《亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材》**国家标准**

（征求意见稿）编制说明

1. **任务来源**

根据国标综合委 [2017] 128号和有色标委[2018]2号文件精神，国家标准项目《亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材》（计划编号20173799-T-610），由苏州金江铜业有限公司负责起草，完成年限为2019年。

1. 工作简况
	1. 立项目的和意义

新材料的研制与应用是目前国际科技发展的主要方向，将人们对物质性质的认识和应用引向更深层次。为推动我国有色金属产业的结构调整优化、加快企业转型、提高经济效益，研发推广新材料和新产品，替代资源消耗过大，对环境有不良影响的传统材料已成为许多有识企业重要的切入点。

 铜基高强度弹性合金材料广泛应用于高端机械制造、电子信息、光学仪器、和仪表制造等行业，是制做航天航海导航仪、仪表传感器、电位器、开关，接插件、化工和船用部件、继电器以及紧固件等弹性敏感元器件不可或缺的关键材料。随着电子设备和仪器仪表日趋小型化和轻量化，对广泛应用于该领域中的弹性材料提出了更高的要求。一方面要求提高弹性元器件的强度，以减小元器件尺寸，另一方面则要求元器件能够长时间使用并保持可靠的电接触，即保持良好的弹性和电稳定性。目前国内市场上铜基高强度弹性合金以铍青铜和锡磷青铜材料为主。锡磷青铜属低弹性合金，其导电性能较低，同时，锡磷青铜又因难以热加工、退火次数多、生产周期长、成品率低而造成能源、人力物力等资源的大量消耗。而铍青铜是一种优质弹性材料，虽然具有高强度、硬度、耐磨、无磁性、导电导热性好、冲击无火花等诸多优异的性能，但是，铍青铜也有其固有无法消除的缺点，铍的氧化物或粉尘等有毒害；合金性能对热处理很敏感；高温抗应力松弛能力差，不宜长时间在较高温度下工作；生产工艺相对复杂，成本较高等等。

 近年来，国内外进行了大量铍青铜替代材料的研发，其中Cu- Ni- Sn系铜基亚稳分解强化合金材料的研究受到研发人员的重视。Cu- Ni- Sn系铜基亚稳分解强化合金所具备的优异性能比锡磷青铜材料高出3倍以上，与传统的铍青铜相当，在电稳定性和抗热应力松弛性能等方面还优于铍青铜。用该材料制作的元器不仅性能高，使用过程中变形小，而且，元器件尺寸也大大减小。更重要的是该合金具有耐腐蚀、焊接性能好、制备工艺简单、制造成本低、无毒无害等优点，对行业的可持续发展以及大幅减少发展对环境的影响极为有利。

由于铜基高强度弹性合金材料在高端机械制造、电子信息、光学仪器和仪表制造等行业的广泛应用并不可或缺，各国对该材料的研发在不断进行。特别是在可持续发展与环境影响得到广泛共识的氛围下，寻找那些过度消耗资源，对环境影响较大材料的替代材料更是成为研发的重点。该材料在国外已有产品应用，目前，除美国ASTM有标准可查外，未查到其它相关标准。多数国家对这种新材料和新技术都设立了技术壁垒。国内从事该材料的研究与应用研发也有多年，如中南大学、江西理工大学、上海电器科学研究所、上海冶金高等专科学校等都在材料组成与配比、材料强化机理、制备方法、合金性能改进、时效工艺研究等方面做了大量的研发工作。国内部分企业根据材料研发成果开发研制新产品并应用于不同的行业。目前国内量产企业有苏州金江铜业有限公司、中铝洛阳铜业有限公司等。其中苏州金江铜业有限公司的产品已被国内多家高端企业认可并稳定应用。国内该材料的技术研究进行了多年，部分材料以及产品，通过反复应用和不断改进，其制造技术和产品质量也趋于稳定。

经过不断地应用实验与加工技术的改进提高，苏州金江铜业有限公司生产的亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材产品与传统锡磷青铜和铍青铜产品的性能对比数据列于表1。

 表1 锡磷青铜、铍青铜与亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材产品性能对比

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 合金牌号 | 弹性极限σeMPa | 抗拉强度RmMPa | 断后伸长率% | EGPa | 维氏硬度HV |
| QSn6.5-0.1 | -- | 440-569 | 10 | 124 | 175 |
| Q Be2 | 863-1064 | 1314-1481 | 2 | 133 | 390～440（TH04） |
| Cu-15N i-8Sn | 932（max） | 1196（max） | 2 | 104 | 434 |
| 注：Q Be2的状态为TH04固溶热处理+冷加工（硬）+沉淀热处理。 |

锡磷青铜、铍青铜与亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材产品的弹性比功对比如下：

锡磷青铜的弹性比功：



铍青铜的弹性比功：



亚稳分解强化铜-镍-锡合金的弹性比功：



亚稳分解强化铜-镍-锡合金与铍青铜的电稳定性对比如图1：

图1 亚稳分解强化铜-镍-锡合金与铍青铜的电稳定性对比

亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材产品应用的测试指标数据如下，电寿命列于表2，机械寿命列于表3。

表2 电寿命

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 参数 | 电压V | 电流A | cosφ | 操作频率次/h | 通电持续率% | 推杆速度m/min | 电寿命次 |
|  要求值 | 接通 | 380 | 5 | 0.4 | 2400 | 50 | ≤0.5 | 100×104 |
|  分断 |
|  实测值 | 接通 | 380 | 5 | 0.39 |  |  |  | 101.28×104 |
|  分断 |

表3 机械寿命

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 参数 | 操作频率次/h | 推杆速度m/min | 电寿命次 |
|  要求值 | ≧3 | ≧104 | 600×104 |
| 实测值 | ≧3 | 1.02×104 | 638.48×104 |

从上述指标可以看出，亚稳分解强化铜-镍-锡合金性能及弹性比功指标远大于锡磷青铜，接近铍青铜；电稳定性优于铍青铜。用该材料所生产的产品也符合客户的技术要求。

目前，该新材料已通过中试，已有批量产品在不同行业进行替代铍青铜产品的应用，并已取得良好的效果。但该产品目前在国内尚无标准可依，生产商与使用者主要依据美国ASTM标准或客户提出的技术要求，这种情况大大阻碍了新材料与新产品的推广与应用。且产品要求不统一，技术指标参差不齐。因而，急需制订相应的国家标准，以规范产品的技术指标，促进产品生产技术和产品质量的稳定提高，扩大应用范围，同时，也可以促进该新材料的研发与应用。

本标准项目产品属于国家高新技术产品，广泛应用于航空航天、电子信息等国民经济重要领域，由于应用领域多分布于科技前沿，产品技术质量要求很高，一些发达国家限制向中国出口。通过业内技术人员的努力和着力研发，目前该产品已可以批量提供市场，打破我国铜合金高端材料的产品市场全部依赖进口局面。本标准的制订将会促进此类产品工艺技术进一步的稳定和提高，并加速新产品的研发，使我国此类材料达到或接近国际先进水平。

高科技领域用高性能铜合金材料属国家当前重点鼓励发展的产业，项目产品多用于新一代信息功能材料及器件，是国家中长期科技发展纲要支持的重点领域。该项目的实施可以实现先进制造业用高性能铜合金材料与产品的国产化供给，具有重要的经济效益和社会效益。

* 1. 主编单位的技术基础

本标准的主编单位苏州金江铜业有限公司（**KINKOU**）创立于2004年5月，是以进口替代为目标的高性能铜合金材料研发及生产型企业，苏州市高新技术企业。公司拥有多项具有自主知识产权的发明及实用新型专利，全部产品均为高新技术产品。2010年通过了ISO9001企业质量体系认证，2013年实现销售收入约5000万元。公司主要产品有铍青铜棒线材（C17200、C17500、C17510），高强高导铜镍硅合金产品，铜铬、铜铬锆棒线材（C18200、C18150），青模具用铍铜块，真空镀膜靶材高纯金属材料，铜铬中间合金及铜锆中间合金。

2005年公司引进了日本高精度快削铍青铜（C17300）棒生产线的关键设备---等温间接挤压机（神户制钢产），配备了直读光谱仪、金相显微镜等先进、完备的检测仪器，同时采用日本当时国际最为先进的生产工艺技术，在国内首先研发出了高精度快削铍铜棒产品，打破了国内快削铍青铜棒（C17300）完全依赖进口的状况。

公司成立以来，坚持不懈地在产品制造、工艺方法等有色金属加工成型技术方面不断进行试制研发、改进创新，目前，公司产品的生产技术和质量已达到或接近世界领先水平。公司持续关注国内外高科技领域有色新材料的研发与应用，注重收集相关技术标准与资料，近年来先后起草制订了**YS/T** 998—2014 《AL2O3弥散强化铜棒材和线材》、YS/T1102—2016《光电倍增管用铍青铜带》、GB/T33970-2017《电阻焊电极用Al2O3弥散强化铜片材》等国家、行业标准。

3 主要工作过程

3.1 2018年1月8日，全国有色金属标准化技术委员会下达了《亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材》国家标准的制订计划，确定苏州金江铜业有限公司为负责起草单位。任务下达后，苏州金江铜业有限公司即成立了标准编制组，对标准的起草任务进行了落实。

3.2 2018年1月～5月，编制组根据任务落实情况，对我国目前生产亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材的相关企业进行广泛调研和相关技术数据统计；同时，结合企业的一些内控技术指标和检验数据起草了本标准的初稿。标准初稿于2018年6月5日在网上传送，广泛征求业内及客户意见或建议。根据各方提出的意见和建议，标准编制组对标准初稿进行了修改，形成标准的讨论稿。

3.3 2018年6月27日～28日，全国有色金属标准化技术委员会在乌鲁木齐组织召开了本标准的讨论会。会议就本产品目前国内外制造现状、产品技术指标、部分指标的检验方法等问题进行了充分论证。并对化学成分、力学性能指标和拉伸试验方法提出了改进意见或建议。根据这些意见或建议，标准编制组按加工方式分别进行了与国外技术指标的比对，对热加工中铅含量对产品制造及性能的影响进行了重点检验、比对与分析，最终确定铅含量小于等于0.02对产品的制造过程以及产品质量无影响。按GB/T 34505-2017 铜及铜合金材料 室温拉伸试验方法进行产品的拉伸试验，比对前期采用GB/T 228.1-2010 金属材料 拉伸试验 第1部分： 室温试验方法（ISO6892-1：2009，MOD）的检验数据，通过20组数据的对比，结果无明显差别，可忽略。最终确定了采用GB/T 34505-2017 铜及铜合金材料 室温拉伸试验方法进行检验的力学性能技术指标。

会上，与会专家还就材料的弹性性能指标问题进行了探讨。会后，标准编制组就这一问题与中南大学材料学院朱戴博博士进行了研究。理论上讲，代表材料弹性的参数有弹性模量、剪切模量与泊松比。弹性模量与剪切模量是材料的物理量，为常数，大多数金属的剪切模量约为0.4倍的弹性模量。泊松比即材料横向与纵向应变的比值，对于本标准材料其值应在0.25～0.35之间。弹性模量、剪切模量与泊松比的关系为：E=2G（1+v）

其中：E ——弹性模量；G ——剪切模量； v ——泊松比

综上所述，产品的弹性性能指标在材料研发确认时，通过其物理参数已反映出来。

据上述工作结果，标准文本及编制说明于2018年10月15日完成修改，形成标准的征求意见稿。

三、 标准编制原则

本标准编制组自接受起草任务后，责成专人负责收集与本标准产品相关的不同应用领域的技术要求、差异化的生产方式、产品检验项目与指标、市场当前的需求及发展趋势、不同应用领域的户要求等大量数据信息，并对这些信息进行了分类统计。初步确定了《亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材》标准起草所遵循的基本原则和编制依据：

1）查阅国内外相关标准和国内外客户的相关技术要求；

2）根据国内亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材生产企业具体情况，力求做到标准的合理性与实用性；

3）根据产品工艺的成熟与完善程度、技术发展水平及检验与试验数据确定技术指标取值范围；

4）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。

四、 确定标准主要内容的论据

1标准题目与适用范围

1.1 本标准立项名称为“亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材”，英文名称“metastable decomposition strengthened Cu-Ni-Sn alloy bar”，在标准初稿征求意见的过程中未提出其他建议，仍确定为此项标准的名称。

1.2 规定了本标准适用范围：本标准适用于航天航海导航仪、仪表传感器、电位器、开关，接插件、化工和船用部件、继电器以及紧固件等弹性敏感元器件，以利于用户选材。

2要求

2.1产品分类

产品分类是对亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材产品的截面形状、牌号、状态、规格应符合的规定，同时规定了产品标记方法。相关情况分别说明如下：

（1）我国目前生产的亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材，产品截面形状为圆形，以直径与长度来划分不同的规格。

 （2）通过大量调研，国内目前在亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材产品的实际生产中，主要有QSn15-8，代号C72900一个合金牌号，产品的供货状态主要是亚稳分解硬化（TX00），因此，确定本标准的合金牌号为QSn15-8（C72900），亚稳分解硬化（TX00）为本标准唯一合金状态。

（3）截面尺寸规格：根据目前市场需求现状，确定本标准截面尺寸规格为：直径10mm～50mm，长度1000mm～4000mm，经供需双方协商，也可供应其它状态、规格的产品。。

 （4）产品标记方法：按照GB/T 1.1-2009的规定，产品标记按产品名称、标准编号、合金牌号、供应状态、截面规格的顺序表示，标准中给出了棒材的典型标记示例。

2.2化学成分

本标准化学成分的规定见表4。

 表4 亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材化学成分

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 牌号 | 代号 | 化学元素（质量分数）/% |
| Cu+Ag | Ni+Co | Sn | Fe | Zn | Mn | Nb | Mg | Pb |
| 最大值 |
| QSn15-8 | C72900 | 余量 | 14.5～15.5 | 7.5~8.5 | 0.50 | 0.50 | 0.30 | 0.10 | 0.15 | 0.02 |

其中铜Cu、镍Ni和锡Sn为主要化学成分，其他元素为杂质元素，杂质总和为表中所列元素的的总和。

2.3 外形尺寸及其允许偏差

 棒材的长度允许偏差为+10mm，棒材直径及其允许偏差列于表5，棒材直度列于表6，棒材直径和直度检测数据统计列于表7。

 表5 棒材的尺寸及其允许偏差 （单位：mm）

|  |  |
| --- | --- |
| 直径  | 允许偏差 |
| 10～20 | ±0.03 |
| >20～30 | ±0.04 |
| >30～40 | ±0.05 |
| >40～50 | ±0.06 |

表6 棒材直度 （单位：mm）

|  |  |
| --- | --- |
| 长度 | 每米直度 |
| 1000～2000 | ≤2 |
| >2000～4000 | ≤4 |

表7 棒材直径和直度检测数据统计表（单位：mm）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 规格 | 样品数量（个） | 直径检测结果范围 | 数据偏差范围 | 直度检测结果范围 | 数据偏差范围 |
|  10×1000 | 100 | 9.99~10.02 | -0.01~ 0.02 | 0.99~1.24 | 0.25 |
| 12×1000 | 100 | 11.98~12.01 | -0.02~ 0.01 | 1.03~1.30 | 0.27 |
| 15×2000 | 100 | 14.98~15.02 | -0.02~ 0.02 | 1.07~1.48 | 0.41 |
| 20×2000 | 100 | 19.97~1.02 | -0.03~0.02 | 1.17~1.52 | 0.35 |
| 25×2500 | 100 | 24.98~25.03 | -0.02~ 0.03 | 1.99~2.36 | 0.37 |
| 30×3000 | 100 | 29.97~30.03 | -0.03~ 0.03 | 1.94~2.47 | 0.53 |
| 35×3600 | 100 | 34.98~35.04 | -0.02~ 0.04 | 2.00~2.68 | 0.68 |
| 40×3600 | 100 | 39.96~35.03 | -0.04~ 0.03 | 2.23~3.00 | 0.77 |
| 50×4000 | 100 | 49.95~50.04 | -0.05~ 0.04 | 2.47~3.29 | 0.82 |

根据上表反映的实际生产控制水平和目前用户使用要求，规定产品标称尺寸偏差符合表2和表3的规定。2.4 室温拉伸力学性能

力学性能是亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材料涉及的重要技术指标，力学性能可以通过拉伸试验或硬度试验两种方式加以检测，硬度指标选用符合材料特性的洛氏硬度。企业抽样实测棒材的抗拉强度、规定塑性延伸强度、断后伸长率和洛氏硬度统计数据列于表8，抗拉强度和规定塑性延伸强度数据分布直方图如图2所示。

表8 力学性能实际测试数据统计表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 合金牌号 | 状态 | 样品数量（个**）** | 抗拉强度检测结果范围RmMPa | 规定塑性延伸强度检测结果范围 Rp0.2MPa | 断后伸长率检测结果范围A% | 洛氏硬度检测结果范围HRB |
| QSn15-8（C72900） | TX00 | 100 | 756～931 | 628～806 | 14.7～15.2 | 25～28 |

牌号QSn15-8 （C72900），TX00状态合金的抗拉强度和规定塑性延伸强度的数据个数分别为100个。

抗拉强度的平均值为：847.7MPa，标准差为：25.37。当抗拉强度指标标定为：760MPa～930MPa时，在正态分布曲线左边，标准指标系数σ=（847.7-760）/ 25.37=3.4568，接收概率为：50%；在正态分布曲线右边，标准指标系数σ=（930-847.7）/25.37=3.2440，接收概率为：99.92/2=49.96%。该标准指标的接收概率为：50%+49.96%=99.96%。

规定塑性延伸强度 Rp0.2的平均值为：715.5MPa，标准差为：24.5774。当规定塑性延伸强度 Rp0.2指标标定为：630MPa～805MPa时，在正态分布曲线左边，标准指标系数σ=（715.5-630）/ 24.5774=3.4788，接收概率为：99.96/2=49.98%；在正态分布曲线右边，标准指标系数σ=（805-715.5）/24.5774=3.6416，接收概率为：50%。该标准指标的接收概率为：49.98%+50%=99.98%。

 图2 抗拉强度和规定塑性延伸强度测试数据分布直方图

断后伸长率和硬度的统计数据偏差较小，其指标确定为单向控制。

因此，上述指标指标合理，属于工艺较成熟稳定产品，工序控制能力较强。标准最终确定的力学性能指标列于表9。

表9 棒材力学性能确定指标

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 状态 | 抗拉强度RmMPa | 规定塑性延伸强度 Rp0.2 MPa | 断后伸长率A % | 洛氏硬度HRC |
| QSn15-8（C72900） |  TX00 | 760～930 | 630～805 | ≥15 | ≥23 |

2.5 无损检测

收集统计资料显示，亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材的无损检测还不普遍且使用的方法也未统一，高端应用时有此要求。因而，本标准该项技术要求确定为需方要求时进行，使用超声波探伤方法，检测仪器的灵敏度及其技术参数由供需双方协商。

2.6 内部质量

 棒材的内部质量采用断口检验方法，在客户要求时进行。

2.7 外观质量

根据生产实际情况，表面缺陷主要有起皮、气泡、夹杂、裂纹、分层、凹坑、磕碰伤等缺陷。其中起皮、气泡、夹杂、裂纹、分层等缺陷主要由产品制造过程中的前期工序产生；凹坑、磕碰伤等缺陷多由后续冷加工过程所产生。这些缺陷对于不同的应用领域或场合影响不一。因此，本标准规定了棒材表面应清洁、光亮，不允许有影响使用的缺陷。

五、 **标准水平分析**

通过文献检索和网上查询，国内外关于亚稳分解强化铜-镍-锡合金材料标准如下：

（1）美国标准：ASTM B929《铜-镍-锡亚稳分解合金棒材》。

 （2）我国目前为止没有亚稳分解强化铜-镍-锡合金材料的相关产品标准。

 据上述信息，国内目前还没有亚稳分解强化铜-镍-锡合金材料及产品的相关标准，而目前国内市场所使用的该材料均来自国外，其相关产品需求呈增长态势。生产和订货标准多参考美国标准或应用企业的材料技术要求，其技术指标不统一、不完善，也不系统。为了满足国内、外市场对亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材产品的需要，保证产品质量和企业权益，制订该产品标准迫在眉睫。本标准结合我国亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材的生产现状，按照GB/T1.1-2009给出的规则编制，对亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材产品的适用范围、产品状态、规格、化学成分、尺寸及其允许偏差、室温力学性能、无损检测、断口及表面质量等相关技术指标进行了系统、完善的规定。其技术指标，按照目前国内业内企业实际生产产品的统计数据制定，这些产品经客户使用和评价，能够满足其使用的各项要求。产品质量水平达到了国外发达国家同类产品的实物水平。因而，其标准水平也可说达到了国际先进水平，填补了我国该合金材料、产品及标准的空白。

六、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调**性**

目前，我国尚无亚稳分解强化铜-镍-锡合金材料的产品及相关标准，本标准是该材料产品的首次制定。在所有铜加工材产品中，棒材的应用极为广泛，是重要的产品类别之一。本标准为该产品类别增加了一种高性能且环境友好的新型材料，扩大了客户的选择范围，同时，与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

八、作为强制性国家标准的建议

 本标准建议不作为强制性标准，而建议作为推荐性标准。

九、贯彻标准的要求和措施建议

本标准是以我国亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材的实际生产现状为基础，结合国内、外订货合同要求进行制定的，标准全面覆盖了亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材产品的一般要求，建议相关单位组织专项标准宣贯会进行系统学习，杜绝或减少因无标可循给企业生产与营销造成的麻烦。本标准发布后，各企业应积极宣传和贯彻，并立即采用本标准订货，以使产品质量得到充分保证，满足国内、外市场及用户的需要。

十、废止现行有关标准的建议

 无。

十一、其它应予说明的事项

本标准根据目前国内亚稳分解强化铜-镍-锡合金棒材的实际生产现状和订货合同情况确定采用QSn15-8（C72900）一个合金牌号，亚稳分解硬化 （TX00）一种供货状态。考虑随着新材料的研发使用和生产装备的更新，如果以后生产或订货合同中有其它牌号合金或状态需求可在下一版中进行补充修订。

十二、预期效果

由于该产品在航空航天、高新技术、军事等领域均有重要应用，一些发达国家对我国采取了技术壁垒。我国近年来对该材料的研究有了长足的发展，应用领域不断扩大，生产技术水平在不断地研发和创新的基础上持续提高。因而其生产水平和产品技术要求还有很大的发展空间，相信随着标准的实施和技术不断的创新和发展，本产品的质量水平和生产技术会有较大的提升。

本标准结合我国国情，在国内生产企业及国内外用户需求的基础上制定，技术指标先进，具有普遍性、广泛性、适用性、科学性和先进性。本标准发布后，将规范我国亚稳分解硬化铜-镍-锡合金棒材的各项性能和技术要求，提高产品在国内、外市场上的竞争力，给生产企业带来巨大的经济效益，同时，制定该新材料的技术标准，有利于产品打入、占领国际市场。

《亚稳分解强化铜-镍-锡合金材》国家标准编制组

 2018年10月30日