



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 224—2008  
代替 GB/T 224—1987

## 钢的脱碳层深度测定法

Determination of depth of decarburization of steels

(ISO 3887:2003, MOD)

2008-08-05 发布

2009-04-01 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

本标准修改采用 ISO 3887:2003《钢——脱碳层深度的测定》，并根据 ASTM E 1077-01《钢样脱碳层深度测定的标准方法》，添加了取样要求和金相法评定参考照片。

为了便于使用，本标准还对 ISO 3887:2003 作了下列修改：

- a) “本国际标准”一词改为“本标准”；
- b) 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”；
- c) 引用标准中的国际标准采用相应的国家标准代替；
- d) 参考 ASTM E 1077 的内容，修改了“完全脱碳”的定义；
- e) 增加了不同规格样品的取样示意图；
- f) 硬度法中增加了洛氏硬度法；
- g) 增加了脱碳金相组织的照片作为资料性附录 A。

本标准代替 GB/T 224—1987《钢的脱碳层深度测定法》。

本标准与 GB/T 224—1987 的主要区别如下：

- a) 增加了“前言”和“规范性引用文件”；
- b) 对术语及定义作了修改，并增加了“完全脱碳”、“总脱碳层深度”、“有效脱碳层深度”的术语及定义和“典型脱碳示意图”；
- c) 增加了不同规格样品的取样示意图；
- d) 4.2.2“试样制备”推荐使用自动或半自动制样；
- e) 4.2.3.1“总脱碳层的测定”增加高倍数确定过渡层的方法；
- f) 增加了脱碳金相组织的照片作为参考附录；
- g) 第 5 章“试验报告”取消了 c) 中测量结果的百分数表示法。

本标准附录 A 为资料性附录。

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归口。

本标准起草单位：钢铁研究总院、冶金工业信息标准研究院。

本标准主要起草人：李继康、栾燕。

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。

## 钢的脱碳层深度测定法

### 1 范围

本标准规定了钢的脱碳层术语和定义、测定方法和试验报告等。

本标准规定的方法适用于测定钢材(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,其最新版本适用于本标准。

GB/T 230.1 金属洛氏硬度试验 第1部分:试验方法(A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T标尺)  
(GB/T 230.1—2004,ISO 6508-1:1999,MOD)

GB/T 1172 黑色金属硬度及强度换算值

GB/T 4340.1 金属维氏硬度试验 第1部分:试验方法(GB/T 4340.1—1999,eqv ISO 6507-1:1997)

GB/T 20126 非合金钢 低含碳量的测定 第2部分:感应炉(经预加热)内燃烧后的红外线吸收方法(GB/T 20126—2006,ISO 15349-2:1999,IDT)

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 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;
- b) 完全脱碳 complete decarburization,即钢样表层碳含量水平低于碳在铁素体中最大溶解度。

注: b)中所描述的完全脱碳层只有铁素体组织存在。

#### 3.2

**有效脱碳层深度 depth of functional decarburization**

从产品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**

从产品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。

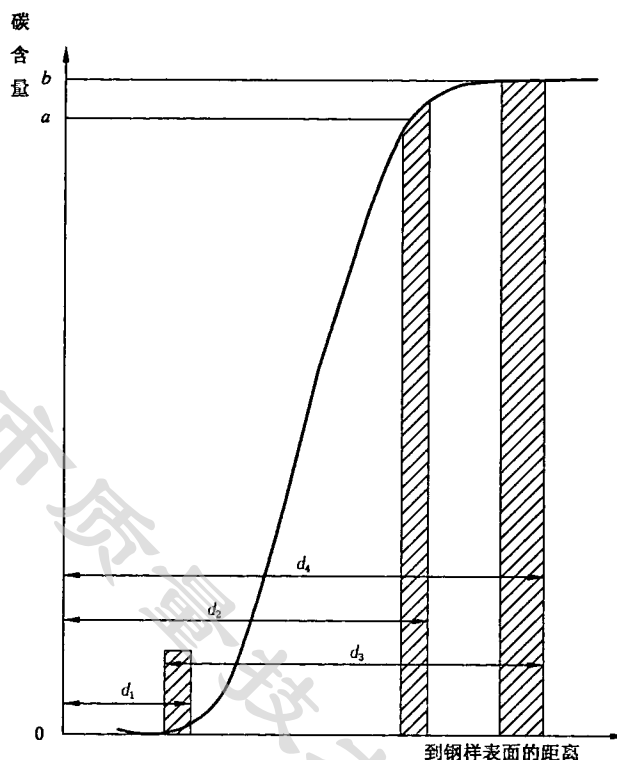
#### 3.4

**铁素体脱碳层深度 depth of ferrite decarburization**

表面完全脱碳层的深度。

注: 铁素体的脱碳层深度由显微组织检验确定。

不同的脱碳带如图1所示。



- $d_1$ ——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1: 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。

注2: 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。

图1 碳含量作为产品表面距离的函数:典型脱碳的示意图

## 4 测定方法

### 4.1 总则

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。

通常采用金相法(见4.2)、硬度法(见4.3)、化学法或光谱分析法测定碳含量(见4.4)的方法测定最终产品。各种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。无明确规定时采用金相法。

试样在供货状态下检验,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。

### 4.2 金相法

#### 4.2.1 总则

此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。

此方法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。

#### 4.2.2 试样的选取和制备

选取的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。

小试样(如公称直径不大于 25 mm 的圆钢或边长不大于 20 mm 的方钢)要检测整个周边。对大试样(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,可截取试样同一截面的一个或几个部位(可参考图 2~图 4),只要保证总检测周长不小于 35 mm 即可。但不要选取多边形产品的棱角处或脱碳极深的点。

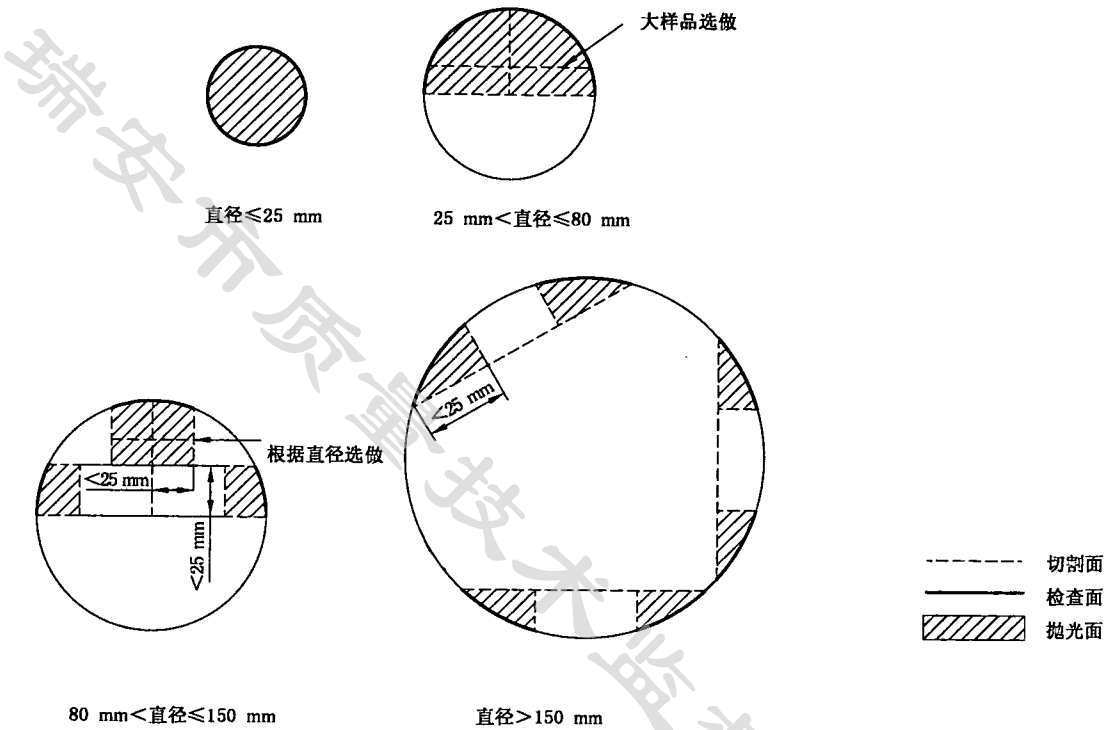


图 2 不同规格圆钢棒典型取样方法

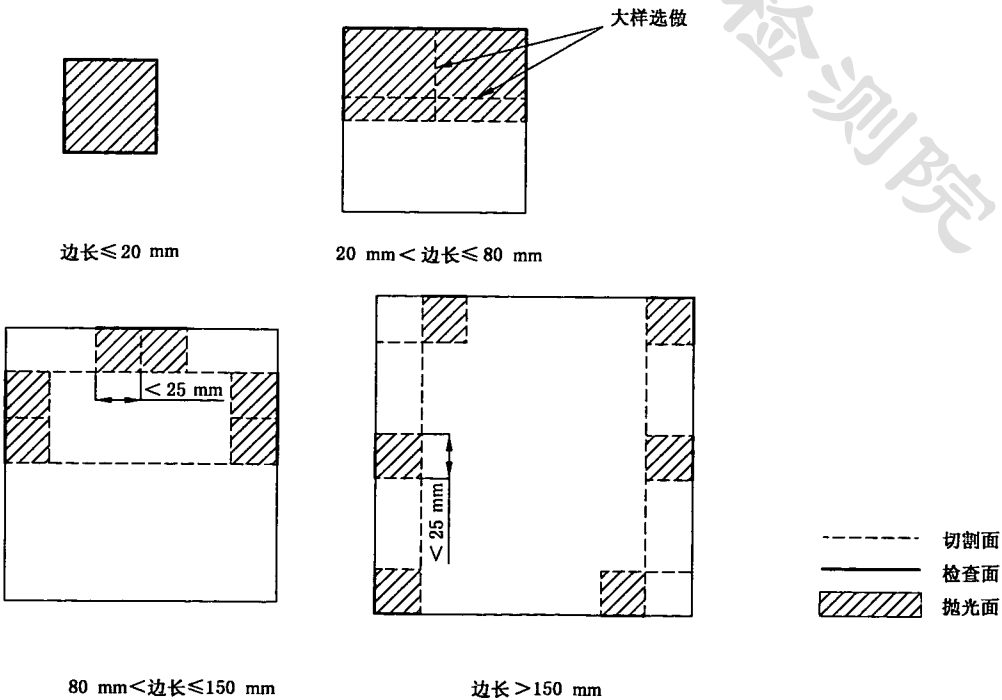


图 3 不同规格方钢典型取样方法

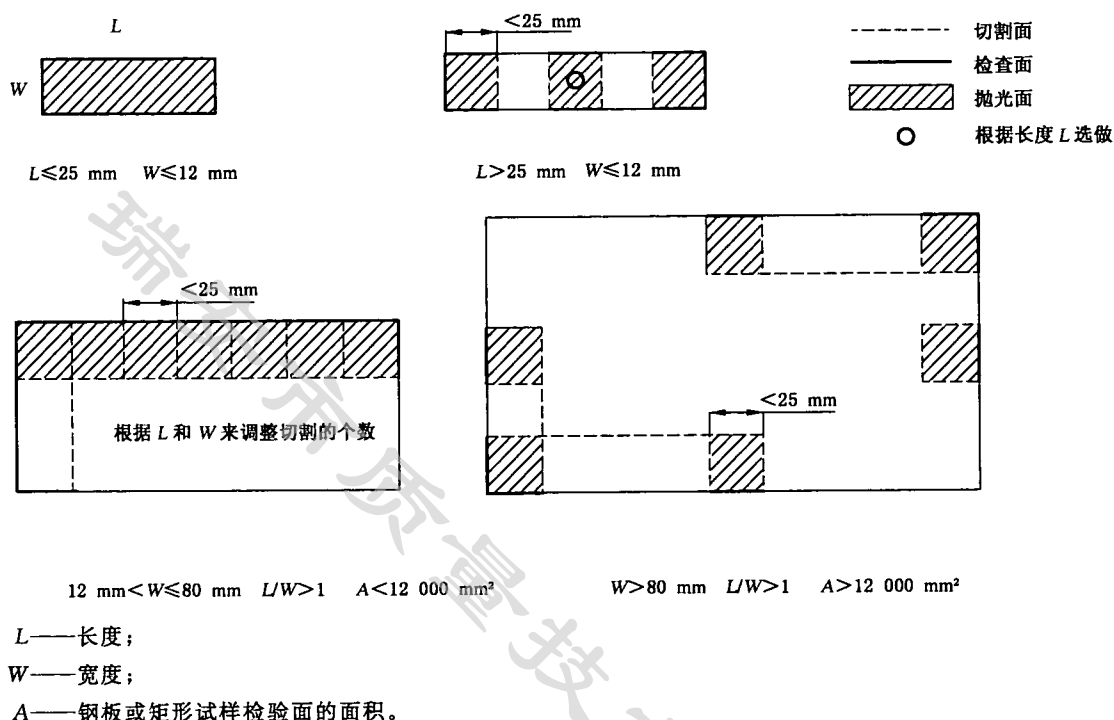


图 4 钢板和矩形钢材典型取样方法

试样按一般金相法进行磨制抛光,但试样边缘不允许有倒圆、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% 的硝酸酒精溶液或 2%~5% 的苦味酸酒精溶液浸蚀可显示钢的组织。

#### 4.2.3 测定

##### 4.2.3.1 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变化来区分的。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。

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。对每一试样,在最深的均匀脱碳区的一个显微视场内,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。如果产品标准或技术协议没有特殊规定,在测量时试样中脱碳极深的那些点要排除掉(但在试验记录中应注明缺陷)。

##### 4.2.3.2 完全脱碳层的测定

完全脱碳层的测定方法同 4.2.3.1。

##### 4.2.3.3 有效脱碳层的测定

有效脱碳层的测定方法同 4.2.3.1。有效脱碳层的判断由产品标准或有关各方协商确定。

##### 4.2.3.4 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举例参见附录 A。

### 4.3 硬度法

#### 4.3.1 显微(维氏)硬度测量方法

此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。

这种方法只适用于脱碳层相当深但和淬火区厚度相比却又很小的亚共析钢、共析钢和过共析钢,这样脱碳层完全在硬化区,避免淬火不完全引起的硬度波动。这种方法对低碳钢不准确。

##### 4.3.1.1 试样的选取和制备

试样的选取和制备与金相法(4.2.2)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。

##### 4.3.1.2 测定

测试方法按 GB/T 4340.1 规定进行。

为减少测量数据的分散性,要尽可能用大的载荷,原则上此载荷应在  $0.49\text{ N} \sim 4.9\text{ N}$  ( $50\text{ gf} \sim 500\text{ gf}$ ) 之间。压痕之间的距离至少应为压痕对角线长度的 2.5 倍。

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两组测定,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) 由试样边缘测至产品标准或技术协议规定的硬度值处;
- b) 由试样边缘测至硬度值平稳处;
- c) 由试样边缘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。

#### 4.3.2 洛氏硬度测量法

用洛氏硬度计测定时,对不允许有脱碳层的产品,直接在试样的原产品表面上测定,对允许有脱碳的样品,在去除允许脱碳层的面上测定。

洛氏硬度法根据 GB/T 230.1 测定洛氏硬度值 HRC,只用于判定产品是否合格。

#### 4.3.3 硬度值换算

根据 GB/T 1172 标准可进行硬度与强度的换算。

#### 4.4 测定碳含量法

此方法测定碳含量在垂直于试样表面方向上的分布梯度,它可用于钢的任何组织状态。

##### 4.4.1 化学分析法

本方法只适用于那些具有恰当的几何形状(圆柱体或具有平面体的多面体),并且其尺寸适合于容易机械加工,不需进行任何热处理的试样(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)。除非双方认可,本方法一般不适用于部分脱碳。

##### 4.4.1.1 试样的选取和试验

用机械加工的方法,平行于试样表面逐层剥取每层为  $0.1\text{ mm}$  厚的试屑。注意防止任何玷污,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 测定碳含量。

##### 4.4.2 光谱分析法

此方法只适用于那些具有合适尺寸的平面试样。

##### 4.4.2.1 试样的选择和试验

将平面试样逐层磨剥,每层间隔  $0.1\text{ mm}$ ,在每一层上进行碳的光谱测定。要设法使逐层的光谱火花放电区不重叠。

##### 4.4.3 试验结果的分析(化学分析法和光谱分析法)

用 4.4.1(化学分析法)和 4.4.2(光谱分析法)可以测定脱碳层深度。方法是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:

GB/T 224—2008

| 产品的公称碳含量       | 最大允许偏差      |
|----------------|-------------|
| $C < 0.6\%$    | $0.03\%C$   |
| $C \geq 0.6\%$ | 产品公称碳含量的 5% |

5 试验报告

试验报告推荐包括以下内容：

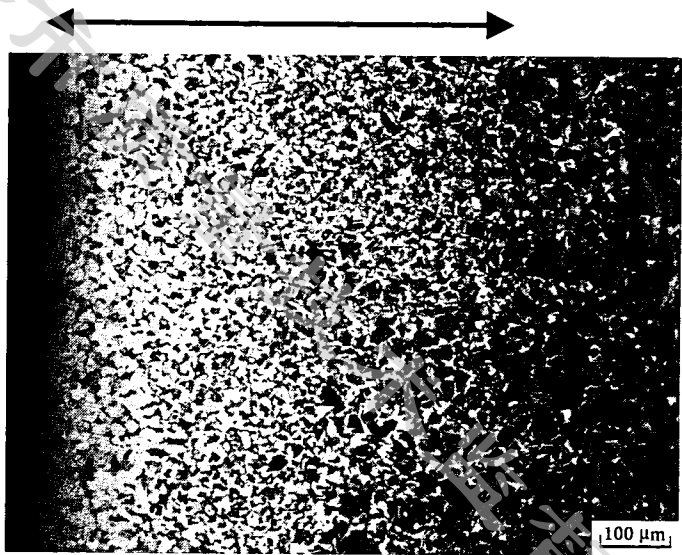
- a) 试样数量及取样部位；
- b) 测定方法；
- c) 脱碳层深度(以 mm 表示),精确到小数点后两位。



附录 A  
(资料性附录)

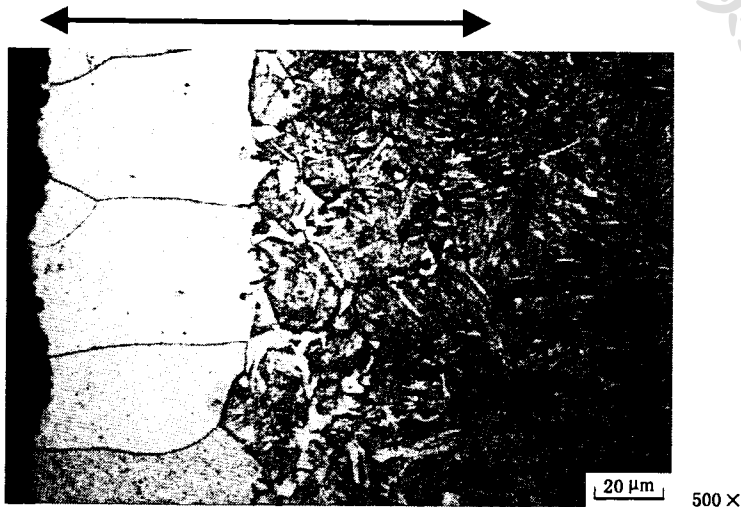
金相法测定脱碳层深度的典型组织照片举例

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);硬化组织或淬火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或出现片状珠光体区确定部分脱碳区(见图 A. 3)。图 A. 1~图 A. 3 中样品均为 2%硝酸酒精腐蚀,图中箭头标出的区域为脱碳层。



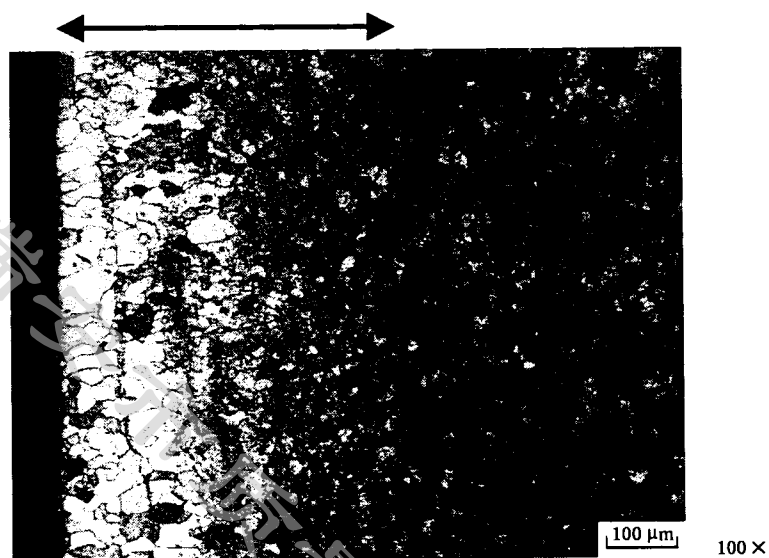
成分: C: 0.81%, Si: 0.18%, Mn: 0.33%; 处理工艺: 960 ℃ 加热 2.5 h 炉冷;  
组织说明: 珠光体减少区域为部分脱碳

图 A. 1 碳素钢表面脱碳 100 ×

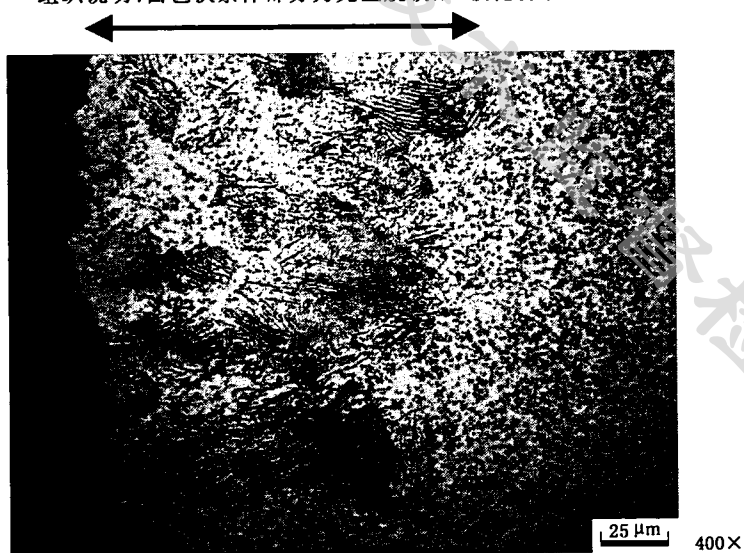


处理工艺: 先 870 ℃ 加热 20 min 油淬, 之后 440 加热 90 min 空冷;  
组织说明: 白色铁素体部分为完全脱碳区, 含有片状铁素体区为部分脱碳

图 A. 2 60Si2MnA 弹簧钢表面脱碳



处理工艺:800 ℃保温 4 h,以 10 ℃每小时缓冷至 650 ℃,空冷。  
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



组织说明:片状珠光体区域为部分脱碳  
图 A.3 GCr15 表面脱碳的金相组织