

ICS 29.020

K 91

备案号: 44816-2014

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1342 — 2014

电气接地工程用材料及连接件

Specifications for electrical grounding engineering materials and connection

2014-03-18发布

2014-08-01实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总则	2
5 标记	3
6 接地材料技术要求	4
7 连接件技术要求	9
8 试验方法	10
9 检验	13
10 标志、包装、运输、贮存和质量证书	16
附录 A (规范性附录) 放热焊接接头质量	17
附录 B (规范性附录) 电气与腐蚀循环试验流程	18
附录 C (规范性附录) 工频大电流试验电流计算	19
附录 D (资料性附录) 接地材料连接工艺	21
附录 E (资料性附录) 接地材料热稳定系数校验	24

前 言

本标准是根据《国家能源局关于下达 2011 年第二批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2011〕252 号）的安排编写。

本标准按照国家标准 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则编制。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电气工程施工及调试标准化委员会归口。

主编单位：中国电力科学研究院、北京国电科源电气有限公司

参编单位：国网陕西电力公司电力科学研究院、华北电力设计院工程有限公司、武汉大学、江苏金合益复合新材料有限公司、北京欧地安科技股份有限公司。

主要起草人：陈新、马光、韩钰、聂京凯、何雷宇、庞亚东、张涛、王森、靳忠礼、闫爱军、朱武杰、李志忠、王建国、孙永春、王伟、杨成枝、孙芑。

主要审查人员：丁广鑫、杨建平、荆津、李明、彭开宇、王小松、黄克信、任成林、耿景都、王述仲、吴庆新、周永利、徐军、赵成福、王进弘、何冠恒、汪鹏、申荣、许建军、王敏、王玉明、李海生、吴明祥、韩彦华、陈海焱、李聪、余常政。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

电气接地工程用材料及连接件

1 范围

本标准规定了电气接地工程用材料及连接件产品的技术要求、试验方法、检验、包装及运输等。

本标准适用于电气接地工程用热浸镀锌钢、锌覆钢、铜覆钢、铜及不锈钢等材料的板材、棒材、线材等，以及上述材料的螺栓连接、压接、焊接等连接件。

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 223 钢铁及合金化学分析方法（C、Si、Mn、S、P、Ni、Cr、Mo、Cu、N、Nb、Ti 部分）
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 470 镀锌
- GB/T 699 优质碳素结构钢
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 2694—2010 输电线路铁塔制造技术条件
- GB/T 3048.2 电线电缆电性能试验方法 第2部分：金属材料电阻率试验
- GB/T 3048.4 电线电缆电性能试验方法 第4部分：导体直流电阻试验
- GB/T 4956 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法
- GB/T 5121 铜及铜合金化学分析方法
- GB/T 5231 加工铜及铜合金牌号和化学成分
- GB/T 5246 电解铜粉
- GB/T 6148 精密电阻合金电阻温度系数测试方法
- GB/T 6462 金属和氧化物覆盖层 厚度测量 显微镜法
- GB/T 8888 重有色金属加工产品的包装、标志、运输和贮存
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 13464 物质热稳定性的热分析试验方法
- GB/T 20878 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
- GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范
- GB 50169 电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范
- GB 50661 钢结构焊接规范
- HB/Z 5134 结构钢和不锈钢熔焊工艺
- HB 5135 结构钢和不锈钢熔焊接头质量检验
- HG/T 3592 电镀用硫酸铜
- HGJ 223 铜及铜合金焊接及钎焊技术规程
- SH/T 3526 石油化工异种钢焊接规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锌覆钢 zinc-clad steel

钢芯体的表面被锌均匀包覆的材料，包括棒材、板材以及线材（包括圆线及绞线）。主要生产工艺包括连铸等。

3.2

铜覆钢 copper-clad steel

钢芯体的表面被铜均匀包覆的材料，包括棒材、板材以及线材（包括圆线及绞线）。主要生产工艺包括电镀、连铸等。

3.3

连铸工艺 copper-clad steel continuous casting process

将处理干净并加热到一定温度的钢材，快速通过另一种加热熔化的金属溶液，金属溶液在钢材表面结晶的加工工艺。

3.4

电镀工艺 electroplating process

利用电解原理在处理干净的钢材表面上镀上覆层的加工工艺。

3.5

放热焊接 exothermic welding

利用金属氧化物与铝之间的氧化还原反应，同时释放出大量的热量并产生高温熔融金属，进行焊接的方法。

3.6

热浸镀锌钢 hot dip galvanizing steel

将经过前处理的钢或铸铁制件浸入熔融的锌浴中，在其表面形成锌和（或）锌—铁合金镀层。

3.7

电阻率 electrical resistivity

本标准所指电阻率为材料轴向的体积电阻率。

3.8

相对导电率 relative conductivity

本标准所指相对导电率是指退火铜标准规定的体积电阻率（ $1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ ）对相同单位的试样电阻率之比乘以 100%。

4 总则

4.1 电气接地工程用材料应满足接地工程的设计使用年限要求。

4.2 电气接地工程用材料应满足现行国家标准、行业标准对环境保护的要求。

4.3 新型接地材料用于水平或垂直接地体时，应按本标准 8.11 测试其电阻温度系数及比热容，并按公式计算相应的热稳定系数。

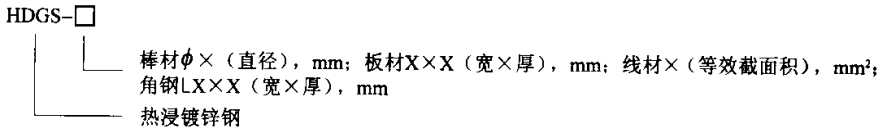
4.4 新型接地材料及其连接件，在批量生产及应用前应本标准进行电气与腐蚀试验，并满足相关技术要求。

4.5 当接地介质环境 $pH \leq 4.5$ 时，不宜选用铜覆钢作为接地材料。

5 标记

5.1 热浸镀锌钢

5.1.1 标记方法



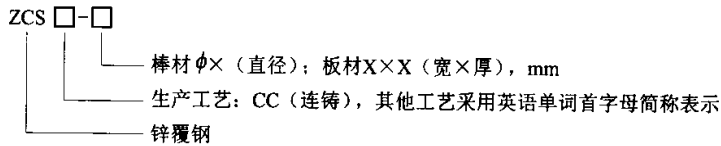
5.1.2 标记示例

60mm \times 8mm 的热浸镀锌钢板材: HDGS-60 \times 8。

5.2 锌覆钢

5.2.1 标记方法

不同型号的锌覆钢产品以下面方式进行标记。



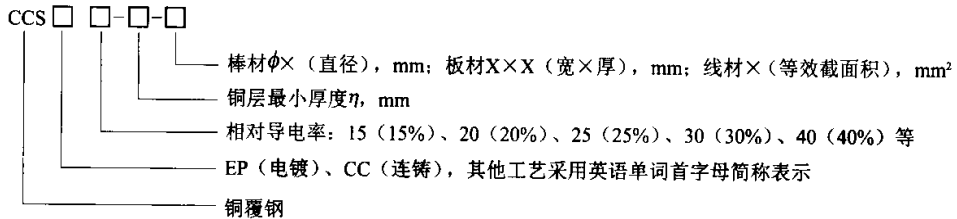
5.2.2 标记示例

直径 ϕ 16mm 的连铸锌覆钢线材: ZCS CC- ϕ 16。

5.3 铜覆钢

5.3.1 标记方法

不同型号的铜覆钢产品以下面方式进行标记。



5.3.2 标记示例

相对导电率 30%、直径 ϕ 16mm 的电镀锌覆钢棒材: CCS EP 30- ϕ 16。

5.4 铜

5.4.1 标记方法

铜接地材料的标记方法见表 1。

表 1 铜接地材料的标记方法

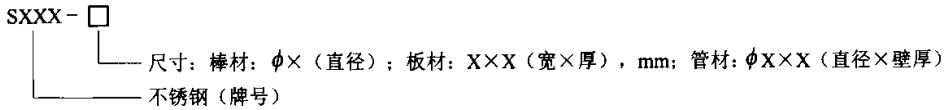
名称	标 记
软铜	TR-尺寸: 线材 $\phi \times$ (直径)、板材 $X \times X$ (宽 \times 厚)、绞线 \times (截面积) 等
硬铜	TY-尺寸: 线材 $\phi \times$ (直径)、板材 $X \times X$ (宽 \times 厚)、绞线 \times (截面积) 等
特硬铜	TYT-尺寸: 线材 $\phi \times$ (直径)、板材 $X \times X$ (宽 \times 厚)、绞线 \times (截面积) 等

5.4.2 标记示例

直径 ϕ 16mm 的硬铜棒材: TY- ϕ 16。

5.5 不锈钢

5.5.1 标记方法



5.5.2 标记示例

直径 $\phi 16$ 的304不锈钢棒: S304- $\phi 16$ 。

6 接地材料技术要求

6.1 热浸镀锌钢

6.1.1 原材料要求

6.1.1.1 基材用钢应符合 GB/T 699 或 GB/T 700 的规定。

6.1.1.2 镀锌用锌锭应符合 GB/T 470 的规定。

6.1.2 性能要求

6.1.2.1 表面质量

热浸镀锌层表面应连续完整, 不得有漏镀、结瘤、积锌和锐点等缺陷。

6.1.2.2 镀层厚度

热浸镀锌层厚度及镀层附着量应符合表 2 的规定。

表 2 热浸镀锌层厚度及镀层附着量

镀层最小值 μm	最小平均值
	厚度 μm
70	85

6.1.2.3 热浸镀锌层均匀性

热浸镀锌层应均匀, 硫酸铜试验耐浸蚀次数不得少于 4 次, 且不漏钢。

6.1.2.4 热浸镀锌层附着性

镀锌层应与金属基体结合牢固, 应保证在无外力作用下没有剥落或起皮现象, 经落锤试验镀锌层不凸起、不剥离。

6.1.2.5 镀锌层修复

修复后的总漏镀面积不得超过每个镀件总面积的 0.5%。每个修复漏镀面不得超过 10cm^2 , 若漏镀面积较大, 应进行返镀。

修复方法可采用热喷涂锌或富锌涂层, 修复层的厚度要求应比镀锌层要求的最小厚度厚 $30\mu\text{m}$ 以上。

6.1.2.6 拉伸性能

热浸镀锌钢接地材料的抗拉强度不得低于 370MPa 。

6.1.2.7 工频大电流试验

经工频大电流试验后, 试样不得有裂纹、裂缝、熔化等缺陷, 直流电阻变化不得超过 10%。

6.2 锌覆钢

6.2.1 原材料要求

6.2.1.1 基材用钢应符合 GB/T 699 或 GB/T 700 的规定。

6.2.1.2 锌覆钢用锌锭应符合 GB/T 470 的规定。

6.2.2 性能要求

6.2.2.1 表面质量

表面应连续完整，不得有明显的缺陷，如结瘤、积锌和锐点等缺陷。

6.2.2.2 锌层厚度

锌层任意点最小厚度不得低于 0.50mm。

6.2.2.3 锌层均匀性

厚度测试区域内，锌层的均匀性允差（测试的最大值与最小值之差）应满足表 3 要求。

表 3 锌层均匀性允差要求

单位：mm

锌层最小厚度 H	锌层的均匀性允差
$1.0 > H \geq 0.5$	0.20
$3.0 > H \geq 1.0$	0.40
$5.0 > H \geq 3.0$	0.60
$H \geq 5$	1.0

6.2.2.4 拉伸性能

锌覆钢用钢芯抗拉强度应大于 370MPa。

6.2.2.5 结合性能

试样经结合性试验后不得出现锌层与钢的分离，表面的锌被试验器具所剥落的现象是允许的。

6.2.2.6 工频大电流耐受能力

经工频大电流试验后，试样不得有裂纹、裂缝、熔化等缺陷，电阻变化不得超过 10%。

6.3 铜覆钢

6.3.1 原材料要求

6.3.1.1 铜覆钢用钢材应符合 GB/T 699 或 GB/T 700 的规定。

6.3.1.2 连铸用铜应符合 GB/T 5246 的规定，电镀用硫酸铜应符合 HG/T 3592 的规定。

6.3.2 性能要求

6.3.2.1 表面质量

铜层表面应结晶细密、颜色均匀、光滑洁净，没有明显的针孔、凹坑、麻点、起泡、剥皮、结疤、裂纹、烧灼及沉积杂质和表面污染物，不得有漏镀、浮铜和黑斑。

6.3.2.2 铜层厚度

单根或绞线单股铜覆钢铜层厚度，任意测试点最小值不得小于 0.25mm。

6.3.2.3 铜层均匀性

厚度测试区域内，铜层的均匀性允差（测试的最大值与最小值之差）应满足表 4 要求。

表 4 铜层均匀性允差要求

单位：mm

铜层最小厚度 H	铜层的均匀性允差
$0.40 > H \geq 0.25$	0.10
$0.70 > H \geq 0.40$	0.20
$H \geq 0.70$	0.25

6.3.2.4 拉伸性能

用于水平接地体的铜覆钢抗拉强度不得低于 300MPa，用于垂直接地体的铜覆钢抗拉强度不得低于

600MPa。

6.3.2.5 弯折性能

铜覆钢都应进行 30° 弯折试验，板材和线材应进行 90° 弯折试验。试样经弯折试验后铜层不得出现裂纹、裂缝、凹坑和其他有碍于材料腐蚀性能的缺陷。

6.3.2.6 结合性能

- a) 铜覆钢绞线单丝经扭转试验，铜层表面不得出现裂纹、裂缝、碎片、孔洞等缺陷，铜层与钢芯不得出现分离现象。
- b) 其他类型铜覆钢经结合性能试验后，铜层与钢芯不得出现分离现象，允许表面的铜被试验器具所剥落。

6.3.2.7 电阻率和相对导电率

不同型号的铜覆钢电阻率及相对导电率应符合表 5 规定。

表 5 铜覆钢电阻率及相对导电率（20℃）规定

型号	电阻率（不大于） $\times 10^{-8} \Omega \cdot m$	相对导电率（不小于） %
CCS×15	11.49	15
CCS×20	8.62	20
CCS×25	6.89	25
CCS×30	5.75	30
CCS×40	4.31	40

6.3.2.8 工频大电流耐受能力

经工频大电流试验后，试样不得有裂纹、裂缝、熔化等缺陷，电阻变化不得超过 10%。

6.3.2.9 电气与腐蚀性能

试样经电气与腐蚀试验后，最终电阻增加不得超过 50%，中间过程每个试验环节电阻增加不得超过 15%。试验过程中及试验结束后试样表面不得有裂纹、裂缝、熔化等有碍于材料腐蚀性能的缺陷。带连接件的，其连接部分不得有断裂、较大气孔、裂纹等严重缺陷。

6.4 铜

6.4.1 原材料要求

铜接地材料应选择纯铜，化学成分及产品形状符合 GB/T 5231 技术要求。

6.4.2 性能要求

6.4.2.1 表面质量

- 1) 棒材及绞线表面应光洁，不得有与良好工业产品不相称的任何缺陷。
- 2) 热轧板材表面不允许有分层、裂纹、起皮、夹杂和绿锈，允许修理，修理后板材厚度不得超过允许偏差。板材表面允许有轻微的、局部的、不使板材厚度超过其允许偏差的划伤、斑点、凹坑、压入物、辊印、皱纹等缺陷。
- 3) 冷轧铜板的表面质量应光滑、清洁，不允许有影响使用的缺陷。

6.4.2.2 拉伸性能

铜接地材料拉伸性能应符合表 6 与表 7 的规定。标称直径介于所列紧邻两个数值之间时，应采用较大标称直径的相应性能。

表6 铜接地材料的拉伸性能（棒材及单股线）

标称直径 mm	TR	TY		TYT	
	伸长率 %	抗拉强度 MPa	伸长率 %	抗拉强度 MPa	伸长率 %
	不小于				
2.00	25	400	0.7	440	0.7
2.12	25	399	0.7	439	0.7
2.24	25	398	0.8	438	0.8
2.36	25	396	0.8	436	0.8
2.50	25	395	0.8	435	0.8
2.62	25	393	0.9	434	0.9
2.65	25	393	0.9	433	0.9
2.73	25	392	0.9	432	0.9
2.80	25	391	0.9	432	0.9
2.85	25	391	0.9	431	0.9
3.00	25	389	1.0	430	1.0
3.15	30	388	1.0	428	1.0
3.35	30	386	1.0	426	1.0
3.55	30	383	1.1	423	1.1
3.75	30	381	1.1	421	1.1
4.00	30	379	1.2	419	1.2
4.25	30	376	1.3	416	1.3
4.50	30	373	1.3	413	1.3
4.75	30	370	1.4	411	1.4
5.00	30	368	1.4	408	1.4
5.30	30	365	1.5	—	—
5.60	30	361	1.6	—	—
6.00	30	357	1.7	—	—
6.30	30	354	1.8	—	—
6.70	30	349	1.8	—	—
7.10	30	345	1.9	—	—
7.50	30	341	2.0	—	—
8.00	30	335	2.2	—	—
8.50	35	330	2.3	—	—
9.00	35	325	2.4	—	—
9.50	35	319	2.5	—	—
10.00	35	314	2.6	—	—
10.60	35	307	2.8	—	—
11.20	35	301	2.9	—	—
11.80	35	294	3.1	—	—
12.50	35	287	3.2	—	—
13.20	35	279	3.4	—	—
14.00	35	271	3.6	—	—

表 7 铜接地材料的拉伸性能（板材）

型号	厚度 mm	拉伸试验	
		抗拉强度 R_m MPa	断后延伸率 $A_{11.3}$ %
TR	4~14	≥195	≥30
TY	0.3~10	295~380	—
TYT		≥350	—

6.4.2.3 电阻率

铜接地材料的电阻率应符合表 8 规定。

表 8 铜接地材料的电阻率（20℃）规定

型 号	电阻率 ρ_{20} （不大于） $\times 10^{-8} \Omega \cdot m$	
	2.0mm 以下	2.0mm 及以上
TR	1.724	1.724
TY、TYT	1.796	1.777

6.4.2.4 工频大电流耐受能力

经工频大电流试验后，试样不得有裂纹、裂缝、熔化等缺陷，电阻变化不得超过 10%。

6.5 不锈钢

6.5.1 原材料要求

接地用不锈钢材料应符合 GB/T 1220 或 GB/T 20878 技术要求。

6.5.2 性能要求

6.5.2.1 表面质量

- 棒材及绞线表面不允许有裂纹、结疤、折叠及夹杂。如有上述缺陷必须清除。清除深度应低于钢棒公称尺寸公差的一半，清除宽度不得小于深度的 5 倍，同一截面积达到最大深度不得多于一处，允许有从实际尺寸算起不超过公称尺寸公差之半的个别细小划痕、压痕、麻点及深度不超过 0.20mm 的小裂纹存在。根据供需双方协定，不锈钢棒表面可以车削或剥皮。
- 板材不得有影响使用的缺陷。允许有个别深度小于厚度公差之半的轻微麻点、擦划伤、压痕、凹坑、辊印和色差等不影响使用的缺陷。允许修磨，但应保证钢板最小厚度。

6.5.2.2 拉伸性能

不锈钢接地材料拉伸性能应符合表 9 规定。

表 9 不锈钢接地材料的拉伸性能

型式	拉伸试验	
	抗拉强度 R_m MPa	断后延伸率 $A_{11.3}$ %
	不小于	
棒材	520	40
板材	515	40

6.5.2.3 电阻率

不锈钢接地材料的电阻率应符合表 10 规定。

表 10 不锈钢接地材料的电阻率及相对导电率 (20℃) 规定

型号	电阻率 ρ_{20} (不大于) $\times 10^{-8}\Omega \cdot m$	相对导电率 (不小于) %
S×××	71.84	2.4

6.3.2.4 工频大电流耐受能力

经工频大电流试验后, 试样不得有裂纹、裂缝、熔化等缺陷, 电阻变化不得超过 10%。

7 连接件技术要求

7.1 接头质量

7.1.1 热浸镀锌钢及锌覆钢焊缝外观质量应达到 GB 50661 规定的 II 级焊缝质量要求。

7.1.2 铜及铜覆钢放热接头 (包括铜与铜、铜覆钢与铜覆钢、铜与铜覆钢、铜与热浸镀锌钢、铜覆钢与热浸镀锌钢) 应满足附录 A 技术要求。

7.1.3 铜及铜覆钢电弧焊及钎焊焊缝质量, 应满足 HGJ 223 规定的要求。

7.1.4 不锈钢焊缝质量应满足 HB 5135 要求。

7.1.5 热浸镀锌钢与不锈钢的焊缝应满足 SH/T 3526 要求。

7.2 直流电阻

带连接件的接地材料直流电阻值, 不得大于规格尺寸均相同的原材料直流电阻值的 1.1 倍。

7.3 拉伸性能

7.3.1 焊接接头的抗拉强度不低于接地体材料抗拉强度 (铜覆钢以相应规格的纯铜作为比较对象); 接地体为异种材料时, 则焊接接头抗拉强度不得低于接地体材料抗拉强度的较低者。

7.3.2 其他连接接头最小拉断力应符合表 11 规定的要求。铜和钢导体在表 11 最小拉力值作用下放热焊接接头应无松动、无断裂。

表 11 接地材料连接件最小拉断力

铜线或绞线		铜覆钢绞线		钢线和钢棒 ^a	最小拉断力 N
线径 mm	截面积 mm ²	股数	股线线径 mm	直径 mm	
3.25	—	—	—	—	668
4.12	—	—	—	4.76	1335
5.19	—	—	—	—	1335
5.83	—	—	—	6.35	1335
6.54	—	7	2.59	—	1335
7.35	—	—	—	7.94	1335
8.25	—	7	7.25	9.52	1335
9.27	—	7	3.66	11.11	2225
10.40	—	7	4.12	—	2225
11.80	—	—	—	12.7	2225

表 11 (续)

铜线或绞线		铜覆钢绞线		钢线和钢棒 ^a	最小拉断力 N
线径 mm	截面积 mm ²	股数	股线线径 mm	直径 mm	
—	126.68	7	4.62	14.29	4450
—	—	19	2.90	—	4450
—	152.01	7	5.19	15.88	4450
—	—	19	3.25	—	4450
—	177.35	—	—	—	4450
—	202.68	19	3.66	19.05	4450
—	253.35	19	4.12	—	4450
—	304.02	19	4.62	22.23	8900
—	380.03	—	—	25.4	8900
—	506.70	—	—	—	8900

^a 钢线和钢棒包括铜覆钢、镀锌钢及不锈钢。

7.4 电气与腐蚀性能

连接件批量使用前, 应进行电气与腐蚀性能测试。试样经电气与腐蚀试验后, 最终电阻增加值不超过 50%, 中间过程每个试验环节电阻增加不超过 15%。试验结束后试样表面不得有裂纹、裂缝等有碍于材料腐蚀性能的缺陷, 连接部分不得有断裂及严重缺陷。

8 试验方法

8.1 化学成分

铜及铜覆钢的化学成分分析按 GB/T 5121 规定的方法进行。不锈钢的化学成分按 GB/T 223 规定的方法进行。

8.2 表面质量

表面质量采用目视进行检测, 必要时可采用放大镜。

8.3 覆层均匀性及附着量

热浸镀锌层的均匀性按 GB/T 2694—2010 附录 A、附录 E 中规定的硫酸铜试验方法进行检验。

8.4 覆层附着性

热浸镀锌层的附着性按 GB/T 2694—2010 附录 B 中规定的附着性用落锤试验方法进行检验。

8.5 覆层厚度及均匀性

8.5.1 单股绞线宜采用 GB/T 6462 规定的方法测量, 其他可按 GB/T 4956 或 GB/T 6462 中规定的方法测量。

8.5.2 厚度测试时, 首先在样品任意区域初步测量后选取铜层较薄的区域, 在较薄的区域选取 5 点进行测试, 取最小值。

8.5.3 厚度均匀性测试时, 在样品任意周长区域, 选取平均分布的 10 点进行测试, 均匀性允差为测试最大值与最小值之差。

8.6 拉伸试验

拉伸试验应按 GB/T 228.1 的规定进行试验。夹具之间的样品长度不宜低于 500mm。

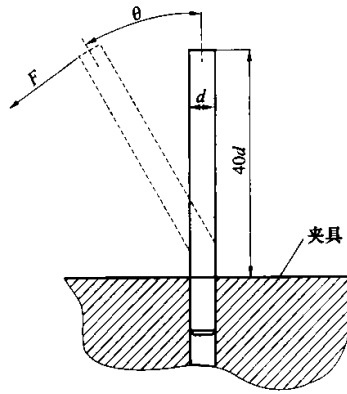
8.7 弯折试验

8.7.1 30° 弯折试验

在室温下将铜覆钢试样的一端夹紧在夹具或虎钳钳口上，在距夹具 40 倍试样直径或等效直径处，施加一个垂直于试样的力，弯折 30°（见图 1），弯折 20 次，观察试样弯折处内、外缘的铜层。

8.7.2 90° 弯折试验

采用本标准 8.7.1 的方法弯折 90°，或利用万能试验机采用三点弯曲法弯折 90°，弯折 3 次，观察试样弯折处内、外缘的铜层。



d —试样直径 (mm)； F —力 (N)； θ —弯折角度

图 1 弯折试验示意图

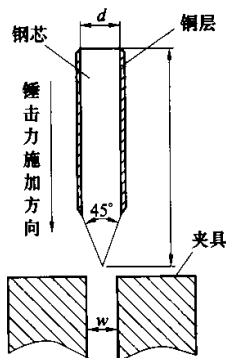
8.8 结合性试验

8.8.1 绞线材料

绞线材料，取单线按 GB/T 239 的规定进行扭转试验，试验至试样断裂。

8.8.2 其他类型材料

其他类型材料，取不大于 200mm 长的试样，一端切成 45° 锥形，将被切一端置于夹具或虎钳钳口之间，间距小于试样钢芯直径或厚度，按图示方向锤击试样端部，削去足够的铜层（见图 2、图 3），充分露出钢芯，取出观察。



d —钢芯直径 (mm)； w —虎钳钳口距离 (mm)

图 2 棒材、圆线结合性试验示意图

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/438030134006006057>