《汽车连接器用高强导电铜合金线材》编制说明

（讨论稿）

宁波博威合金材料股份有限公司

2023年12月

《汽车连接器用高强导电铜合金线材》

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2023年第一批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（工信厅科〔2023〕18号）文件，《汽车连接器用高强导电铜合金线材》行业标准（计划号2023-0079T-YS），由宁波博威合金材料股份有限公司、芜湖楚江合金铜材有限公司、宁波兴敖达新材料有限公司、绍兴市特种设备检测院、贵州航天电器股份有限公司、江西康成特导新材股份有限公司，完成年限为2024年。

本文件立项名称为《汽车连接器用高强导电铜合金线材》，规定了汽车连接器用高强导电铜合金线材（以下简称线材）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。本文件适用于汽车连接器用高强导电铜合金线材。

1.2立项目的和意义

《基础电子元器件产业发展行动计划（2021-2023年）》中指出，信息技术产业是关系国民经济安全和发展的战略性、基础性、先导性产业，也是世界主要国家高度重视、全力布局的竞争高地。电子元器件是支撑信息技术产业发展的基石，也是保障产业链供应链安全稳定的关键。未来5年电子元器件销售总额有望超过3万亿元，进一步巩固我国作为全球电子元器件生产大国的地位，充分满足信息技术市场规模需求。电子连接器是连接两个不同功能部件的关键部件，通过电信号的传递实现功能的协同，实现电器设备的功能。近些年随着计算机、电机技术、电磁技术的发展，特别是5G通讯技术、物联网等各种传感技术的发展，连接器的需求量不断呈现放量增长趋势。但当前我国电子元器件产业存在整体大而不强、龙头企业匮乏、创新能力不足等问题，制约信息技术产业发展。高端的连接器用材仍旧依赖进口。

铜在金属中导电性能仅次于银，但是银的价格高昂不便于广泛推广，而且银的硬度较低，不适合在受力的工况使用。铜合金由于其高强度、高导电性能等原因，广泛被用作连接器的关键部件。据统计，目前连接器用铜材全球使用量在50万吨/年以上。高频高速、低损耗、小型化、耐高压、耐高温、高抗拉强度的汽车连接器是未来的发展方向。常规的连接器以黄铜、磷青铜等材料生产导电率低，发热量大，难以满足汽车连接器微型化、多功能、耐高温等的发展需求，更高导电的铜合金材料成为未来电子连接器的选材的趋势。纯铜导电率在100%lACS左右，适用于大电流工况。但是纯铜强度及耐热性差，不适合于小型化及高温发热工况的使用。针对纯铜的不足，铜合金行业陆续开发了C19160、C19400、C19700、C70250等时效强化型铜合金材料，以满足连接器智能化、小型化、多功能化的要求。针对汽车连接器用铜材，兼顾强度、导电和耐高温软化性能的平衡型铜合金将是汽车连接器的发展方向，同时形成了以C19160、C19400、C19700、C70250为主的系列化解决方案。

目前市场及客户端汽车连接器设计与材料端选型，并无对应的线材标准可以供参考。目前上下游企业参照YS/T 1041-2015《汽车端子连接器用铜及铜合金带》标准进行设计选材，但是由于带材与线材成型过程的不同，导致性能存在差异，突出的特点是线材强度较带材高，而导电率略低，且无耐高温软化温度的指标要求。而GB/T 26132-2017《铜及铜合金线材》是国内常用铜合金线材的通用标准，覆盖国内常用的各类线材(不包含C19160、C19400、C19700、C70250），且只规定了常用的力学性能、硬度，对导电率及耐高温软化温度等重要指标均不作规定。因此该两标准并不能良好指导设计和材料选型，最终易发生连接器设计与功能出现较大的不符从而产生失效。

为便于设计、加工、供应商均有标准可参照，将汽车连接器用高强导电铜合金线材形成规范标准成为必要。《汽车连接器用高强导电铜合金线材》标准的制定，可规范新一代汽车连接器市场对铜合金线材的选材，为连接器行业的发展提供技术支撑。

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**宁波博威合金材料股份有限公司**，是国家技术创新示范企业、国家级制造业单项冠军示范企业，拥有国家认定企业技术中心、国家级博士后科研工作站、国家认可实验室、国家地方联合工程研究中心等。先后承担国家“十四五”重点研发计划项目、国家“十三五”、科技支撑计划等项目，迄今已获得198项国内外发明专利，主持、参与我国国家、行业标准制修订工作26项，引领我国有色合金新材料行业持续发展。博威合金致力于有色合金新材料的研发和生产，服务于半导体、超大规模集成电路、5G/6G通讯、航空航天、高铁、船舶、新能源汽车等30多个行业，打破了多项国外企业对高端合金领域的垄断，解决了新材料“卡脖子”问题，助推我国产业升级。公司在有色合金新材料领域多种新材料的成功研发及产业化，为起草本行业标准提供了有力的技术支撑，具备了起草本国家标准的技术基础。

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，宁波博威合金材料股份有限公司自2016年起开始对高强导电的综合性能优异的铜合金进行立项研究，满足汽车连接器微型化、多功能、耐高温等的发展需求。

1.4.2标准立项

标准项目于2022年4月网络会议上提交全体委员会议讨论、申请立项，并与2023年5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《汽车连接器用高强导电铜合金线材》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线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《汽车连接器用高强导电铜合金线材》，规定了汽车连接器用高强导电铜合金线材（以下简称线材）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。本文件适用于汽车连接器用高强导电铜合金线材。

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 26303.2 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 33370 铜及铜合金软化温度的测定方法

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 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）

3 要求

3.1产品分类

产品分类是对汽车连接器用高强导电铜合金线材的牌号、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：

1. 本标准根据我国汽车连接器用高强导电铜合金线材应用的实际情况，选取了TNil-1-0.25、TFe2.5、TFe0.75、BSi3.2-0.7共4个牌号；
2. 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；
3. 规格范围：本标准根据汽车连接器用高强导电铜合金线材的要求，及实际生产控制水平和目前客户的使用要求，规定了公称尺寸为圆形（0.4-10）、方形（0.5-1.2）两种线材；
4. 产品标记方法：按照GB/T 1.1-2009的规定，标准中分别给出了扁线的典型标记示例。

3.2 化学成分

本标准中的牌号都是来自GB/T 5231 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汽车连接器用高强导电铜合金的要求制定的。部分线材规格段产品规格实际偏差如表2、表3所示：

表2 圆线的尺寸及其实测偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 规格  mm | 允许偏差（±） | |
| 普通级（mm） | 高精级（mm） |
| TNil-1-0.25、TFe2.5、TFe0.75、BSi3.2-0.7 | 0.4～1.0 | -0.009～0.008 | -0.007～0.007 |
| ＞1.0～3.0 | -0.019～0.019 | -0.014～0.015 |
| ＞3.0～6.0 | -0.028～0.029 | -0.018～0.019 |
| ＞6.0～10.0 | -0.039～0.039 | -0.029～0.029 |

表3 方线的尺寸及其实测偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 规格  mm | 允许偏差（±） | |
| 普通级（mm） | 高精级（mm） |
| TFe2.5、TFe0.75、BSi3.2-0.7 | 0.5～1.2 | -0.018～0.019 | -0.014～0.014 |

3.3.2 圆角

方线的横截面棱角处允许有圆角，其圆角半径R应符合表4的规定。

表4 方线的圆角半径 单位为毫米

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 直径或对边距 | 圆角半径 | 圆角公差 |
| 0.5-0.65 | ≤0.05 | ±0.02 |
| 0.65-1.2 | ≤0.1 | ±0.04 |

3.3.3 圆度

圆线的圆度不得超过其直径允许偏差之半。

3.3.4 松弛直径与翘距

松弛直径与翘距这两个指标是材料在后道加工稳定性的重要指标，零件的精密程度、设备的加工精度越高，该指标的要求就越高，结合客户实际使用情况，该指标应符合下表的规定。

表5 翘距、松弛直径

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 直径或对比距 | | 翘距  mm | 松弛直径  mm |
| 截面形状 | 直径或对边距  mm |
| 圆形 | Φ0.4-φ3.0 | ≤80 | ≥400 |
| ＞φ3.0-φ5.0 | ≤200 | ≥400 |
| ＞Φ5.0-φ10 | / | ≥600 |
| 方形 | 0.5-1.2 | ≤80 | ≥600 |

3.3.5 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6 线材的力学性能

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 状态 | 抗拉强度Rm  MPa  不小于 | 规定非比例  延伸强度  MPa  不小于 | 伸长率A100mm  %  不小于 | 硬度  HV  不小于 |
| TNi1-1-0.5 | TL02 | 540 | 430 | 2 | 150 |
| TFe2.5 | H02 | 410 | 380 | 6 | 110 |
| H04 | 460 | 420 | 3 | 120 |
| H06 | 510 | 470 | 2 | 130 |
| H08 | 560 | 520 | 1 | 140 |
| TFe0.75 | H02 | 410 | 370 | 8 | 110 |
| H04 | 480 | 440 | 4 | 130 |
| H06 | 550 | 510 | 2 | 150 |
| H08 | 600 | 580 | 2 | 170 |
| BSi3.2-0.7 | TM00 | 620 | 480 | 实测值 | 180 |
| TM02 | 690 | 600 | 3 | 190 |
| TM03 | 720 | 650 | 2 | 210 |
| TM04 | 800 | 710 | 1 | 220 |

3.3.6 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》进行检测，线材的导电率应符合下表的规定

表7 线材的导电率

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 牌号 | 状态 | 导电率  %IACS |
| TNi1-1-0.5 | TL02 | ≥50 |
| TFe2.5 | H02、H03、H04、H06 | ≥60 |
| TFe2.5 | H08 | ≥56 |
| TFe0.75 | H02、H03、H04、H06 | ≥77 |
| TFe0.75 | H08 | ≥75 |
| BSi3.2-0.7 | TM00、TM02、TM03、TM04 | ≥40 |

3.3.7 耐高温软化温度

耐高温软化温度的是材料高温性能的重要表征，代表在高温时材料保持原有性能的能力，满足汽车连接器微型化、多功能、耐高温等的发展需求，依据GB/T 33370《铜及铜合金软化温度的测定方法》对其耐高温软化温度进行测定。

3.3.8 内部质量

线材的内部质量直接影响产品的使用寿命，标准中要求线材内部应致密、无缩尾，允许存在不影响用户使用的轻微缺陷。其缺陷大小和数量应符合YS/T 336的规定。

3.3.9 晶粒度

晶粒度对材料的韧性、塑性变形、加工成型有影响，线材的晶粒度按照YS/T 347《铜及铜合金平均晶粒度测定方法》进行检验。

3.3.10 表面质量

根据汽车连接器用高强导电铜合金线材行业的要求，线材表面应光滑、清洁，不应有影响使用的缺陷。

3.3.11 线材卷（轴）重量

随着下游客户自动化程度的增加，对线材的重量要求也越来越高，每卷（轴）重量应符合下表的规定。

表8 线材卷（轴）重量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 直径（或对边距）  mm | 每卷（轴）重量  kg | |
| 标准卷 | 较轻卷 |
| 0.4-1.0 | 30±5 | 20±5 |
| ＞1.0～5.0 | 50±5 | 40±5 |
| ＞5.0～10.0 | 80±10 | 60±10 |

四、标准中涉及专利的情况

无。

1. 预期达到的社会效益等情况
2. 项目的必要性阐述

铜合金材料是我国有色金属工业的重要组成部分。经过多年的快速发展，我国已经成为全球主要的铜合金材料生产国和消费国之一，综合实力明显增强。面对复杂多变的国内外宏观经济形势和发展环境，国内铜合金材料企业的规模和实力在过去中有了长足进步，产品竞争力明显提升，应用领域不断扩大，国产化水平不断提高，从而解决“卡脖子”问题，减少了国内对进口铜合金材料的依赖。产业的转型升级、结构优化使我国铜合金材料行业整体呈现了持续、快速的发展态势。

据统计，目前连接器用铜材全球使用量在50万吨/年以上。高频高速、低损耗、小型化、耐高压、耐高温、高抗拉强度的汽车连接器是未来的发展方向。常规的连接器以黄铜、磷青铜等材料生产导电率低，发热量大，难以满足汽车连接器微型化、多功能、耐高温等的发展需求，更高导电的铜合金材料成为未来电子连接器的选材的趋势。纯铜导电率在100%lACS左右，适用于大电流工况。但是纯铜强度及耐热性差，不适合于小型化及高温发热工况的使用。针对纯铜的不足，铜合金行业陆续开发了C19160、C19400、C19700、C70250等时效强化型铜合金材料，以满足连接器智能化、小型化、多功能化的要求。针对汽车连接器用铜材，兼顾强度、导电和耐高温软化性能的平衡型铜合金将是汽车连接器的发展方向，同时形成了以C19160、C19400、C19700、C70250为主的系列化解决方案。

目前市场及客户端汽车连接器设计与材料端选型，并无对应的线材标准可以供参考。目前上下游企业参照YS/T 1041-2015《汽车端子连接器用铜及铜合金带》标准进行设计选材，但是由于带材与线材成型过程的不同，导致性能存在差异，突出的特点是线材强度较带材高，而导电率略低，且无耐高温软化温度的指标要求。而GB/T26132-2017《铜及铜合金线材》是国内常用铜合金线材的通用标准，覆盖国内常用的各类线材(不包含C19160、C19400、C19700、C70250），且只规定了常用的力学性能、硬度，对导电率及耐高温软化温度等重要指标均不作规定。因此该两标准并不能良好指导设计和材料选型，最终易发生连接器设计与功能出现较大的不符从而产生失效。

为便于设计、加工、供应商均有标准可参照，将汽车连接器用高强导电铜合金线材形成规范标准成为必要。《汽车连接器用高强导电铜合金线材》标准的制定，可规范新一代汽车连接器市场对铜合金线材的选材，为连接器行业的发展提供技术支撑。

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汽车连接器智能化、小型化、多功能化的要求，保证电子元器件的安全性和可靠性。目前市场及客户端汽车连接器设计与材料端选型，并无对应的线材标准可以供参考。目前上下游企业参照YS/T 1041-2015《汽车端子连接器用铜及铜合金带》标准进行设计选材，但是由于带材与线材成型过程的不同，导致性能存在差异，突出的特点是线材强度较带材高，而导电率略低，且无耐高温软化温度的指标要求。而GB/T26132-2017《铜及铜合金线材》是国内常用铜合金线材的通用标准，覆盖国内常用的各类线材(不包含C19160、C19400、C19700、C70250），且只规定了常用的力学性能、硬度，对导电率及耐高温软化温度等重要指标均不作规定。因此该两标准并不能良好指导设计和材料选型，最终易发生连接器设计与功能出现较大的不符从而产生失效。

本标准的制定有助于铜合金线材产品转型升级和国产化应用，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线材的质量提升，满足基础电子元器件产业对基础材料的需求，促进铜合金线材的健康发展，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。

1. 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。

1. 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，提高铜及铜合金线材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线材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。

《汽车连接器用高强导电铜合金线材》行业标准编制组