

中华人民共和国国家标准

GB/T 1954—2008
代替 GB/T 1954—1980

铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量 测量方法

Methods of measurement for ferrite content in austenitic
Cr-Ni stainless steel weld metals

(ISO 8249:2000, Welding—Determination of Ferrite Number(FN)in austenitic
and duplex ferrite-austenitic Cr-Ni stainless steel weld metals,MOD)

2008-06-26 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

目 次

前言	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语	1
4 磁性法	1
4.1 一般原则	1
4.2 焊条电弧焊熔敷金属的测量	1
4.3 其他熔敷金属试样的制备与测量	3
4.4 产品焊缝的测量	3
4.5 测量仪器的校准	3
5 金相法	4
5.1 试样制备	4
5.2 测量	5
5.3 金相标样图谱	7
6 测试报告	7
附录 A (资料性附录) 测试数据参考格式	11

前 言

本标准修改采用国际标准 ISO 8249:2000《奥氏体及铁素体-奥氏体 Cr-Ni 不锈钢焊缝金属铁素体数 FN 的测定》(英文版)。

为了保证标准的适用性,采用 ISO 8249:2000 时做了如下技术内容修改:

- 未引用国际标准中标准磁铁、标准磁性仪器、校准曲线等内容,直接使用了相关定义和规定;
- 增加了对产品测量的相关规定;
- 保留了 GB/T 1954—1980 中金相法测量方法。

本标准是对 GB/T 1954—1980《铬镍奥氏体不锈钢缝铁素体含量测量方法》的修订。与 GB/T 1954—1980 相比主要技术内容变化如下:

- 增加了磁性法部分试样的制备、产品测量的规定;
- 修改了对仪器校准的规定;
- 增加了奥氏体-铁素体不锈钢的内容;
- 增加了测试报告的规定,取消了仲裁试验章节;
- 附录 A 提供测试数据参考格式。

本标准自实施之日起,代替 GB/T 1954—1980。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由全国焊接标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位:哈尔滨焊接研究所、天津大桥焊材集团有限公司、天津市金桥焊材集团有限公司、安泰科技股份有限公司。

本标准主要起草人:孙少凡、宋毓璞、侯来昌、李箕福。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 1954—1980。

铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量 测量方法

1 范围

本标准规定了铁素体含量的测量方法。

本标准适用于奥氏体型、奥氏体-铁素体型铬镍不锈钢焊缝金属。

本标准规定的磁性法不适用于奥氏体不锈钢铸件和锻件。

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 20878 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分。

3 术语

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

铁素体 ferrite

直接由液态金属凝固结晶而形成的高温铁素体，并被保留到室温。

3.2

铁素体数 Ferrite Number(FN)

人为选定用来表示奥氏体不锈钢、铁素体-奥氏体不锈钢焊缝金属铁素体含量的标准化数值。

3.3

一级标样 primary standard

在含碳量低于0.18%碳钢基体上制作一层精确的非磁性涂层标样，非磁性涂层材料是铜制作，并镀硬铬、抛光。每个标样上标识出国际通用的某一当量磁性焊缝金属的FN值。适用于马格尼仪(Magne-Gage)等标准磁吸引力原理测量仪器的校准。

3.4

二级标样 secondary standard

按标准规程制成的焊接熔敷金属或类似熔敷金属组织的试样。用一级标样校准的马格尼仪确定每个试样的FN值，用于磁性法铁素体测量仪器周期性校准。

4 磁性法

4.1 一般原则

应采用以磁吸引力或导磁率原理的铁素体测量仪器进行测量。以测量的铁素体数FN表示奥氏体不锈钢、奥氏体-铁素体不锈钢焊缝金属中的铁素体含量。

4.2 焊条电弧焊熔敷金属的测量

4.2.1 试样制备

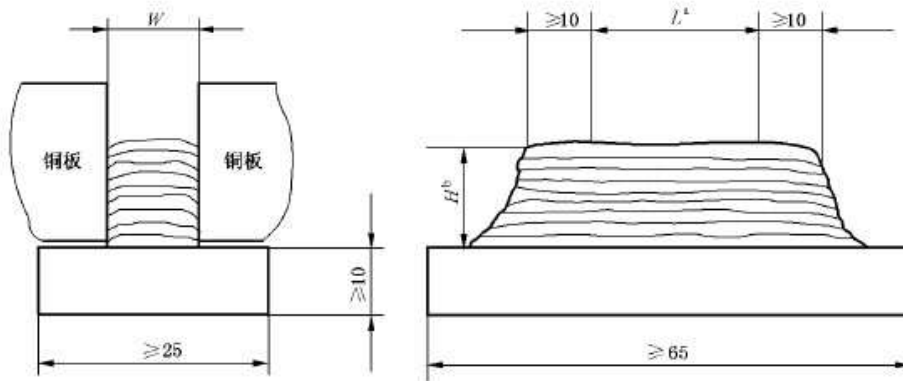
a) 按图1所示的形状和尺寸在基板上用被测焊条堆焊试样。堆焊时可在基板上平行摆放两条

GB/T 1954—2008

铜板。

- b) 堆焊层最小高度 H 为 13 mm(见图 1 注 b)。焊条直径 ≥ 4.0 mm 时,每一堆焊层应由单焊道组成。焊条直径 < 4.0 mm 时,焊道宽度应不大于 3 倍焊芯直径。每一堆焊层应由两道或更多焊道组成。焊接时不允许电弧接触铜板。
- c) 焊接电流按表 1 的规定,应在焊层的首端和尾端起弧、灭弧。每焊完一焊道后改变焊接方向。
- d) 焊完每一焊道 20 s 后用水冷,道间温度应不大于 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。最上面一层焊道在水冷之前应先空冷到 $425\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下。
- e) 每一焊道应清理干净之后才能堆焊下一焊道。
- f) 最上面一层由单焊道组成,宽度不大于 3 倍焊芯直径。
- g) 奥氏体不锈钢($\text{FN}<30$)堆焊层用粗牙板锉把堆焊表面锉平,不应采用机械冷加工¹⁾,锉刀轴线应与焊道长度方向垂直,锉刀施加压力时平稳向前推进,使锉磨的表面沿焊道长度方向延伸,不应交叉锉磨焊道。

单位为毫米



铜板尺寸:70 mm×25 mm×25 mm

^a 在此范围内测量铁素体含量。

^b 基板是 Cr-Ni 奥氏体不锈钢时,钢号 06Cr19Ni10a 或 02Cr19Ni10a(见 GB/T 20878),堆焊层最小高度 H 为 13 mm;基板也可采用低碳钢(C-Mn 钢),此时堆焊层最小高度 H 为 18 mm。

图 1 用于测量铁素体的焊接试样

表 1 焊接规范和堆焊尺寸

焊条直径/ mm	焊接电流 ^a / A	堆焊尺寸/mm	
		宽度 W	长度 L
1.6	35~45	12.5	30
2.0	45~55	12.5	30
2.5	65~75	12.5	40
3.2	90~100	12.5	40
4.0	120~140	12.5	40
5.0	165~180	15	40
6.3	240~260	18	40

^a 也可采用焊条制造厂推荐的最大电流值的 90%。

双相不锈钢($\text{FN}>30$)的堆焊表面允许先用砂轮打磨,最后直到用 600 目或更细的磨料磨光,打磨时要小心避免过力产生过热现象。

1) 机械冷加工会产生马氏体,马氏体的导磁性会对铁素体测量带来影响。

锉磨后的表面应平整光滑,无焊接波纹,该表面沿焊道长度方向应是连续的,宽度不小于 5 mm。

4.2.2 测量

在锉磨后的表面沿焊道长度方向不同的位置至少测取 6 个读数。在测量过程中注意不应有振动,测头应接触测试面并保持垂直。 $FN \leq 20$ 的堆焊层,每个测量位置取 5 个读数的平均值作为测试结果; $FN > 20$ 时,每个测量位置测取 5 次读数中最大的值作为测试结果。至少 6 个测量位置的平均值作为该试样的测量结果。

4.3 其他熔敷金属试样的制备与测量

其他熔敷金属试样的制备与测量,可参照上述焊条电弧焊的有关规定进行。埋弧焊、药芯焊丝堆焊等,在制备这样的试样时,试样的长度,宽度都应增加。两侧的铜板可视工艺特点放置。任何其他焊接工艺方法,试样至少应焊 6 层,最上面一层为单焊道。测量应沿焊道的中心线进行。一般情况下,焊接试样的制备和测量应尽可能符合 4.2 规定。

4.4 产品焊缝的测量

4.4.1 测量产品焊缝和堆焊金属可从产品提供检验用的焊接试件上取样或直接测量,也可以直接在产品的焊缝或堆焊层上测量。测量仪器应符合 4.5 的规定,测量程序应符合 4.2 的规定。

4.4.2 测量产品焊缝和堆焊金属时,其测量部位应按产品技术条件规定或由协议双方商定。通常被测表面应磨平。若焊缝表面加工能引起抗腐蚀或其他特定性能变化而影响产品质量时,则这类产品的焊缝(包括堆焊金属)在测量时表面是否磨平由协议双方商定。在选定的测量部位每隔 5 mm~10 mm 取一个测量点,测量按 4.2.2 规定进行。

4.4.3 对于长焊缝和大面积堆焊,应按一定比例抽测。抽测的比例和部位由协议双方商定。抽测的部位应具有代表性。测量点应均匀地分布在所选定的测量部位范围内。当更换焊接操作人员、改变焊接参数、改变板厚或改变冷却条件时,均应及时地重新测量。

4.4.4 根据技术条件要求测量过渡层时,则应以其最外层两焊道搭接区作为测量部位。

4.4.5 测量过程中如发现铁素体分布很不均匀,应在测量结果中分别给出平均值、最高值和最低值及其部位。

4.4.6 测量时应保证排除仪器附近的强磁性物质对测量结果的影响,如低碳钢和铸铁等。对标准磁铁仪器而言,测量时周围的铁磁性物质距离测头应在 18 mm 之外,其他类型的探头式仪器应根据仪器要求的距铁磁性物质的最小距离操作。

测量复合板的不锈层焊缝和较薄的不锈钢堆焊层时(层厚 < 5 mm)要谨慎,要了解仪器测头的敏感深度,避免对正确测量结果带来的影响。

4.5 测量仪器的校准

铁素体测量仪器及仪器上自带的校准块应定期(通常不超过一年)用马格尼仪或二级标样校准。使用的仪器每一测量范围(见表 2)中应有一个校准点。测量仪器对每一范围的标样上同一测量点的 5 次测量平均值应符合表 2 规定。

仪器在使用之前,应由使用者先用仪器上附带的校准块校准。

表 2 校准的最大允差

范 围	与指定标样的最大允差
$0 < FN \leq 4$	± 0.5
$4 < FN \leq 10$	± 0.5
$10 < FN \leq 16$	± 0.6
$16 < FN \leq 25$	± 0.8
$25 < FN \leq 50$	标样值 FN 的 $\pm 5\%$
$50 < FN \leq 110$	标样值 FN 的 $\pm 8\%$

5 金相法

5.1 试样制备

5.1.1 焊缝金属是从产品上所带的供检验用的试板上至少取6个金相试样。

5.1.2 堆焊金属是在厚度12 mm~16 mm的钢板上如图2所示进行平焊位置堆焊至少5层,每道焊缝宽度不大于焊芯直径4倍。堆焊金属顶面尺寸应不小于20 mm×100 mm,道间温度冷至100℃左右方可开始下道焊接。最后焊道应在焊缝中央。不允许在堆焊金属有效长度之内起弧和灭弧。

单位为毫米

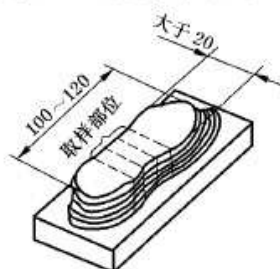


图2 堆焊供测量用试板及取样部位示意图

5.1.3 从焊缝金属或堆焊金属长度方向中段切取金相试样尺寸10 mm~20 mm,垂直于焊接方向的横断面是金相观测面,不应在起弧和灭弧处取样。

5.1.4 金相试样的观测面按常规金相操作进行研磨和抛光。机械抛光应以能得到基本上不存在金属表面紊乱层的光洁镜面为原则。电解抛光则以得到无任何磨痕和不损害铁素体的完整性为准。推荐的电解液成分、规范和操作要点见表3。

5.1.5 抛光后的试样磨面,可用化学方法或电解浸蚀方法显示铁素体。推荐的试剂种类、成分、规范见表4和表5。不论采用何种方法显示铁素体,均应以能完整、真实、清晰地显现出铁素体的轮廓为准,不应有浸蚀不足或浸蚀过度现象。

表3 电解抛光液

编号	成分	电流密度/ (A/cm ²)	电压/ V	温度/ ℃	时间/ min	备注
1	磷酸 48 甘油 50 水 2 (重量百分比)	1~8		70~80	1~3	铅做阴极。阴-阳极面积之比不小于5。 溶液用久发黑后,温度应提高到100℃~120℃
2	磷酸 57 甘油 43 (体积百分比)	5~6		70~80	0.3~2.0	铅做阴极。阴-阳极面积之比不小于5。 溶液用久发黑后,温度应提高到100℃~120℃
3	过氧酸 20 乙醇 70 甘油 10 (体积百分比)		40~60	室温	10~26 s	铂做阴极。使用时注意乙醇挥发,引起氯酸浓缩爆炸。反应强烈,要求操作迅速准确
4	硫酸 30 磷酸 45 铬酐(10%)25 (体积百分比)	4~6		60~70	0.5~5.0	铅做阴极。操作得当,可同时完成抛光与浸蚀过程,铁素体清晰地显示出来

表4 化学浸蚀剂

编号	成分	备注
1	氯化高铁 5 g 盐酸 50 mL 水 100 mL	擦拭方法,1~3 s即可
2	硫酸铜 4 g 盐酸 20 mL 水(或乙醇) 100 mL	用棉花擦拭。 对于铁素体含量较高的试样磨面,建议用乙醇,以防止试样表面氧化
3	氯化铜 1 g 盐酸 100 mL 乙醇(或水) 100 mL	该试剂对碳化物作用缓慢铁素体优先显现出来。适用于有一定量碳化物析出情况

表5 电解浸蚀剂

编号	成分	电流密度/ (A/cm ²)	时间/ s	备注
1	铬酐 10 g 水 100 mL	0.03~0.1	10~20	不锈钢做阴极,试件为阳极。最好使用新配制的试剂
2	草酸 10 g 水 100 mL	0.05~0.1	20~60	不锈钢做阴极,试件做阳极。最好使用新配制的试剂
3	盐酸 10 mL 乙醇 100 mL	0.05~0.1	10~20	不锈钢做阴极,试件为阳极。最好使用新配制的试剂

5.2 测量

5.2.1 用金相割线法测量铁素体体积百分比。

在显微镜放大倍数不小于500倍的情况下,用带有100个刻度(格)的测微目镜或有100个分度的目镜片上的分度直尺(线)切割到的相对量(占100个格中的多少格),所得数值即为该视场内铁素体的相对含量,如图3所示。移动载物台,变更视场位置,可以选测任意的视场数目,一般只须选择不少于10个有代表性视场²⁾,取其平均值作为该试样中铁素体的平均含量,按式(1)计算:

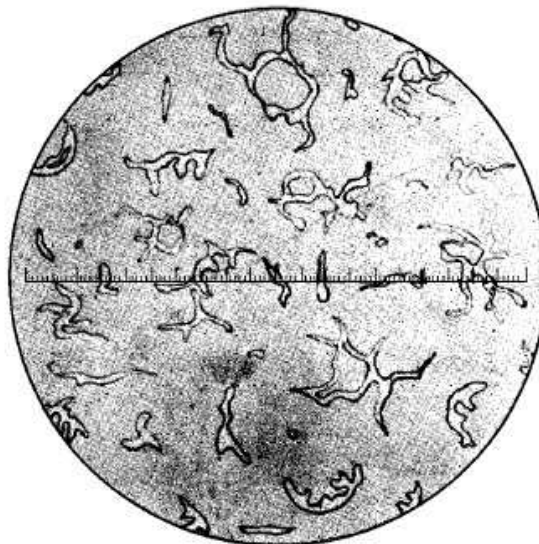


图3 割线法测量示意图,测得数值为14格(14%)

2) 代表性视场系指均匀分布在测量部位的区域内,铁素体分布较均匀的视场(零除外)。

$$\phi = \frac{\sum_{i=1}^d P_i}{d} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

ϕ ——铁素体含量平均值;

d ——选测的视场数目;

P_i ——第 i 个视场内切割到的铁素体占据直尺格数。

示例:

场次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
每个视场内切割到铁素体占有的格数	24.5	31.0	27.5	40.0	17.3	18.0	37.7	41.0	23.0	20.0

则: $\phi = \frac{24.5+31.0+27.5+40.0+17.3+18.0+37.7+41.0+23.0+20.0}{10} \times 100\% = 28\%$

在一个视场内,铁素体分布不均匀时,须将测微目镜的直尺沿水平和垂直方向各测量一次,取平均值作为该视场内平均格数。当铁素体在视场内呈明显的方向性分布时,则将直尺与此方向成 45°角测量一次即可。

5.2.2 对单面焊缝,一般以其大面最外层焊道中部横断面作为测量部位,双面焊缝则以两个大面最外层焊道中部横断面作为测量部位如图 4 所示。

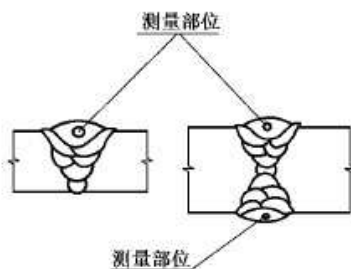


图 4 焊接接头测量部位

5.2.3 堆焊金属应以其最外层中部断面作为测量部位(如图 5 所示)。

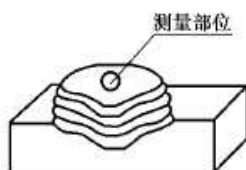


图 5 堆焊金属测量部位

大面积堆焊有过渡层时,根据技术条件测量过渡层的铁素体含量,则以其最外层两焊道搭接处作为测量部位。

如需要,经双方协商可对某层、某部位或逐层进行测量。

5.2.4 一般情况下,取三个金相试样,每个试样都测 10 个以上有代表性视场,取平均值作为该试样测量结果。再以三个试样测量结果的平均值作为最后结果。

5.2.5 对双面焊缝,以两个大面的平均值作为测量结果。如有特殊要求,可列出每一大面平均含量。

5.2.6 经双方协议决定对某层、某部位或逐层进行测量时,均以 10 个以上有代表性视场平均值作为测量结果。

5.2.7 如果在测量过程中发现铁素体分布特别不均匀,则在测量结果中应给出平均含量、最高含量和

最低含量,并加以说明。

5.3 金相标样图谱

5.3.1 金相标样图谱属于近似的或半定量的金相方法,只能给出铁素体含量的大致含量范围。本标准附有两组金相标样图谱(焊条电弧焊焊缝 500 倍和 1 000 倍各一组)供比较筛选试验、中间近似测量及其他半定量试验时用(见图 6 和图 7)。

5.3.2 用金相标样图谱测量铁素体含量时,其试样数量、试样制备、测量部位和测量结果评定等均与前述割线法的有关规定相同。

6 测试报告

测试报告应包括如下内容,格式参照附录 A:

- a) 测量方法;
- b) 焊接材料型号;
- c) 焊接材料规格;
- d) 数量[FN 或铁素体百分比(%)];
- e) 测量值。

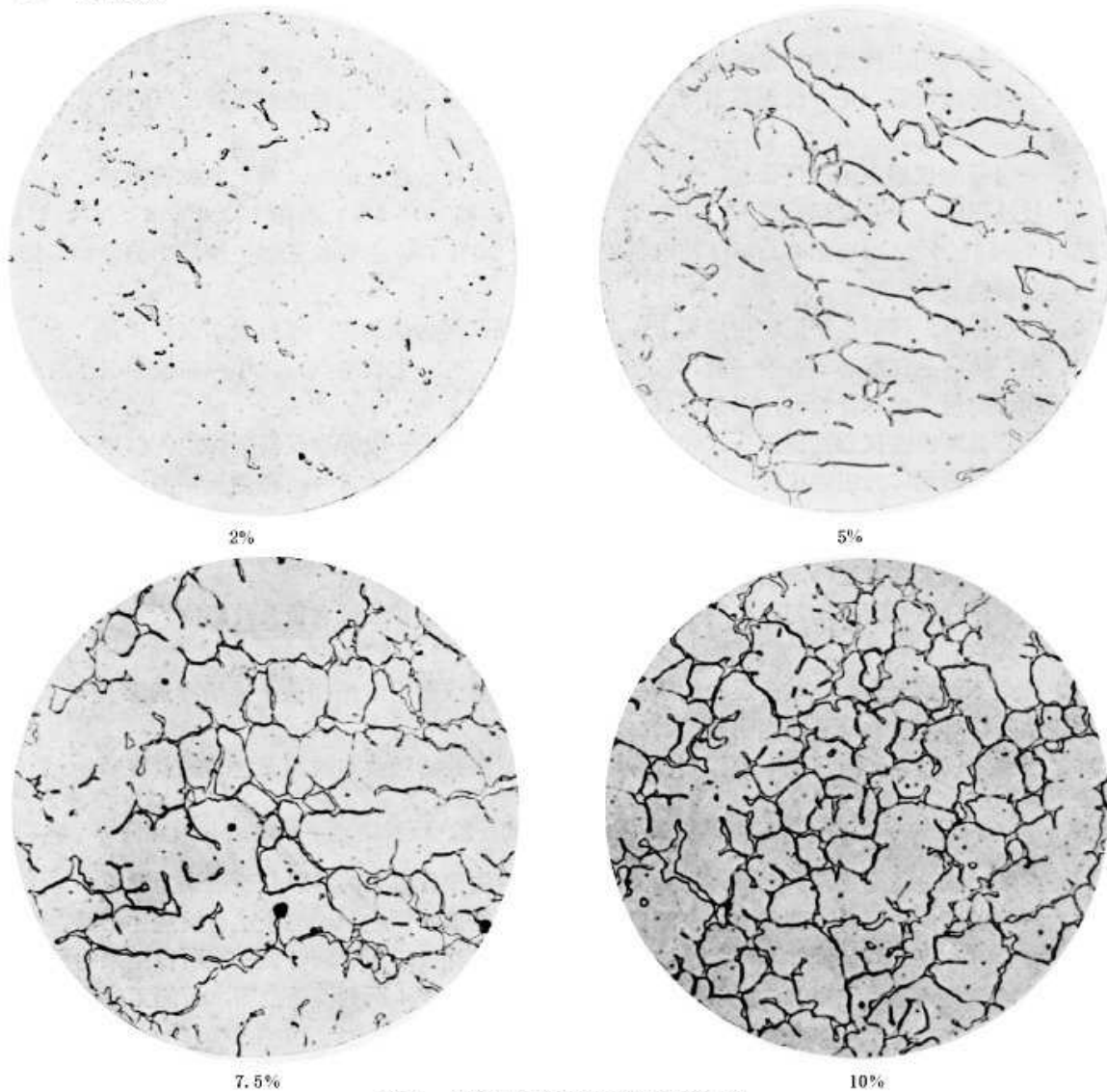


图6 焊条电弧焊焊缝×500倍

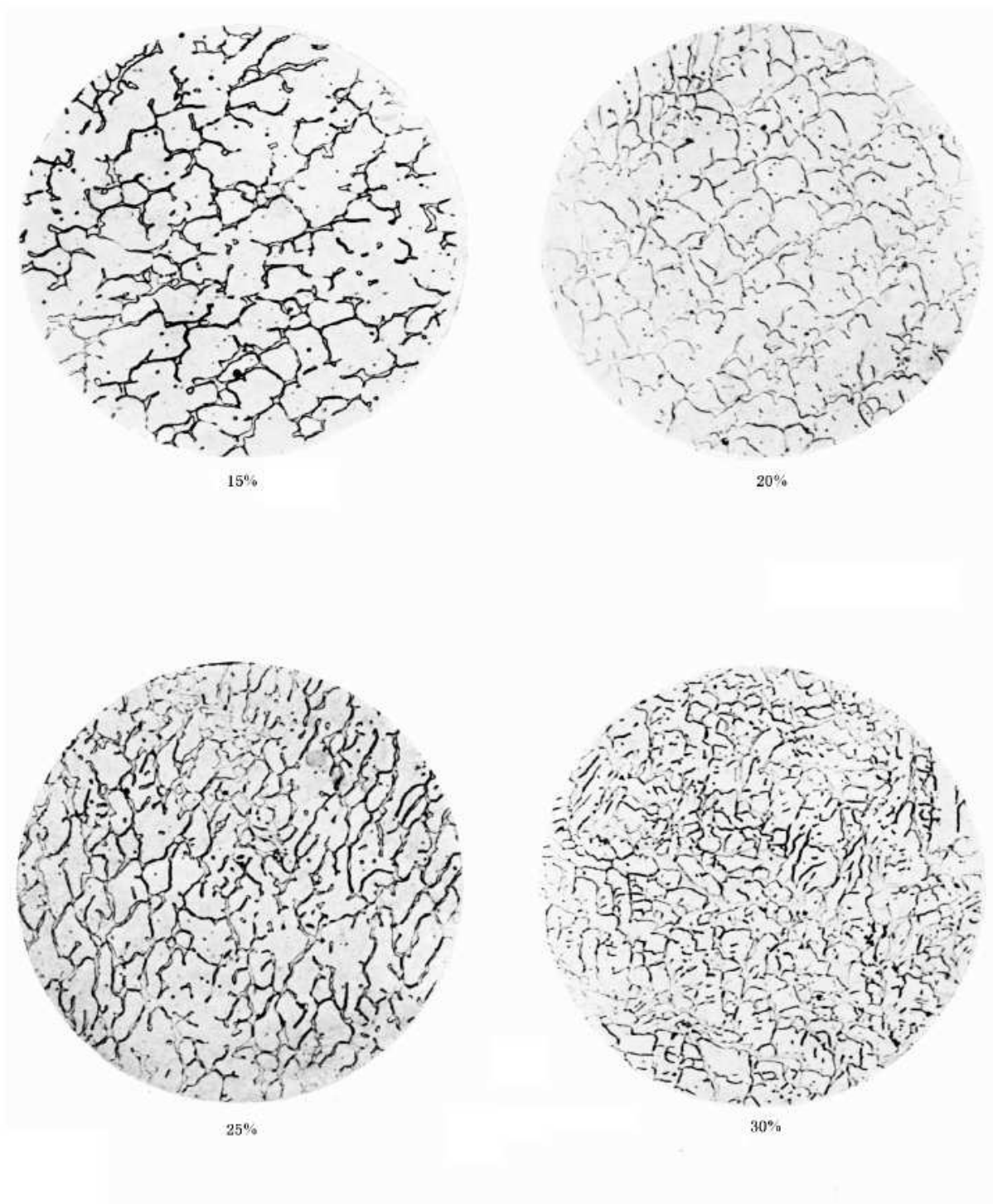
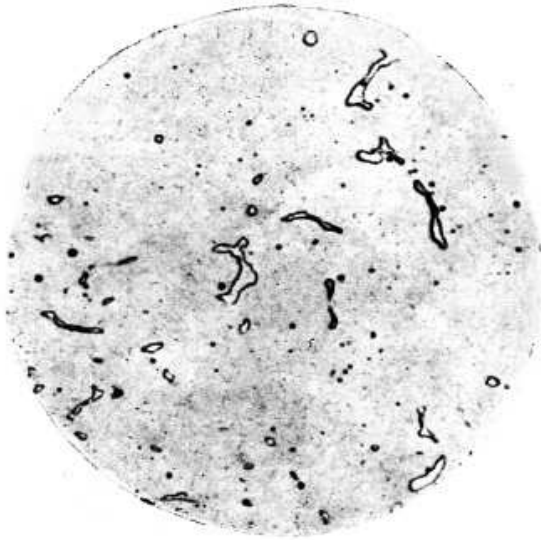


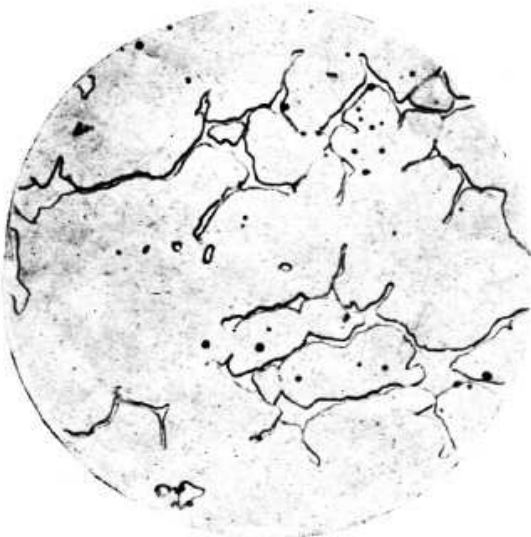
图 6 (续)



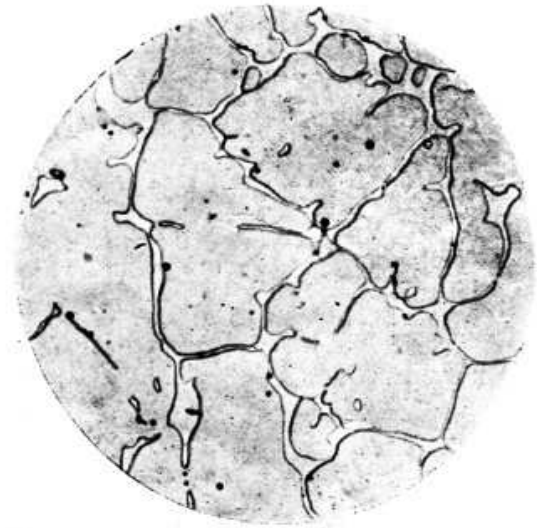
2%



5%

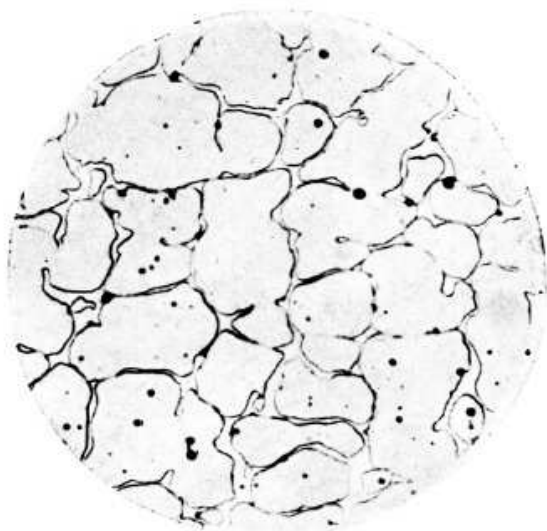


7.5%

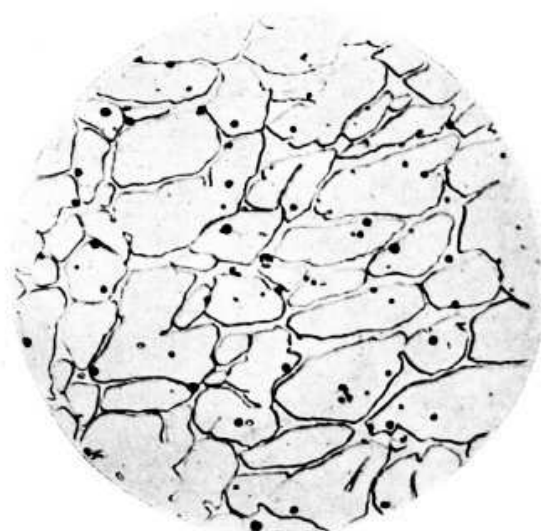


10%

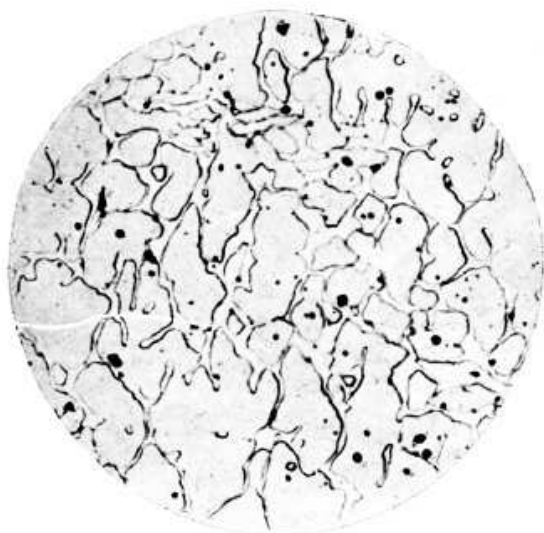
图7 焊条电弧焊焊缝×1 000 倍



15%



20%



25%



30%

图 7 (续)

附 录 A
(资料性附录)
测试数据参考格式

下面给出的是测试报告数据页格式,供参考。

焊缝铁素体测试数据

No

共 页 第 页

产品名称		型号		规格	
测量方法		测 试 结 果			
测试位置		<input type="checkbox"/> FN <input type="checkbox"/> %			
试件 1:	测试数据(10点):				
	1	2	3	4	5
	6	7	8	9	10
测试平均值:					
试件 2:	测试数据(10点):				
	1	2	3	4	5
	6	7	8	9	10
测试平均值:					
试件 3:	测试数据(10点):				
	1	2	3	4	5
	6	7	8	9	10
测试平均值:					
检测 仪器	名 称	型 号	生 产 单 位		编 号
备注					

检验人:

审核:

年 月 日

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量
测量方法

GB/T 1954—2008

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 24 千字
2008年11月第一版 2008年11月第一次印刷

*

书号: 155066·1-33887



GB/T 1954-2008