《超细晶锡青铜合金带箔材》编制说明

（讨论稿）

宁波博威合金板带有限公司

2024年10月

《超细晶锡青铜合金带箔材》

编制说明（讨论稿）

一、工作简况

1.1任务来源

根据《工业和信息化部办公厅关于印发202x年第x批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（工信厅科〔202x〕xx号）文件，《超细晶锡青铜合金带箔材》行业标准（计划号202x-xxxxT-YS），由宁波博威合金板带有限公司、安徽楚江高精铜带有限公司、中铝洛阳铜加工有限公司、浙江惟精新材料股份有限公司，完成年限为202x年。

本文件立项名称为《超细晶锡青铜合金带箔材》，规定了超细晶锡青铜带箔材（以下简称带箔材）的分类和标记、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存、随行文件及订货单内容。本文件制造连接器、开关、继电器等行业用超细晶锡青铜带箔材。

1.2立项目的和意义

《“十四五”原材料工业发展规划》指出，到2025年，原材料工业保障和引领制造业高质量发展的能力明显增强；增加值增速保持合理水平，在制造业中比重基本稳定；新材料产业规模持续提升，占原材料工业比重明显提高。

锡青铜具有高的强度，优良的弹性、耐磨耐蚀、抗磁、易钎焊、电镀及良好的冷加工性能，常规的锡青铜带箔材作为国内第二代铜及铜合金带箔材，被广泛地应用于各类接插件、连接器、端子、触点、膜片和弹簧等元器件，是目前应用最广泛的弹性材料。常规的锡青铜带箔材，其晶粒尺寸通常在8~30μm，且存在晶粒尺寸不均匀的现象，导致其强度、韧性无法满足国防等高端应用的需要。本标准规定的超细晶锡青铜，经过特殊的生产工艺，晶粒尺寸为1~3μm，远低于常规的锡青铜。

所谓细晶强化，是指通过晶粒粒度的细化来提高金属的强度，多晶体金属的晶粒边界通常是大角度晶界，相邻的不同取向的晶粒受力产生塑性变形时，部分施密特因子大的晶粒内位错源先开动，并沿一定晶面产生滑移和增殖。滑移至晶界前的位错被晶界阻挡。这样一个晶粒的塑性变形就无法直接传播到相邻的晶粒中去，且造成塑变晶粒内位错塞积。在外力作用下，晶界上的位错塞积产生一个应力场，可以作为激活相邻晶粒内位错源开动的驱动力。同时，相比常规的锡青铜带箔材，在相同的状态下，超细晶锡青铜带箔材有以下优点：

1）因其更高的强度及弹性可在客户端设计时保持其成型能力，利于产品轻薄化设计；

2）弯曲性能更加优异，其镀锡后弯曲不会有橘皮；

3）疲劳强度更高，在使用过程接触应力更加稳定，避免接触不良导致的电流或信号传输的中断。通常情况下，疲劳强度约为抗拉强度值的1/3。对于该类超细晶带箔材，疲劳强度可以提高到抗拉强度的1/2。

目前国内的常规锡青铜带材的生产水平已与国际先进水平无明显差别，中低端市场已实现全面量产甚至出口，但晶粒尺寸为1~3μm的超细晶带材及箔材，与维兰德、日矿等国际顶尖企业仍存在较大差距，高端产品需要进口替代以代替国内生产。据统计，2021年，锡青铜带箔材产量约26万吨，同比增长18.2%；国内超细晶锡青铜带箔材用量约为5万吨/年，且在稳步上升，目前高弹性要求的连接器、开关、继电器领域中约80%左右的超细晶锡青铜依赖于进口。《超细晶锡青铜带箔材》标准的制定，可规范高弹性要求的连接器、开关、继电器等行业的铜合金带箔材的选材，为实现超细晶锡青铜带箔材的进口替代，解决卡脖子问题提供技术支撑。

1.3主要参加单位和工作成员所作的工作

本标准的负责起草单位宁波博威合金板带有限公司（简称：博威板带）创建于1993年，2011年1月博威合金在上交所主板上市（股票代码：601137）。经过近30年快速健康发展，在全球拥有中国、德国、加拿大、越南等九大专业化制造基地，成为集新材料、新能源等产业于一体的科技型、国际化公司。博威是“创新型企业”、“国家技术创新示范企业”，拥有“国家认定企业技术中心”、“国家博士后科研工作站”、“国家认可实验室”、“国家地方联合工程研究中心”研发创新平台，是“高新技术企业”、国际有色金属加工协会（IWCC）技术委员会委员。2019年与全球咨询公司——埃森哲全面合作，开展数字化转型，推进数字化营销、数字化研发、数字化制造、数字化供应链、数字化服务等项目建设，全面打造数字化生态圈，建立具有持续创新能力的自进化型的数字化企业。博威站在科技前沿，积极开展市场研究和产品研发，近年来完成新材料创新项目50多项，拥有185件发明专利，主导或参与制订标准制定，为客户创造价值，推动时代进步。

标准的主要起草人工作分工如下：

表1 标准编制组成员及职责

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 起草人姓名 | 职责及分工 |
|  |  |  |
|  |  |  |

1.4 主要工作过程

1.4.1预研阶段

根据客户市场端的需求，宁波博威合金板带有限公司自2015年起开始对超细晶锡青铜带箔材的综合性能优异的铜合金进行立项研究，满足连接器、开关、继电器等行业的发展需求。

1.4.2标准立项

标准项目于2022年11月厦门会议上提交全体委员会议讨论、申请立项，并与20xx年x月下达标准计划。

二、编制原则

本标准起草单位自接受起草任务后，成立了本标准编制工作组负责收集该测试方法的相关信息。确定了《超细晶锡青铜带箔材》标准起草所遵循的基本原则和编制依据：

1）查阅相关标准和国内外客户的相关技术要求；

2）根据国内铜及铜合金板带材生产企业具体情况，力求做到标准的合理性与实用性；

3）完全按照GB/T 1.1和有色加工产品标准和国家标准编写示例的要求进行格式和结构编写。

三、标准主要技术内容的确定依据及主要试验和验证情况分析

1标准题目与适用范围

本文件立项名称为《超细晶锡青铜带箔材》，规定了超细晶锡青铜带箔材（以下简称带箔材）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、随行文件和订货单等内容。本文件适用于制造连接器、开关、继电器的超细晶锡青铜铜合金带箔材。

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，仅所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 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 8888 重有色金属加工产品的包装、标志、运输、贮存和质量证明书

GB/T 26303.3 铜及铜合金加工材外形尺寸检测方法 第3部分：板带材

GB/T 32791 铜及铜合金导电率涡流测试方法

GB/T 34505 铜及铜合金材料 室温拉伸试验方法

YS/T 347 铜及铜合金 平均晶粒度测定方法

YS/T 482 铜及铜合金分析方法 光电发射光谱法

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

YS/T xxxx 铜及铜合金带箔材弯曲试验方法

3 要求

3.1产品分类

产品分类是对超细晶锡青铜带箔材的牌号、代号、状态、规格和规定同时规定了产品标记方法。相关情况分别说明如下：

本标准根据我国超细晶锡青铜带箔材应用的实际情况，选取了QSn4-0.3、QSn6-0.2、QSn8-0.3、QSn10-0.2共4个牌号；

1）根据GB/T 29094-2012及客户实际使用情况，确定该4个牌号的订货状态；

2）规格范围：本标准根据超细晶锡青铜带箔材的要求，及实际生产控制水平和目前客户的使用要求，规定了带箔材的厚度（0.080～0.400）、宽度（8.500～850.000）；

3）产品标记方法：按照GB/T 1.1-2009的规定，标准中分别给出了带材、箔材的典型标记示例。

3.2 化学成分

本标准中的牌号都是来自GB/T 5231《加工铜及铜合金牌号和化学成分》中的牌号，化学成分应符合GB/T 5231的规定。

3.3尺寸及尺寸允许偏差

3.3.1 尺寸及尺寸允许偏差

对每一批产品，企业都要在出厂前对产品的外形尺寸进行严格的抽样检测。本标准尺寸及尺寸允许偏差根据超细晶锡青铜带箔材的要求制定的。部分带箔材规格段产品规格实际偏差如表2、表3所示：

表2厚度的尺寸及其实测偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 规格  mm | 实测偏差 | |
| 普通级（mm） | 高精级（mm） |
| QSn4-0.3、QSn6-0.2、QSn8-0.3、QSn10-0.2 | 0.080～0.150 | -0.004～0.005 | -0.003～0.003 |
| ＞0.150～0.200 | -0.007～0.007 | -0.003～0.004 |
| ＞0.200～0.300 | -0.008～0.009 | -0.005～0.004 |
| ＞0.300～0.400 | -0.013～0.014 | -0.007～0.007 |

表3 宽度的尺寸及其实测偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 牌号 | 规格  mm | 实测偏差  mm |
| QSn4-0.3、QSn6-0.2、QSn8-0.3、QSn10-0.2 | 8.5～100 | -0.04～0.05 |
| ＞100～300 | -0.07～0.06 |
| ＞300～600 | -0.09～0.08 |
| ＞600～850 | -0.14～0.15 |

3.3.2 侧边弯曲度

带箔材的侧边弯曲度应符合表4的规定。

表4 侧边弯曲度

|  |  |
| --- | --- |
| 宽度  mm | 侧边弯曲度  mm/m  不大于 |
| 8.50～50.00 | 2.5 |
| ＞50.00～100.00 | 2.0 |
| ＞100.00～200.00 | 1.5 |
| ＞300.00～850.00 | 1.0 |

3.3.3 边缘毛刺

带箔材的边缘毛刺应符合表5的规定。

表5 边缘毛刺

单位为毫米

|  |  |
| --- | --- |
| 厚度 | 边缘毛刺  不大于 |
| 0.080～0.400 | 0.03 |

3.3.4 扭曲度

带箔材的扭曲度应符合表6的规定。

表6 扭曲度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 宽度  mm | 扭曲度  （°）  不大于 | |
| 普通级 | 高精级 |
| 8.50～30.00 | 30 | 10 |
| ＞30.00～850.00 | 20 | 5 |

3.3.5 平整度

参考其他相关铜合金带箔材标准的平整度，平整度应不大于0.5mm。

3.3.6 力学性能

材料的力学性能按照GB/T 4340.1 《金属材料 维氏硬度试验 第1部分：试验方法》及GB/T 34505-2017 《铜及铜合金材料 室温拉伸试验方法》进行检验，并符合下表的规定。

表7 带箔材的力学性能

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 状态 | 拉伸试验 | | | 硬度试验 |
| 抗拉强度  （Rm）  MPa | 规定塑性延伸强度  （Rp0.2）  MPa | 断后伸长率  （A50mm）  % | 维氏硬度  HV |
| QSn4-0.3 | H06 | 580～680 | ≥530 | ≥13 | 170～230 |
| H08 | 660～760 | ≥630 | ≥7 | 180～240 |
| H10 | 700～800 | ≥690 | ≥3 | 190～250 |
| QSn6-0.2 | H04 | 550～650 | ≥500 | ≥16 | 170～230 |
| H06 | 670～780 | ≥660 | ≥7 | 200～260 |
| QSn8-0.3 | H04 | 590～705 | ≥540 | ≥20 | 185～235 |
| H06 | 685～785 | ≥650 | ≥15 | 210～260 |
| H08 | 735～835 | ≥700 | ≥9 | 230～270 |
| H10 | 800～900 | ≥775 | ≥5 | 250～290 |
| QSn10-0.2 | H04 | 650～750 | 580～690 | ≥11 | 200～240 |
| H06 | 750～850 | 650～790 | ≥9 | 230～270 |
| H08 | 850～950 | 780～920 | ≥5 | 250～290 |
| H10 | 950～1050 | 900～1030 | ≥1 | 270～310 |
| H12 | 1000～1200 | 950～1190 | - | ≥290 |

3.3.7 弯曲性能

弯曲性能是描述带箔材冲压性能的重要指标，按照YS/T xxxx-2024《铜及铜合金带箔材弯曲试验方法》进行试验，弯曲试验条件见下表，试验后弯曲外不应有肉眼可见的裂纹。

表8 弯曲试验

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 状态 | 最大弯曲内侧半径（90°） | |
| 垂直于轧制方向  （GW） | 平行于轧制方向  （BW） |
| QSn4-0.3 | H06 | 0×t | 0×t |
| H08 | 0.5×t | 2.5×t |
| H10 | 1.0×t | 4.0×t |
| QSn6-0.2 | H04 | 0×t | 0×t |
| H06 | 1.0×t | 2.0×t |
| QSn8-0.3 | H04 | 0×t | 0×t |
| H06 | 0×t | 0.5×t |
| H08 | 0×t | 2.0×t |
| H10 | 1.0×t | 4.0×t |
| QSn10-0.2 | H04 | - | - |
| H06 | 0×t | 0×t |
| H08 | 0.5×t | 1.0×t |
| H10 | 2.0×t | 3.0×t |
| H12 | 4.0×t | - |

3.3.8 电性能

电性能是衡量连接器材料导电能力的重要指标，采用GB/T 351 《金属材料电阻系数测量方法》或GB/T 32791 《铜及铜合金导电率涡流测试方法》进行检测，带箔材的导电率应符合下表的规定，仲裁时用GB/T 351 《金属材料电阻系数测量方法》进行检测。

表9 线材的导电率

|  |  |
| --- | --- |
| 牌号 | 导电率（C20）  %IACS  不小于 |
| QSn4-0.3 | 19 |
| QSn6-0.2 | 14 |
| QSn8-0.3 | 12 |
| QSn10-0.2 | 9 |

3.3.9 晶粒度

晶粒度对材料的韧性、塑性变形、加工成型均有重要影响，带箔材的晶粒度按照YS/T 347《铜及铜合金平均晶粒度测定方法》进行检验，带箔材应在软化退火状态下进行晶粒度测试，测试结果应为1～3μm。本标准规定的超细晶锡青铜，经过特殊的生产工艺，晶粒尺寸远低于常规的锡青铜。

3.3.10 表面质量

根据超细晶锡青铜带箔材行业的要求，带箔材的表面应光滑、清洁，不应有影响使用的缺陷。

四、标准中涉及专利的情况

无。

五、达到的社会效益等情况

1. 项目的必要性阐述

《“十四五”原材料工业发展规划》指出，到2025年，原材料工业保障和引领制造业高质量发展的能力明显增强；增加值增速保持合理水平，在制造业中比重基本稳定；新材料产业规模持续提升，占原材料工业比重明显提高。锡青铜具有高的强度，优良的弹性、耐磨耐蚀、抗磁、易钎焊、电镀及良好的冷加工性能，常规的锡青铜带箔材作为国内第二代铜及铜合金带箔材，被广泛地应用于各类接插件、连接器、端子、触点、膜片和弹簧等元器件，是目前应用最广泛的弹性材料。常规的锡青铜带箔材，其晶粒尺寸通常在8～30μm，且存在晶粒尺寸不均匀的现象，导致其强度、韧性无法满足国防等高端应用的需要。本标准规定的超细晶锡青铜，经过特殊的生产工艺，晶粒尺寸为1～3μm，远低于常规的锡青铜。《“十四五”原材料工业发展规划》指出，到2025年，原材料工业保障和引领制造业高质量发展的能力明显增强；增加值增速保持合理水平，在制造业中比重基本稳定；新材料产业规模持续提升，占原材料工业比重明显提高。

锡青铜具有高的强度，优良的弹性、耐磨耐蚀、抗磁、易钎焊、电镀及良好的冷加工性能，常规的锡青铜带箔材作为国内第二代铜及铜合金带箔材，被广泛地应用于各类接插件、连接器、端子、触点、膜片和弹簧等元器件，是目前应用最广泛的弹性材料。常规的锡青铜带箔材，其晶粒尺寸通常在8～30μm，且存在晶粒尺寸不均匀的现象，导致其强度、韧性无法满足国防等高端应用的需要。本标准规定的超细晶青铜，经过特殊的生产工艺，晶粒尺寸为1～3μm，远低于常规的锡青铜。同时，相比常规的锡青铜带箔材，在相同的状态下，超细晶锡青铜带箔材有以下优点：

1）因其更高的强度及弹性可在客户端设计时保持其成型能力，利于产品轻薄化设计；

2）弯曲性能更加优异，其镀锡后弯曲不会有橘皮；

3）疲劳强度更高，在使用过程接触应力更加稳定，避免接触不良导致的电流或信号传输的中断。通常情况下，疲劳强度约为抗拉强度值的1/3。对于该类超细晶带箔材，疲劳强度可以提高到抗拉强度的1/2。

目前国内的常规锡青铜带材的生产水平已与国际先进水平无明显差别，中低端市场已实现全面量产甚至出口，但晶粒尺寸为1～3μm的超细晶带材及箔材，与维兰德、日矿等国际顶尖企业仍存在较大差距，高端产品需要进口替代以代替国内生产。据统计，2021年，锡青铜带箔材产量约26万吨，同比增长18.2%；国内超细晶锡青铜带箔材用量约为5万吨/年，且在稳步上升，目前高弹性要求的连接器、开关、继电器领域中约80%左右的超细晶锡青铜依赖于进口。《超细晶锡青铜带箔材》标准的制定，可规范高弹性要求的连接器、开关、继电器等行业的铜合金带箔材的选材，为实现超细晶锡青铜带箔材的进口替代，解决卡脖子问题提供技术支撑。

1. 项目的可行性阐述

——企业技术储备与技术水平、产业化情况、满足用户需求情况、市场规模；

宁波博威合金材料股份有限公司是我国高精度、高性能铜合金线材研发制造领域龙头企业，研发的系列高性能铜合金材料，成功应用于航空航天、5G通讯及新能源汽车等领域。先后承担国家重点研发计划和地方科技项目课题10余项，在国家“十三五”重点研发计划项目的资助下，研发了系列接插件用高性能铜合金板带材，获有色金属工业科学技术一等奖1项，课题结题验收评价为优秀。

博威拥有国家认定企业技术中心、国家地方联合工程研究中心、国家认可实验室、国家级博士后科研工作站等平台；其研发平台配置了电感耦合等离子体发射光谱仪、SEM、EBSD、XRD、原子吸收分光光度计、碳硫分析仪等完整的理化、组织、摩擦磨损检测仪器设备，完全能满足本项目研发需求。在本标准立项前，博威合金联合下游验证客户对该标准做了大量的验证工作，积累了大量数据。

——拟要解决的主要问题，相关标准情况，存在的问题，研制标准的意义。

本标准的制定可解决电子元器件行业因选材不当导致的电流、信号传输不稳定等问题，有利于供应链的自主可控。通过查阅相关资料发现，国外美标 ASTM B103/B103M-2015《StandardSpecification for-Phosphor-Bronze Plate, Sheet, Strip, and RolledBar》(锡青铜厚板、薄板、带材和轧制条材)及日标JIS H 3110-2018《锡青铜和镍银合金薄板、板材和带材》、JIS H 3130-2018《弹簧用铜铍合金、铜钛合金、锡青铜、铜镍锡合金和镍银薄板材、板材和带材》标准中未对超细晶锡青铜的性能及晶粒度进行规定，但国外知名企业如维兰德、日矿等公司，已开发相应产品满足日益增长的高弹性性能要求。相对于常规的锡青铜带箔材，相同状态的超细晶锡青铜带箔材有以下特点：1）强度更高，更利于客户轻薄化设计；2）更优异的弯曲性能；3）使用过程接触应力更加稳定，电流、信号传输更加稳定。国内GB/T 34497-2017《端子连接器用铜及铜合金带箔材》及GB/T 26007-2017《弹性元件和接插件用铜合金带箔材》为端子连接器、弹性元件、接插件等的通用标准，包含的锡青铜为普通锡青铜，在相同状态下，与本标准规定的超细晶锡青铜的性能指标差异大(如力学性能、硬度、折弯性能、疲劳)等。GB/T 34497-2017《端子连接器用铜及铜合金带箔材》及GB/T 26007-2017《弹性元件和接插件用铜合金带箔材》不能指导用户选材，制定《超细晶锡青铜带箔材》标准迫在眉睫。

本标准的制定有助于铜合金带箔材产品转型升级和国产化应用，解决“卡脖子”问题，并促进新产品、新技术发展，利于电子信息发展和产业化，提升高端铜合金材料供给质量和水平，符合工信部电子[2021]5号《基础电子元器件产业发展行动计划》政策的要求。

1. 标准的先进性、创新性、标准实施后预期产生的经济效益和社会效益

该标准的实施，对于促进铜及铜合金板带材的质量提升，满足连接器、开关、继电器等基础电子元器件产业对基础材料的需求，促进铜合金带箔材的健康发展，发挥着重要的作用。本标准能够为电子元器件国产化及材料和设备仪器等基础电子产业发展，对推进信息技术产业基础高级化、产业链现代化，乃至实现国民经济高质量发展，具有巨大的经济效益及社会效益。

六、采用国际标准和国外先进标准的情况

本标准不采用国际标准和国外先进标准。

七、与现行法律、法规、强制性国家标准及相关标准协调配套情况

本标准符合现行法律、法规的要求，并与其他同类国家标准、国家J用标准、行业标准无冲突、重叠和不协调之处。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

暂无。

九、作为强制性或推荐性国家标准的建议

本标准是汽车连接器用高强导电铜合金线材的通用标准，建议作为推荐性行业标准发布。

十、贯彻标准的要求和措施建议

为使标准能更好地发挥作用，提高铜及铜合金板带生产企业的控制水平，建议针对本标准制订切实可行的贯彻措施，做好宣传培训工作，使各相关单位充分掌握标准中所规定的内容，并加强示范推广，让标准在铜及铜合金带箔的生产和使用过程中得以广泛应用。同时，对标准执行情况进行跟踪调查，及时发现标准执行中的问题，不断修改完善，提升标准水平，提高标准的科学性、合理性、协调性和可操作性，以保证产品质量，满足国内、外市场及用户的需要。

十一、废止现行有关标准的建议

无。

十二、其他主要内容的解释和其他需要说明的事项。

无。

《超细晶锡青铜合金带箔材》行业标准编制组