**中华人民共和国工业和信息化部 发 布**

××××-××-××实施

××××-××-××发布

高强高导铜铁合金棒线材

Copper-Ferro rod and wire with high strength and high conductivity

（送审稿）

YS/T×× —××××

**YS**

中华人民共和国有色行业标准

ICS 77.150.30

CCS H62

1. 前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）提出并归口。

本文件起草单位：宁波金田铜业（集团）股份有限公司、陕西斯瑞扶风先进铜合金有限公司、中南大学、安徽芜湖楚江合金铜材有限公司、绍兴市特种设备检测院

本文件主要起草人：

高强高导铜铁合金棒线材

* 1. 范围

本文件规定了铜铁合金棒、线材的分类和标记、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存和随行文件、订货单内容。

本文件适用于圆形铜铁合金棒、线材（以下简称棒线材）。

* 1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 351 金属材料电阻系数测量方法

GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分：试验方法

GB/T 5121（所有部分）铜及铜合金化学成分分析方法

GB/T 5231 加工铜及铜合金牌号和化学成分

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 26303.2 铜及铜合金加工材外形尺寸检测方法 第2部分：棒、线、型材

GB/T 29094 铜及铜合金状态表示方法

GB/T 30142 平面型电磁屏蔽材料屏蔽效能测量方法

GB/T 34505-2017 铜及铜合金材料 室温拉伸试验方法

YS/T 336 铜、镍及其合金管材和棒材断口检验法

YS/T 482 铜及铜合金分析方法 火花放电原子发射光谱法

YS/T 483 铜及铜合金分析方法 X射线荧光光谱法（波长色散型）

YS/T 668 铜及铜合金理化检测取样方法

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电磁屏蔽 electromagnetic shielding

用导电、导磁或同时具备导电导磁的材料减少或阻断电磁场向指定区域传播的状态。

[来源：GB/T 26667-2021，3.1.6]

3.2

屏蔽效能 shielding effectiveness

在同一激励下的某点上，有屏蔽材料与无屏蔽材料时所测量到的电场强度或磁场强度之比。

*SE*=20*lg(E2/E1)*

或*SE*=20*lg(H2/H1)*……………………………………公式（1）

式中：

*SE*——屏蔽效能，单位为分贝（dB）；

*E1*——无屏蔽材料时的电场强度，单位为伏特每米（V/m）；

*E2*——有屏蔽材料时的电场强度，单位为伏特每米（V/m）；

*H1*——无屏蔽材料时的磁场强度，单位为安培每米（A/m）；

*H2*——无屏蔽材料时的磁场强度，单位为安培每米（A/m）；

注：屏蔽效能通常为负值，但习惯用其绝对值。

[来源：GB/T 26667-2021，3.1.7，有修改]

3.3

电磁屏蔽织物 electromagnetic shielding fabric

由导电、电磁性能的铜线（纤维）制成的具有电磁屏蔽作用的织物。

[来源：GB/T 26667-2021，3.2.7，有修改]

* 1. 分类和标记
     1. 产品分类

棒线材的牌号、状态和规格应符合表1的规定。

1. 牌号、类别、状态、规格

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 牌号 | 类别 | 状态 | 直径  mm | 供应长度  mm |
| 铁青铜 | QFe5  QFe10  QFe20  QFe40 | 线材 | 软化退火（O60）  1/2硬（H02）  1/4硬（H04）  1/6硬（H06） | 0.1～0.8 | 卷状 |
| ＞0.8～10a | 300～2000 |
| 棒材 | ＞10～14 | 500～3000 |
| 注：由双方协商，可供应其他牌号和规格的棒线材，具体要求宜在合同中注明。 | | | | | |
| a可成卷状或直条状。 | | | | | |

* + 1. 标记示例

产品标记按产品名称、文件编号、牌号、状态和规格的顺序表示。标记示例如下：

示例1：

|  |
| --- |
| 用QFe5制造状态为H06、普通级、长度2000mm、直径为5mm的直条状棒材标记为：  直条状棒材 YS/T××××- QFe5H06-5×2000 |

示例2：

|  |
| --- |
| 用QFe10制造状态为O60、高精级、直径为3mm、卷状的圆形线材标记为：  卷状线材 YS /T××××- QFe10高O60-3 |

* 1. 技术要求
     1. 化学成分

棒线材的化学成分应符合表2的规定。

1. 化学成分

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 化学成分（质量分数）％ | | | | | | |
| Cu | Fe | Si | Cr | Mg | P | Cu+所列元素总和a |
| 不大于 | | | | 不小于 |
| QFe5 | 余量 | 4.5～5.5 | 0.2 | 0.01 | 0.3 | 0.01 | 99.5 |
| QFe10 | 余量 | 9.5～10.5 | 0.4 | 0.03 | 99.5 |
| QFe20 | 余量 | 18.0～21.0 | 0.8 | 0.05 | 99.5 |
| QFe40 | 余量 | 38.0～42.0 | 1.6 | 0.05 | 99.5 |
| a 表示Cu+所列元素总和中如需添加稀土元素，由供需双方协商。 | | | | | | | |

* + 1. 外形尺寸及尺寸允许偏差

5.2.1 棒线外径尺寸及尺寸允许偏差应符合表3的规定。

1. 棒线材的外径尺寸及尺寸允许偏差 单位为毫米

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 直径 | 允许偏差 | |
| 普通级 | 高精级 |
| 线材 | ＞0.1～0.2 | ±0.005 | ±0.004 |
| ＞0.2～0.5 | ±0.008 | ±0.006 |
| ＞0.5～1.0 | ±0.010 | ±0.008 |
| ＞1.0～3.0 | ±0.020 | ±0.015 |
| ＞3.0～6.0 | ±0.030 | ±0.020 |
| ＞6.0～10.0 | ±0.040 | ±0.030 |
| 棒材 | ＞10.0～14.0 | ±0.060 | ±0.040 |
| 注：当要求允许偏差全为（+）或全为（-）单向偏差时，其值为表中相应值的2倍。 | | | |

5.2.2 圆度

棒材的圆度不应大于直径允许偏差之半。

5.2.3定尺及倍尺长度允许偏差

棒材定尺或倍尺长度允许偏差为+15mm，倍尺长度应加入锯切分段时的锯切量，每一锯切量为5mm。定尺或倍尺长度应在不定尺长度范围内，并在合同中注明，否则按不定尺长度供货。

5.2.4 直度

H06、H04、H02状态棒材直度应符合表4规定。

1. 棒材的直度 单位为毫米

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 长度 | 圆棒直径 | |
| 10～14 | |
| 全长直度 | 每米直度 |
| ＜1000 | ≤2 | - |
| ≥1000～2000 | ≤3 | - |
| ≥2000～3000 | ≤6 | ≤3 |

5.2.5 倒角

棒线材端部可倒角，具体要求由供需双方协商确定。

* + 1. 力学性能

棒线材的室温力学性能应符合表5的规定。

1. 棒线材的力学性能

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 状态 | 直径  mm | 拉伸实验 | | | 硬度试验 |
| 抗拉强度*Rm*  *MPa* | 断后伸长率*A100*  % | 断后伸长率*A50*  % | 维氏硬度  HV |
| 不小于 | |  |
| QFe5 | O60 | 0.1～3.0 | 280 | 25.0 | - | ≥80 |
| H02 | 0.1～3.0 | 450 | 15.0 | - | ≥120 |
| ＞3.0～10.0 | 400 | 17.0 | - |
| H04 | 0.1～3.0 | 550 | 2.0 | - | ≥130 |
| ＞3.0～10.0 | 500 | 4.0 | - |
| ＞10.0～14.0 | 480 | - | 4.0 |
| H06 | 0.1～3.0 | 720 | 3.0 | - | ≥165 |
| QFe10 | O60 | 0.1～3.0 | 300 | 20.0 | - | ≥90 |
| H02 | 0.1～3.0 | 480 | 10.0 | - | ≥130 |
| ＞3.0～10.0 | 450 | 15.0 | - |
| ＞10.0～14.0 | 420 | - | 15.0 |
| H04 | 0.1～3.0 | 600 | 2.0 | - | ≥150 |
| ＞3.0～10.0 | 570 | 4.0 | - |
| ＞10.0～14.0 | 540 | - | 4.0 |
| H06 | 0.1～3.0 | 800 | 1.5 | - | ≥165 |
| QFe20 | O60 | 0.5～3.0 | 450 | 10.0 | - | ≥100 |
| H06 | 550 | 10.0 | - | ≥170 |
| QFe40 | O60 | 1.2～3.0 | 520 | 8.0 | - | ≥140 |
| H06 | 610 | 2.0 | - | ≥170 |

* + 1. 电性能

棒线材的电性能应符合表6的规定。

1. 电性能

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 状态 | 体积电阻率（*ρv(20)*）  Ω•mm/m2  不大于 | 导电率（*C20*）  %IACS，不小于 |
| QFe5 | O60 | 0.026802 | 65 |
| H02 | 0.029035 | 60 |
| H04 | 0.031675 | 55 |
| H06 | 0.034842 | 50 |
| QFe10 | O60 | 0.029035 | 60 |
| H02 | 0.031675 | 55 |
| H04 | 0.033502 | 52 |
| H06 | 0.036294 | 48 |
| QFe20 | O60 | 0.033502 | 52 |
| H06 | 0.043553 | 40 |
| QFe40 | O60 | 0.062218 | 28 |
| H06 | 0.087105 | 20 |

* + 1. 电磁屏蔽

棒线材的电磁屏蔽性应符合表7的规定。

1. 电磁屏蔽性

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 牌号 | f（频率） | 屏蔽效能  dB |
| 不小于 |
| QFe5 | 14KHz～30MHz | 45b |
| ＞30MHz～3GHz | 105 |
| ＞3GHz～18GHz | 105 |
| QFe10 | 14KHz～30MHz | 40b |
| ＞30MHz～3GHz | 100 |
| ＞3GHz～18GHz | 100 |
| QFe20 | 14KHz～30MHz | 35b |
| ＞30MHz～3GHz | 95 |
| ＞3GHz～18GHz | 95 |
| b表示为电场强度之比。 | | |

* + 1. 内部质量

直径不小于5mm的棒线材断口无缩尾，端面应致密。不应有超出YS/T 336中规定的气孔、分层和夹杂等缺陷。

* + 1. 表面质量

棒线材表面应光亮、清洁，不应有影响使用的缺陷。

* + 1. 卷重量

线材卷重量应符合表8规定。

1. 线材卷重量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 直径  mm | 每卷重量  kg | |
| 标准卷 | 较轻卷 |
| 0.1～0.5 | 5±1 | 2±1 |
| ＞0.5～1.0 | 12±1 | 8±1 |
| ＞1.0～2.0 | 25±2 | 15±2 |
| ＞2.0～4.0 | 30±5 | 20±5 |
| ＞4.0～6.0 | 35±5 | 25±5 |
| ＞6.0～10.0 | 200±20 | 150±20 |

* 1. 试验方法
     1. 化学成分

QFe10、QFe20、QFe40中的铁含量检测方法应参照附录A规定进行。QFe5及其余元素的化学成分分析方法按GB/T 5121（所有部分）、YS/T482或YS/T 483规定的进行。

* + 1. 外形尺寸及其允许偏差测量方法

棒线材的外形尺寸测量方法按GB/T 26303.2的规定进行。

* + 1. 力学性能

6.3.1 棒线材的维氏硬度试验按GB/T 4340.1的规定进行。

6.3.2 棒线材的室温拉伸试验及其试样制备方法按GB/T 34505-2017的规定进行，试样的选取应符合表9的规定。

1. 拉伸试样类型的选取

|  |  |
| --- | --- |
| 直径/mm | 试样类型的选取 |
| 0.1～10 | GB/T 34505-2017 表14中试样号R7 |
| ＞10～14 | GB/T 34505-2017表11中试样号R2 |

* + 1. 电性能

棒线材的电性能按GB/T 351的规定进行。

* + 1. 电磁屏蔽

6.5.1 棒线材的电磁屏蔽检测按6.5.2检验。

6.5.2 棒线材电磁屏蔽检测流程如下：

a）取样，将棒线材编织成铜金属电磁屏蔽织物。铜金属电磁屏蔽织物的克重、厚度等指标，由供需双方协商确定。

b) 铜金属电磁屏蔽织物按GB/T 30142的规定检测电磁性能。

* + 1. 内部质量

直径不小于5mm的棒线材的断口检验按YS/T 336的规定进行。

* + 1. 表面质量

棒线材的表面质量用目视进行检验或用相应的检测工具检测。

* + 1. 卷重量

线材卷重量用相应精度的测量工具检测。

* 1. 检验规则
     1. 检验和验收

7.1.1 棒线材应由供方或第三方进行检验，保证产品质量符合本文件及订货单的规定。

7.1.2 需方可对收到的产品按本文件及或订货单的规定进行检验，如检验结果与本文件及订货单的规定不符时，应在收到产品之日起3个月内以书面形式向供方提出。如需仲裁，仲裁取样由供需双方共同进行。

* + 1. 组批

产品应成批提交检验。每批应由同一牌号、状态、规格的产品组成。每批重量应不大于2000kg。

* + 1. 检验项目

产品的检验项目分为出厂检验项目和型式检验项目，见表10。出现下列任一情况时，应进行型式检验；

* 1. 新产品或老产品转厂的试制定型鉴定；
  2. 产品的原料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
  3. 产品停产后，恢复生产时；
  4. 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
  5. 连续二年未进行型式检验时；
  6. 需方要求时（在订货单中注明）；
  7. 国家有关监督机构提出进行型式检验的要求时。

1. 检验项目

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检验项目 | | 出厂检验项目 | 型式检验项目 |
| 化学成分 | | √ | √ |
| 外形尺寸及其允许偏差 | | √ | √ |
| 力学性能 | 抗拉强度 | √ | √ |
| 断后伸长率 | △ | √ |
| 硬度HV | √ | √ |
| 电性能 | | √ | √ |
| 电磁屏蔽 | | △ | √ |
| 内部质量 | | √ | √ |
| 表面质量 | | √ | √ |
| 注：表中“√”表示必验项目；“△”表示“需方有要求时进行的检验项目”。 | | | |

* + 1. 取样

棒线材取样应符合表11的规定。取样方法按YS/T 668的规定进行。

1. 棒线材的取样

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检验项目 | 取样规定 | 要求的章条号 | 试验方法的章条号 |
| 化学成分 | 供方每炉取1个试样 | 5.1 | 6.1 |
| 外形尺寸及其允许偏差 | 按照GB/T 2828.1规定的取样方案要，选择正常检验一次抽样方案，检测水平Ⅱ，接收质量限AQL=2.5，或供需双方协商 | 5.2 | 6.2 |
| 力学性能 | 每批任取2根（卷），每根取1个试样 | 5.3 | 6.3 |
| 电性能 | 每批任取2根（卷），每根取1个试样 | 5.4 | 6.4 |
| 电磁屏蔽 | 每批任取2根（卷），每根取1个试样 | 5.5 | 6.5 |
| 内部质量 | 直径不小于5mm的棒线材每批任取2根（卷），每根取1个试样 | 5.6 | 6.6 |
| 表面质量 | 按照GB/T 2828.1规定的取样方案要，选择正常检验一次抽样方案，检测水平Ⅱ，接收质量限AQL=2.5，或供需双方协商 | 5.7 | 6.7 |

* + 1. 检验结果判定
       1. 检验结果的数值按GB/T 8170的规定进行修约，并采用修约值比较法进行判定。
       2. 化学成分不合格时，判该批型材不合格。
       3. 棒线材的外形尺寸及其允许偏差和表面质量不合格时，按根（卷）判不合格。每批中不合格件数超出接收质量限时判整批不合格，或由供方逐根检验，逐根（卷）判定。
       4. 当力学性能、电性能、电磁屏蔽、内部质量的试验结果中有试样不合格时，应从该批棒线材中另取双倍数量的试样（其中一个试样必须取自原检验不合格的那根（卷）进行重复试验，重复试验结果全部合格，则判整批棒线材合格。若重复试验结果仍有试样不合格，则判该批棒线材不合格。或由供方逐根（卷）检验，合格者供货。
  1. 标志、包装、运输和贮存及随行文件
     1. 标志、包装、运输、贮存
     2. 随行文件

每批产品应附有随行文件，其中除应包括供方信息、产品信息、本文件编号、出厂日期或包装日期外，还宜包括：

a）产品质量保证书，内容如下：

* 产品的主要性能及技术参数
* 产品特点（包括制造工艺及原材料的特点）；
* 对产品质量所负的责任；
* 对产品获得的质量认证及带供方技术监督部门检印的各项分析检验结果。

b）产品合格证，内容如下：

* 检验项目及其结果或检验结论；
* 批量或批号；
* 检验日期；

9 订货单内容

本文件所列产品的订货单应包括下列内容：

a) 产品名称；

b) 牌号；

c) 状态；

d) 规格；

e) 重量或根数；

f) 拉伸试验和硬度试验

g) 电性能；

h) 电磁屏蔽(有需要时）；

i）本文件编号；

j）其他。

附录A

（资料性附录）

铜铁合金精炼铸锭铁含量化学成分检测方法

**一、范围**

适用于铜铁合金精炼铸锭中铁含量的测定。测试范围5%-55%。

**二、方法原理**

试样用盐酸和硝硫混酸溶解，用氨水沉淀铁，使之与基体铜分离，在盐酸介质中，用氯化亚锡还原大部分铁，剩下少量铁以钨酸钠做指示剂，用三氯化钛还原，加入硫磷混酸，以二苯胺-4-磺酸钠为指示剂，用重铬酸钾标准滴定溶液滴定。

**三、试剂**

除非另有说明，在分析中仅使用确认为分析纯的试剂和蒸馏水或去离子水或相当纯度的水。

3.1氯化铵

3.2盐酸(ρ1.19g/mL)

3.3盐酸(1+1)

3.4盐酸(1+5)

3.5盐酸(5+95)

3.6硝酸(ρ1.42g/mL)

3.7硫酸(ρ1.84g/mL)

3.8磷酸(ρ1.69g/mL)

3.9硝硫混酸（7+3）：将30mL硫酸（3.7）在不断搅拌下缓慢注入70mL硝酸（3.6）中，冷却至室温。

3.10硫磷混酸：将150mL硫酸（3.7）在不断搅拌下缓慢注入700mL水中，冷却至室温，加入150mL磷酸（3.8），混匀，冷却至室温。

3.11氨水(ρ0.88g/mL)

3.12氨水-氯化铵溶液：用水稀释2mL氨水（3.11）至100mL，加2g氯化铵（3.1），摇匀。

3.13氯化亚锡溶液（60g/L）：称取6g氯化亚锡溶于20mL热盐酸（3.2）中，用水稀释至100mL，混匀。

3.14三氯化钛溶液（1+14）：移取2mL三氯化钛溶液，用盐酸（3.4）稀释至30mL，混匀，用时现配。

3.15硫酸铜溶液(5g/L):称取0.78g五水硫酸铜溶于100mL水中，混匀。

3.16钨酸钠溶液(250g/L):称取25g钨酸钠溶于适量水中，加入5mL磷酸(3.8)，用水稀释至100mL，混匀。

3.17重铬酸钾标准滴定溶液[c(1/6K2Cr2O7=0.0500mol/L)]:称取2.4517g基准重铬酸钾（预先在150℃烘1h)，置于250mL烧杯中，加少量水溶解后移入1000mL容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。

3.18二苯胺-4-磺酸钠溶液（5g/L）。

**四、仪器**

4.1 电子天平（0.0001g）。

4.2 滴定管。

**五、试样**

厚度不大于1mm的碎屑。

**六、测试步骤**

6.1试样

按表1称取试样，精确至0.0001g。

表1 试样质量

|  |  |
| --- | --- |
| 铁质量分数/% | 试样质量/g |
| 5.00~10.00 | 1.00 |
| ＞10.00~20.00 | 0.50 |
| ＞20.00~30.00 | 0.30 |
| ＞30.00~55.00 | 0.20 |

6.2测定次数

独立地进行二次测定，取其平均值。

6.3测定

6.3.1试样的处理

将试样(6.1)置于500mL锥形瓶中，用少量水润湿，加10mL盐酸(3.2)，于电热板低温处加热溶解5min，取下稍冷，加入10mL硝硫混酸(3.9)，摇匀，低温加热，待试样完全分解后，继续加热蒸至近干，取下冷却。

6.3.2加30mL水、5g氯化铵(3.1)，低温加热至盐类溶解，取下，加水至100mL，加热至近沸，取下稍冷，边搅拌边加氨水(3.11)中和至氢氧化铁沉淀完全，氢氧化铜溶解完全再过量10mL，煮沸后保持微沸5min，用中速滤纸过滤，热氨水-氯化铵溶液(3.12)洗涤锥形瓶3次，洗沉淀至滤纸无铜的蓝色，用热水洗涤锥形瓶及沉淀各2次，用10mL热盐酸(3.3)分次冲洗沉淀至原锥形瓶中，用热盐酸(3.5)洗涤滤纸至无黄色，于电热板上微热至氢氧化铁沉淀完全溶解。

6.3.3滴定

滴加氯化亚锡溶液(3.13)至浅黄色，冷至室温，加水至100mL左右，加3滴～4滴钨酸钠溶液(3.16)，用三氯化钛溶液(3.14)滴至呈蓝色，再滴加3滴硫酸铜溶液(3.15)搅拌至无色，立即加15mL硫磷混酸(3.10)和8滴二苯胺-4-磺酸钠溶液(3.18)，用重铬酸钾标准滴定溶液(3.17)滴定至紫色并保持30s不褪色，记下滴定体积。

**七、分析结果的计算**

按式(1)计算铁的质量分数w（Fe），数值以%表示：

………………………………（1）

式中：

c——重铬酸钾标准溶液的实际浓度，单位为摩尔每升（mol/L）

m——试样的质量，单位为克（g）

V——滴定试样溶液所消耗标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）

55.85——铁的摩尔质量，单位为克每摩尔（g/mol）