

ICS 27.120.30
F 46



中华人民共和国国家标准

GB/T 11809—1998

压水堆核燃料棒焊缝金相检验

Metallographic examination for weld
seam of nuclear fuel rod used in PWR

1998-03-20 发布

1998-09-01 实施

国家技术监督局 发布

前 言

本标准规定了压水堆核燃料棒焊缝金相检验方法,以取代 GB 11809—89《核燃料棒焊缝金相检验》,本标准对 GB 11809—89 中 5.2 条制样方法作了部分修改,同时增加了有效熔深值的测定方法,保证了熔深测量的准确性。

本标准从生效之日起代替 GB 11809—89。

本标准由中国核工业总公司提出。

本标准由中国核工业总公司标准化所归口。

本标准起草单位:国营八一二厂。

本标准主要起草人:张柯。

中华人民共和国国家标准

GB/T 11809—1998

压水堆核燃料棒焊缝金相检验

代替 GB 11809—89

Metallographic examination for weld
seam of nuclear fuel rod used in PWR

1 范围

本标准规定了核燃料棒焊缝金相检验方法。

本标准适用于锆合金(Zr-2,Zr-4)包壳管燃料棒环焊缝和堵孔焊点熔深及缺陷的金相检验,也适用于焊缝熔化区、热影响区及基体的金相组织检查。燃料组件中锆合金导向管环焊缝金相缺陷检验及熔深检验也可参考本标准的规定执行。

2 符号及定义

本标准采用下列符号及定义:

环焊缝熔深 $S_{\text{环}}$ penetration of the ring welding

包壳管与端塞焊接熔合厚度,单位:mm(见图1)。

堵孔焊熔深 $S_{\text{堵}}$ penetration of the seal welding

堵孔焊沿中心轴线方向测得的最小熔合厚度,单位:mm(见图2)。

壁厚 G thickness of the tube

包壳管管壁厚度,单位:mm(见图1)。

熔化区深度 $P_{\text{环}}$ depth of the melted zone

包壳管与端塞焊接熔化区最大深度,单位:mm(见图1)。

堵孔焊厚度 $P_{\text{堵}}$ thickness of the seal welding

堵孔焊熔合最小厚度,单位:mm(见图2)。

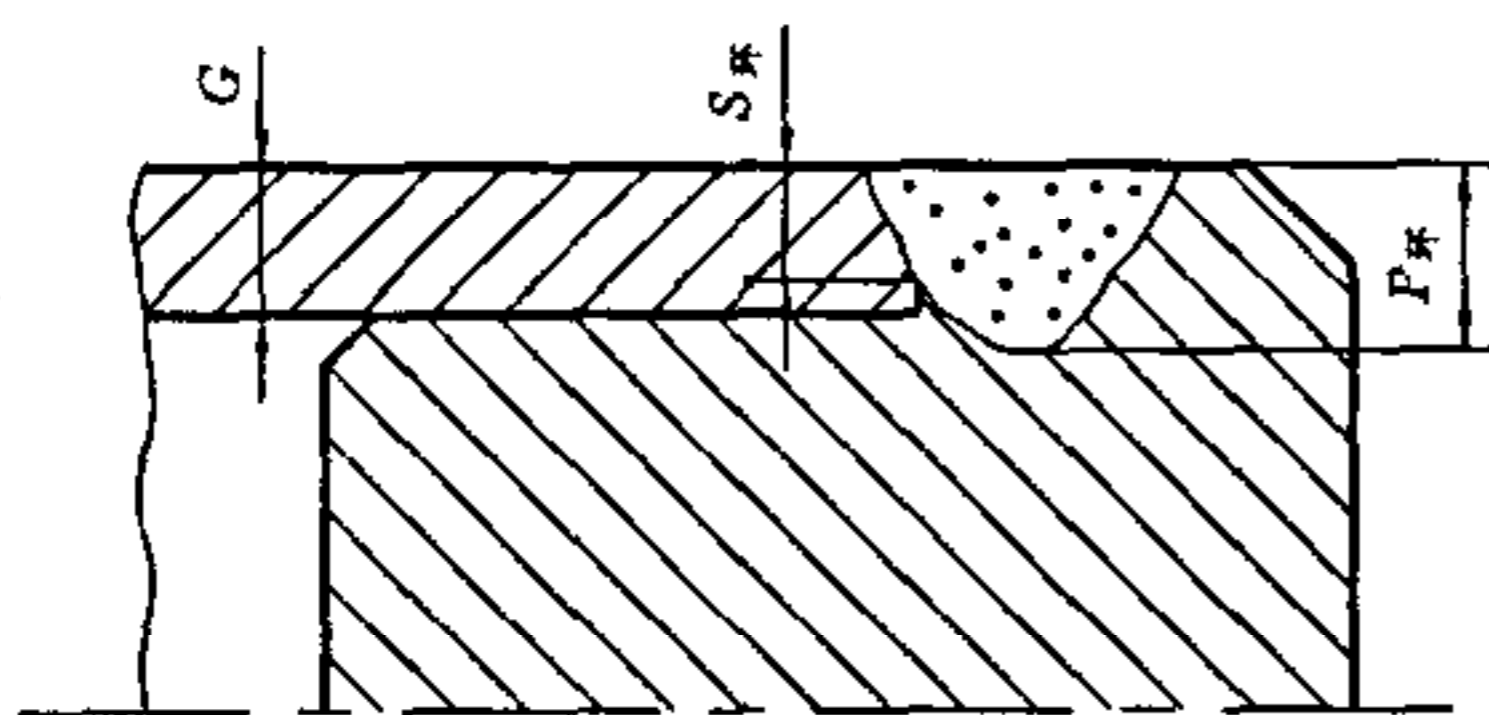
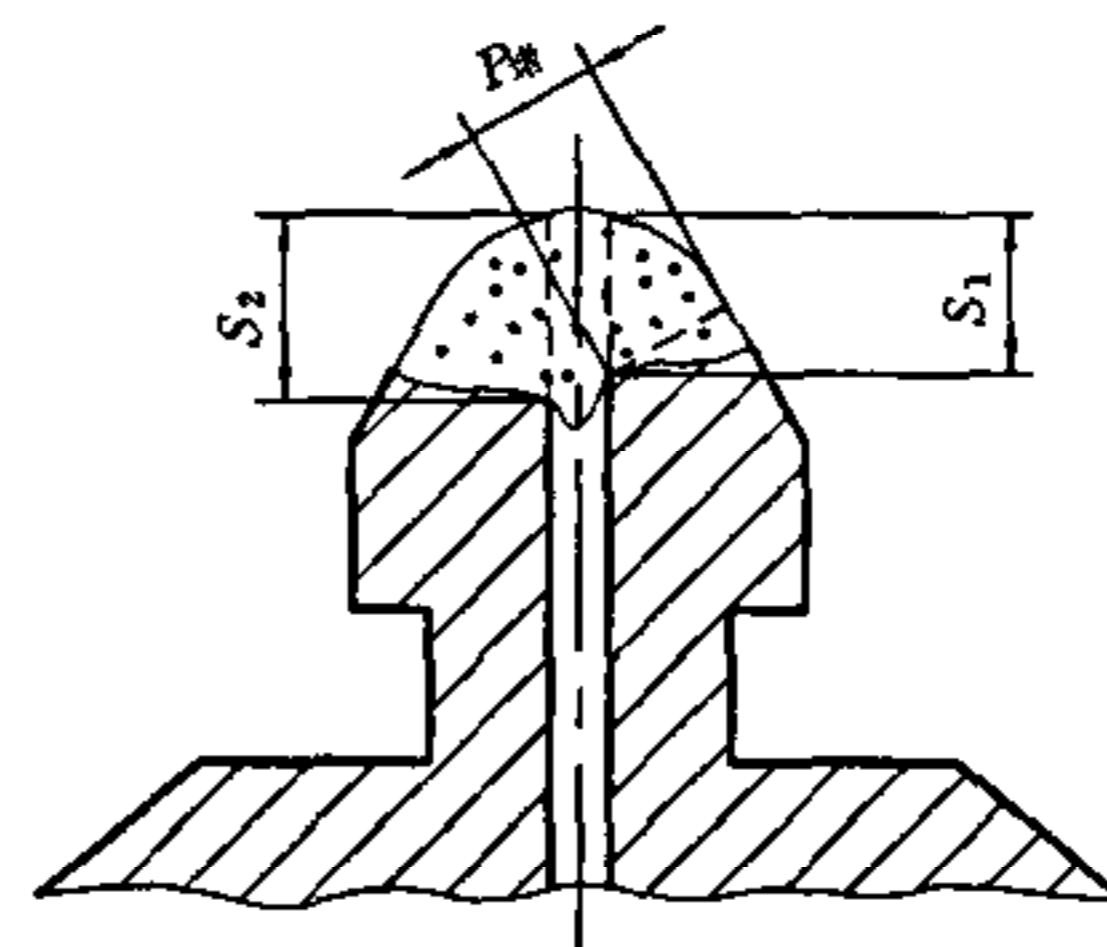


图1 环焊缝测量参数定义



$$S_{\text{堵}} = \min\{S_1, S_2\}$$

图2 堵孔焊测量参数定义

有效熔深 S' least thickness of sound part of weld zone

环焊缝中排除缺陷影响后包壳管与端塞熔合处的焊接最小熔合厚度,单位:mm。

气胀 undercut

由于焊接气体或其他原因造成包壳管管壁咬边的现象。

3 方法原理

3.1 薄膜浸蚀法

薄膜浸蚀法也称薄膜染色法。试样经选定的薄膜浸蚀剂浸蚀之后,由于浸蚀剂与磨面上各组织化学作用的结果,磨面上形成一层厚薄不均的化学反应沉积物覆盖在各组织上,在白色光的照射下,引起了光的干涉现象。在焊缝熔化区覆盖的较浅颜色的沉积物与较深颜色基体形成明显的界限,用肉眼或读数显微镜均能清晰地分辨和测量。

3.2 化学浸蚀法

化学浸蚀法是选定适当的化学浸蚀液,对已抛光的检验面进行浸蚀。其浸蚀过程是一个化学溶解过程。浸蚀剂首先把磨面表层的非晶形层溶去,接着就对晶界起化学溶解作用,继续浸蚀,浸蚀剂将对晶粒起溶解作用,由于磨面上每个晶粒的位向不同,溶解速度各异。浸蚀后,每个晶粒将露出原子最密排面,并与磨面形成不同的角度。在显微镜垂直光线照射下,将显示出明暗不一的晶粒组织。

3.3 热染法

热染法用于检验燃料棒焊缝的熔化区,热影响区及基体组织(简称三区组织)。

热染法是置抛光好的试样于 500℃ 空气中加热,使磨面形成一层氧化膜,在同一温度下由于晶粒位向的差异,氧化能力高低各异,致使不同晶粒形成氧化膜厚度不一,靠白色光在氧化膜之间产生干涉而显示出不同色彩的晶粒组织。

4 试剂

- 4.1 草酸($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$):化学纯。
- 4.2 硝酸(HNO_3):65%~68%,化学纯。
- 4.3 氢氟酸(HF):40%,化学纯。
- 4.4 乙二醇($\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$):分析纯。
- 4.5 去离子水:电阻率 $\geq 1 \times 10^3 \Omega \cdot \text{m}$ 。
- 4.6 抛光液:硝酸(4.2)45 mL 加氢氟酸(4.3)10 mL 加水(4.5)45 mL。
- 4.7 抛光磨料: Cr_2O_3 粉。也可采用粒度为 5 μm 的其他抛光磨料。
- 4.8 薄膜浸蚀剂:过饱和草酸水溶液与氢氟酸(4.3)体积比为 4:1。
- 4.9 化学浸蚀剂:乙二醇(4.4)20 mL 加硝酸(4.2)15 mL 加氢氟酸(4.3)10 mL 加去离子水(4.5)70 mL。
- 4.10 镶样树脂:EPOFIX 环氧树脂与硬化剂的重量比为 5:1,也可采用其他镶样材料。

5 仪器及设备

- 5.1 金相试样抛光机:50~500 r/min。
- 5.2 马弗炉:最高温度 900℃。
- 5.3 读数显微镜:放大倍数 30 倍,测微尺分度值 0.01 mm。
- 5.4 金相显微镜:放大倍数 30~1 200 倍。
- 5.5 宏观翻拍仪:放大倍数 0.5~30 倍。
- 5.6 镶样模具:塑料或不锈钢管 $\phi 25 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ 。

6 检验方法

6.1 取样

6.1.1 上端塞环焊缝及堵孔焊试样

用线切割或机械加工方法取样品长 18 mm, 然后沿 A-A 面剖开(见图 3)。

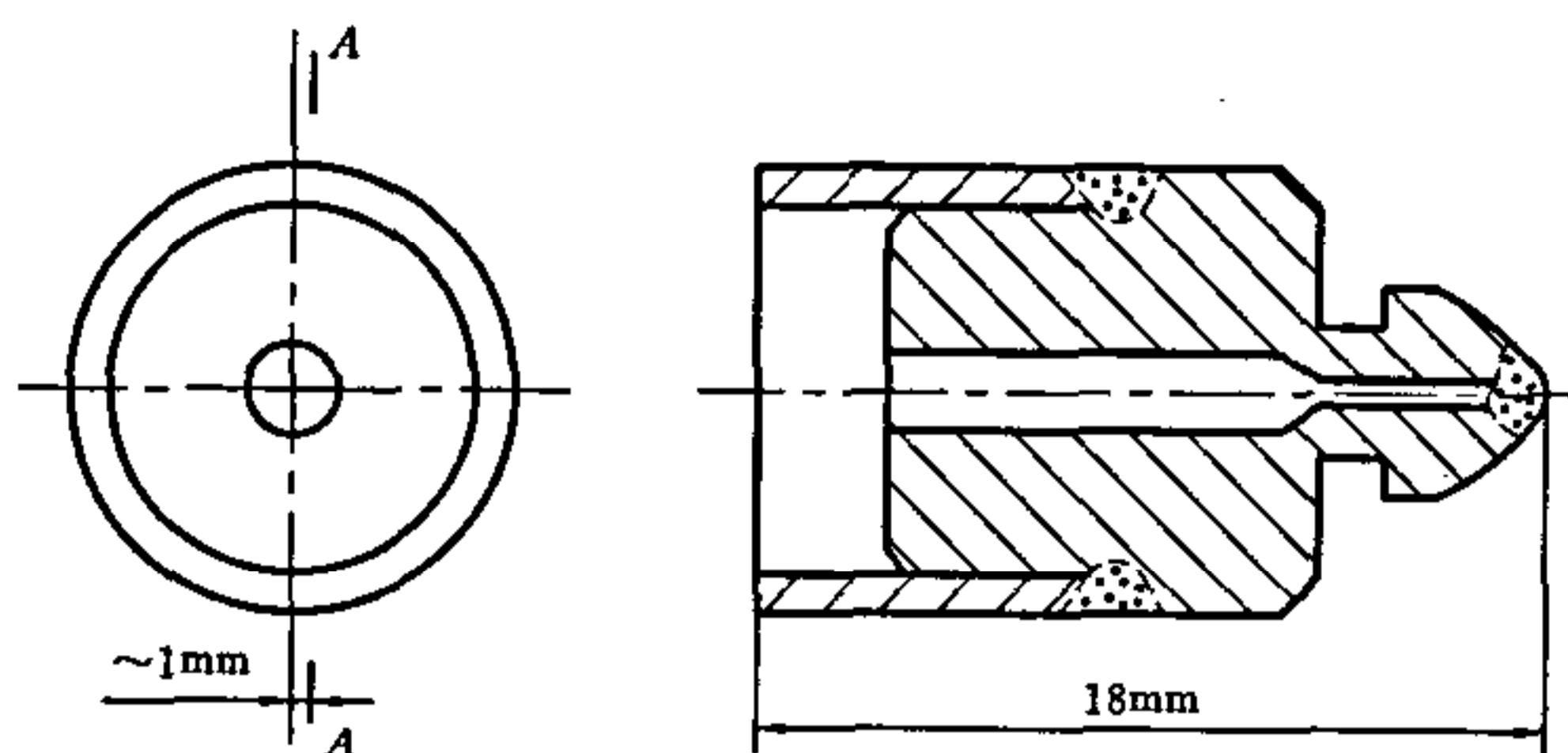


图 3 上端塞样品的取样示意图

6.1.2 下端塞环焊缝试样

用线切割或机械加工方法取样品长 20 mm, 然后沿 B-B 面剖开(见图 4)。

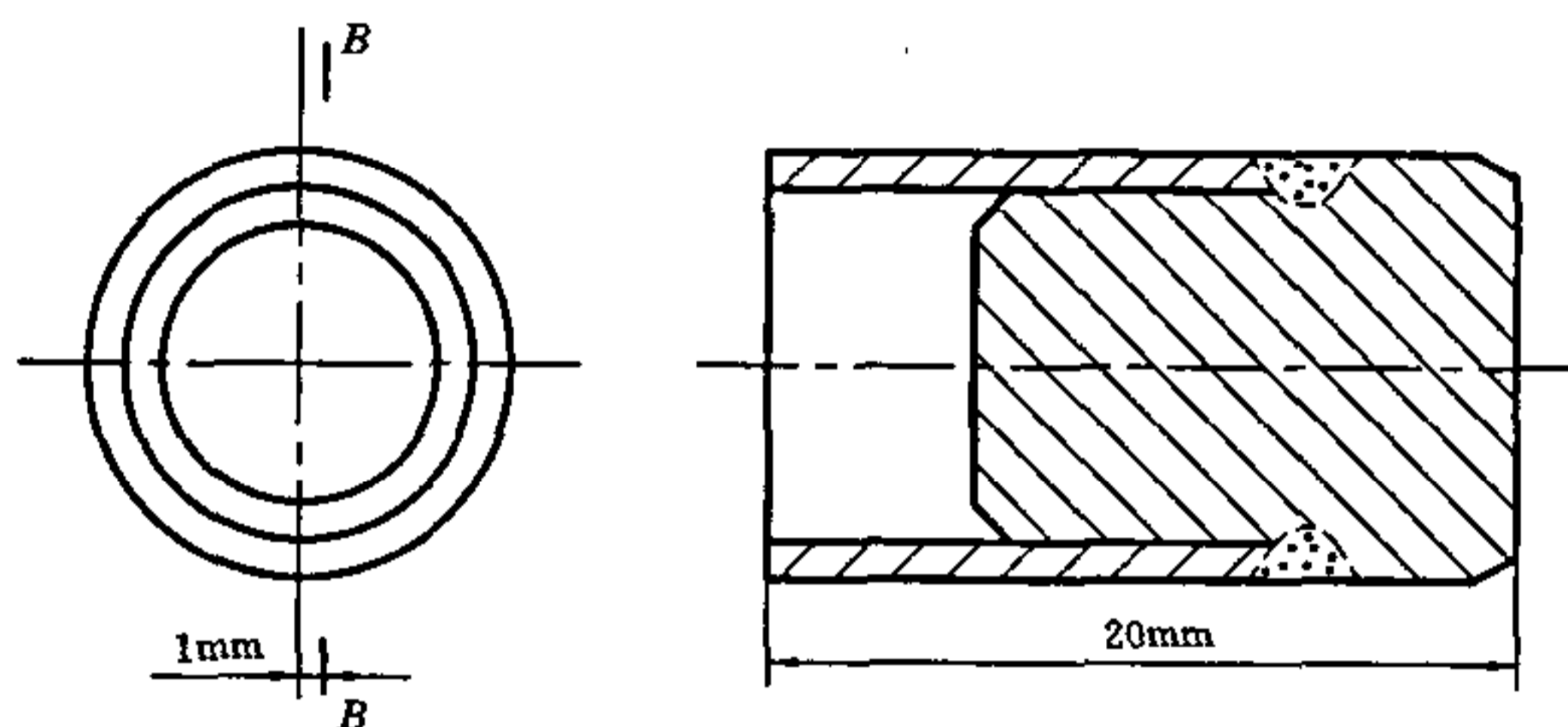


图 4 下端塞样品的取样示意图

6.1.3 环焊缝气孔、气胀单项检查试样

用机械加工的方法将样品沿 C—C 面切断, 然后截取样品长度为 20 mm(见图 5)。

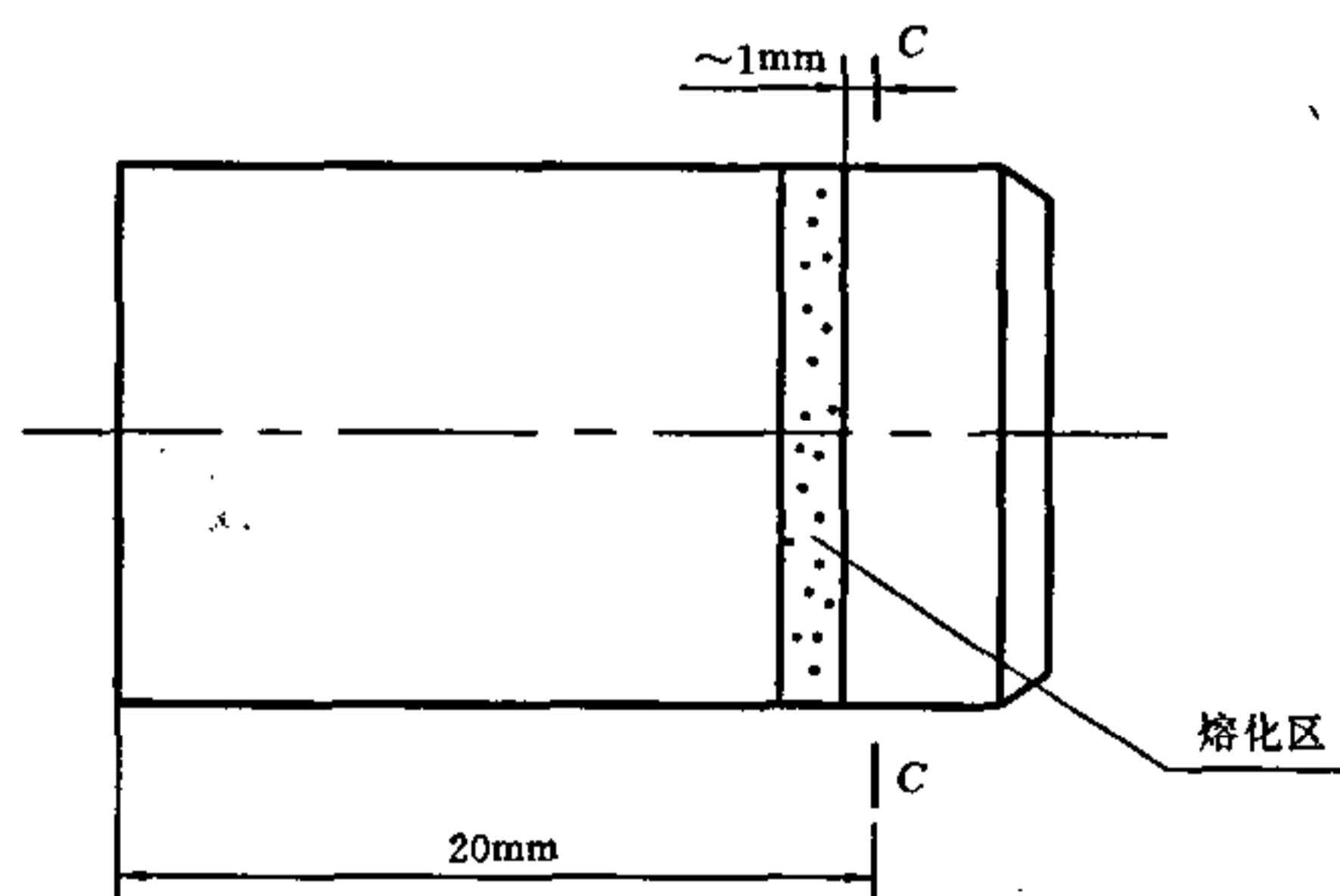


图 5 气孔气胀检查样品示意图

6.2 镶样

将待检样品在 180[#] 砂纸上打磨, 然后用酒精清洗样品, 如有油污用丙酮清洗。样品干燥后, 磨面朝下放入模具中(5.6), 倒入镶样树脂(4.10), 在室温下静置 12 h, 待树脂完全凝固后取出。

6.3 样品制备

6.3.1 薄膜浸蚀法样品制备

将镶好的样品(6.2)在 180[#]~800[#] 金相水磨砂纸上逐道磨制, 以水为润滑剂, 磨制过程中应注意用力均匀, 使磨面尽量与样品中心轴线平行。最后磨面应接近与中心轴线重合, 磨面光滑平整。

磨好后的试样用浸蚀剂(4.8)浸蚀约 3 s, 使试样呈现出清晰的熔化区图像, 然后在自来水中浸泡约

5 min。

6.3.2 化学浸蚀法样品制备

将镶好的样品(6.2)在180#~800#金相水磨砂纸上磨制,然后用 Cr_2O_3 粉(4.7)进行机械抛光,最后用抛光液(4.6)进行化学抛光,抛光至样品表面光亮,无划痕为止。

抛光好的样品用浸蚀剂(4.9)进行浅蚀刻,蚀刻方法:将脱脂棉在浸蚀剂(4.9)中浸泡,然后擦拭样品表面约10 s。

6.3.3 焊缝三区组织试样制备

将未镶嵌的样品在180#~800#金相水砂纸上逐道磨制,然后用 Cr_2O_3 粉(4.7)机械抛光,再用抛光液(4.6)进行化学抛光,抛光至样品表面无磨痕并在金相显微镜下观察呈现凹凸的晶粒组织为止。

抛光好的试样,放入已升温到500℃的马弗炉中加热,保温5 min,取出置空气中冷却至室温。

6.4 检验

6.4.1 熔深及相关参数测量

6.4.1.1 $P_{\text{环}}$ 、 $P_{\text{堵}}$ 值的测量

试面经薄膜浸蚀法浸蚀后不得擦拭,带水在读数显微镜上聚焦,观察到熔深图像后,旋转测微尺旋钮使刻度对准零位,移动试样将环焊缝边缘线或堵孔焊点边缘与测量线中的一根重合,然后旋转测微尺旋钮,测量出环焊缝和堵孔焊点的熔化区深度值 $P_{\text{环}}$ 、 $P_{\text{堵}}$ 。

必要时用宏观翻拍仪(5.5)照相记录所显示的熔化区图像。

6.4.1.2 熔深 $S_{\text{环}}$ 、 $S_{\text{堵}}$ 的测量

将化学浸蚀后的样品清洗干燥后,用金相显微镜测量出环焊缝和堵孔焊的熔深值 $S_{\text{环}}$ 、 $S_{\text{堵}}$,放大倍数大于50倍,记录测量数据。

6.4.1.3 有效熔深 S' 的测量

可根据检验要求,测出其有效熔深 S' 值。常见缺陷存在时有效熔深 S' 的测量方法见附录A(标准的附录)。

6.4.2 焊缝缺陷检验

对于用化学浸蚀法和薄膜浸蚀法制备的样品在适当放大倍数下检验其熔化区是否出现裂纹、气孔、夹杂、气胀等缺陷,如有缺陷记录其缺陷的类型、大小及位置。

6.4.3 焊缝三区金相组织检查

将热染法氧化着色的试样(6.3.3)冷却后用金相显微镜观察焊缝熔化区、热影响区及基体的晶粒组织,并照相记录。照相可采用明场或偏光照明。

环焊缝三区组织的微观观察和照相的放大倍数,根据其晶粒尺寸大小选取。

6.4.4 环焊缝中的气孔、气胀单项检查

将已切取的环焊缝横剖面试样,在280#或300#金相水磨砂纸上磨制,每磨去约0.2 mm,在读数显微镜下观察是否有气孔或气胀,直至磨完整个环焊缝熔化区,如有气孔或气胀,测量其大小并记录其位置,必要时照出金相照片。

7 实验报告与结果评定

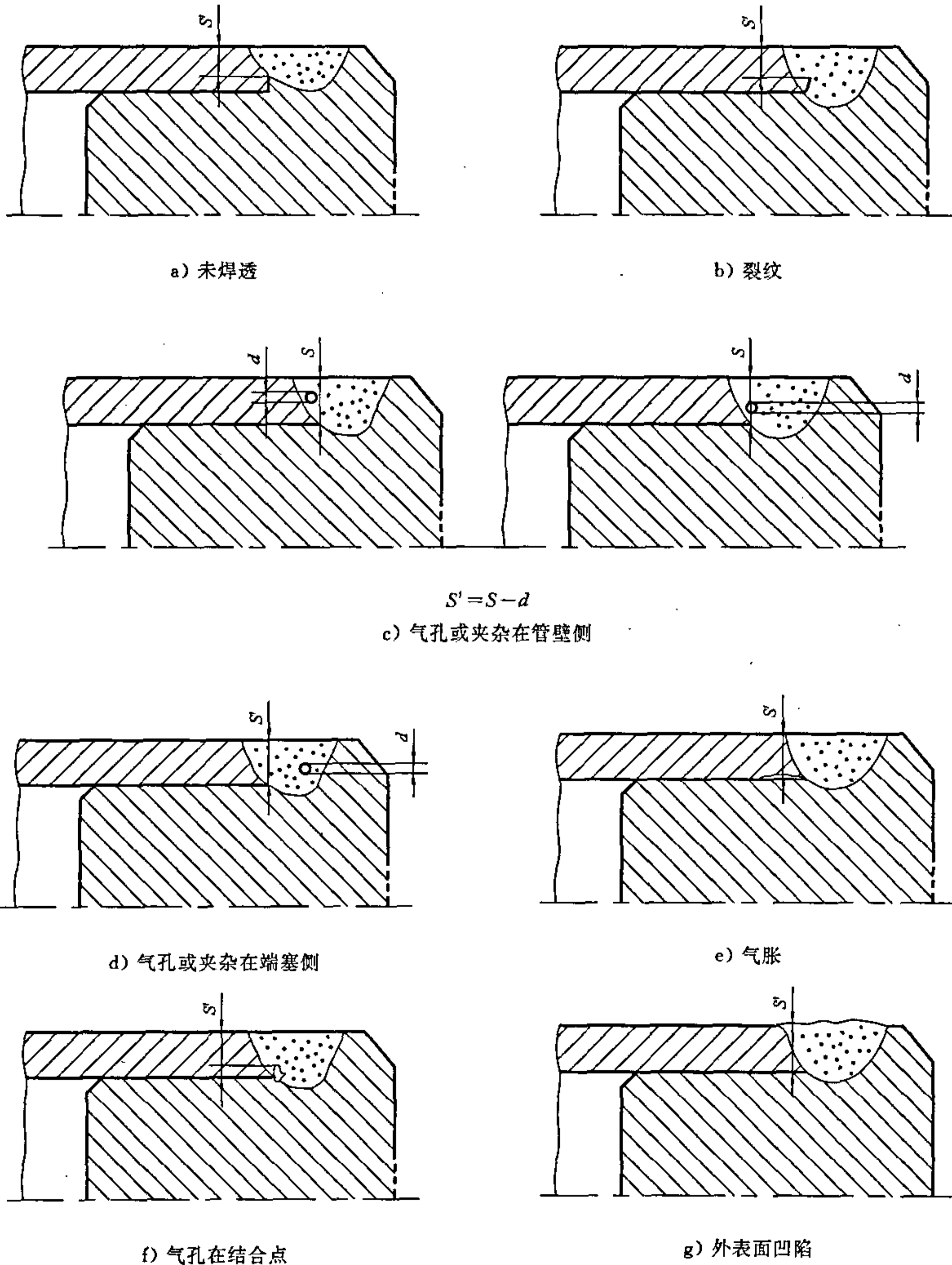
7.1 实验报告

实验报告应报出熔深及其他测量参数的实测结果,报出缺陷几何尺寸及位置,提供典型金相照片。

7.2 结果评定

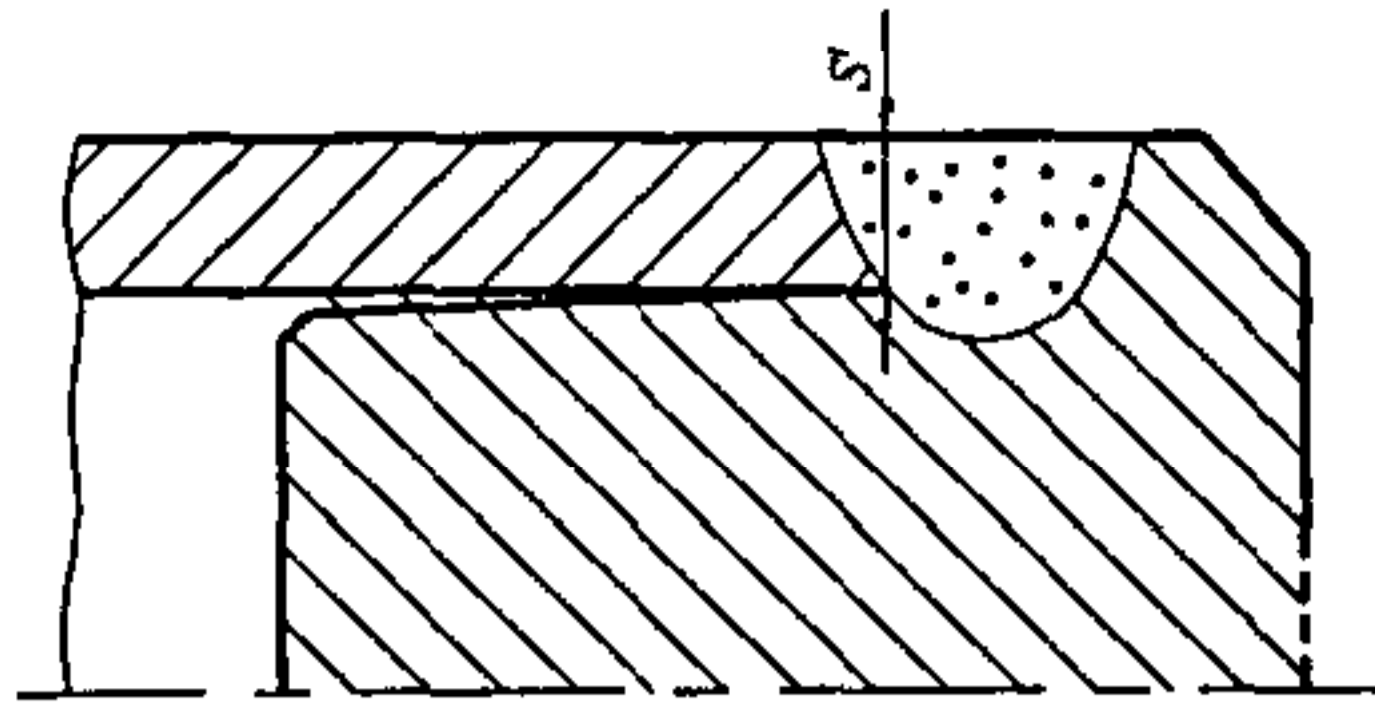
结果评定应将实验结果与供方和用户商定的技术条件比较,评定检验样品合格与否。

附录 A
 (标准的附录)
 有效熔深值 S' 的图示



注： d ——气孔或夹杂物的直径。

图 A1



h) 端塞与壁有间隙
图 A1(完)

中华人民共和国
国家标准
压水堆核燃料棒焊缝金相检验
GB/T 11809—1998

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

电话:68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 3/4 字数 13 千字
1998年7月第一版 1998年7月第一次印刷
印数 1—1 000

*

书号: 155066·1-15013

*

标目 343—40