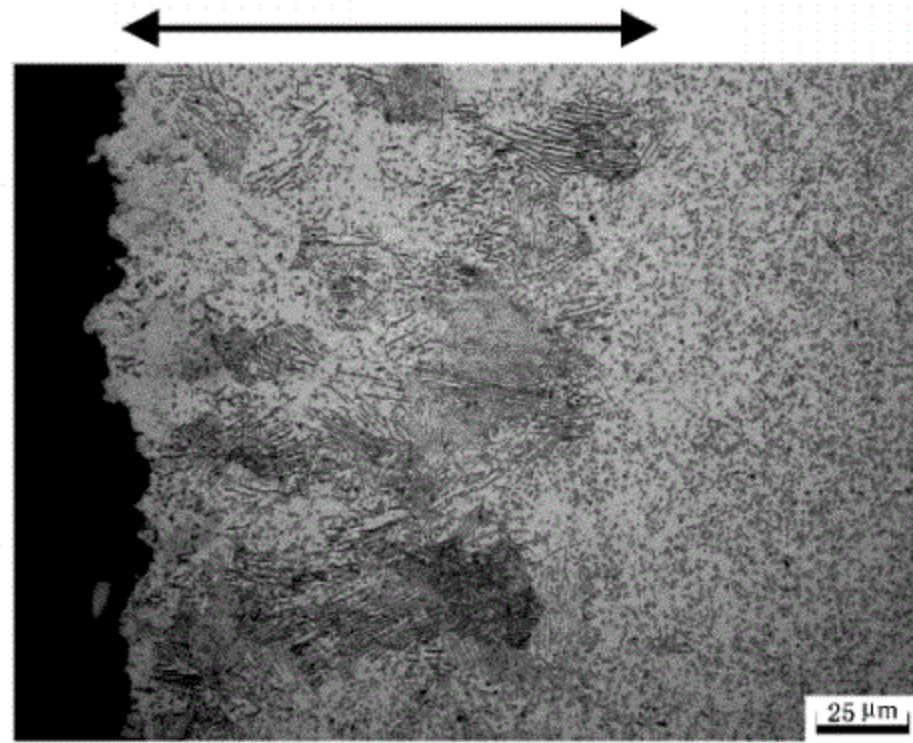
- 注 1: 处理工艺:先 870 ℃加热 20 min 油淬,之后 440 加热 90 min 空冷。
注 2: 组织说明:白色铁素体部分为完全脱碳区,含有片状铁素体区为部分脱碳。
注 3: 图片放大 500 倍。

图 A.2 60Si2MnA 弹簧钢表面脱碳



- 注 1: 处理工艺:800 ℃保温 4 h,以 10 ℃/h 缓冷至 650 ℃,空冷。
注 2: 组织说明:白色铁素体部分为完全脱碳区,碳化物减少区为部分脱碳。
注 3: 图片放大 100 倍。

图 A.3 GCr15 表面脱碳的金相组织



注 1：组织说明：片状珠光体区域为部分脱碳。

注 2：图片放大 400 倍。

图 A.4 GCr15 表面脱碳的金相组织

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
钢的脱碳层深度测定法
GB/T 224—2019

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2019年6月第一版

*

书号: 155066 · 1-62876

版权专有 侵权必究



GB/T 224—2019

