

《纳米晶硬质合金棒材》国家标准(预审稿)

编制说明

一、工作简况

1.1 任务来源

根据国家标准委员会《国家标准委关于下达 2017 年第四批国家标准制修订计划的通知》（国标委综合〔2017〕128 号）的要求，确定了由株洲硬质合金集团有限公司负责制定国家标准《纳米晶硬质合金棒材》，项目计划编号为 20173762-T-610，项目要求 2019 年完成“三稿三审”程序，提交报批稿。

1.2 产品简介

纳米硬质合金棒材通常采用纳米碳化钨、超细钴粉以及抑制剂等原辅材料，精确配料，经球磨混合、干燥、压制、致密烧结、机械加工等工艺过程，得到具有高硬度、高耐磨性、高韧性、高弹性模量、高抗压强度且化学稳定性好（耐酸、碱、高温氧化）、冲击韧性较高、膨胀系数较低等特性材料。

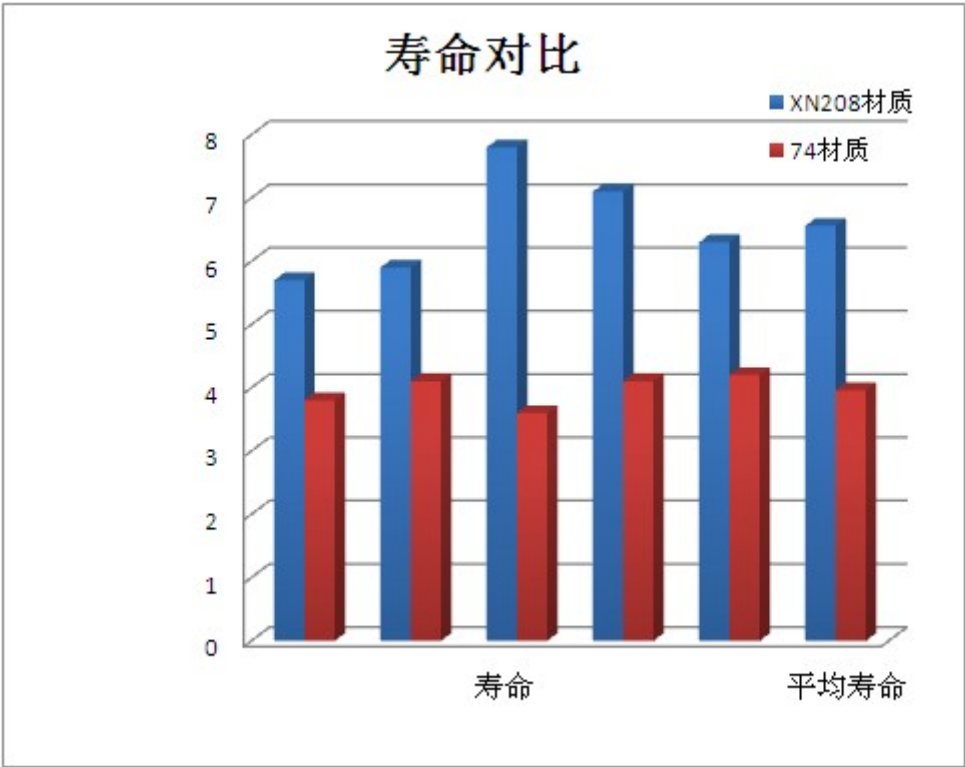
纳米材料具有小尺寸效应，表面界面效应，量子尺寸效应和量子隧道效应。

A. 小尺寸效应：根据 Hall-Petch 关系，材料的硬度与晶粒尺寸遵从 $H=H_0+Kd^{1/2}$ 的关系，所以随着合金中碳化钨粒子的减小，合金的硬度增大，所以，实验发现，对于钴含量为 8% 的普通硬质合金，其维氏硬度在 1600 左右，但对于纳米硬质合金来说，其维氏硬度可以达到 2300，甚至更高。同样，根据材料断裂与晶粒尺寸的关系： $\sigma_c=\sigma_0+Kcd^{-1/2}$ ，当晶粒尺寸减少到足够小时，断裂强度变得很大。实验发现，纳米硬质合金棒材的强度可达 5500MPa，甚至 6000MPa。

B. 表面界面效应：纳米晶硬质合金棒材，其界面原子的比例数远高于传统硬质合金的界面原子比例数，高密度的晶界导致晶粒取向混，界面能量升高，这时界面的原子活性大，这就增加了纳米硬质合金的延展性，所以，近年来，许多学者将陶瓷材料纳米化作为陶瓷材料增韧的一个重要手段，甚至是某些陶瓷出现超塑性。实验也发现，纳米硬质合金的韧性高于超细硬质合金的韧性。

对纳米硬质合金与传统超细合金进行了使用性能对比实验，纳米硬质合金的使用寿命远高于传统的超细合金。如图一，纳米硬质合金 XN208 材质与超细硬质合金 74 材质使用对比实验中，纳米硬质合金 XN208 材质的使用寿命超出超细合金 74 材质的使用寿命的

65.6%。



图一 纳米硬质合金材质与传统超细硬质合金材质对比

由于纳米硬质合金棒材具有传统硬质合金无法具备的高强度、高硬度、高韧性等“三高”性能，其可广泛适用于软钢、碳钢、合金钢、高温合金、不锈钢、预硬钢、铸铁及铝合金以及其它难加工材料的加工，其发展前景较为广阔，使用寿命及加工性能优于传统硬质合金。产品广泛用于汽车发动机、模具加工、航空航天、风电新能源、军工、通用机械加工等行业。

由于纳米硬质合金棒材的优异性，近年来，许多硬质合金企业纷纷推出自己的纳米硬质合金棒材产品，为了统一纳米硬质合金棒材命名规则，进一步规范纳米硬质合金棒材质量控制标准，有必要制定国家标准以满足国内外实践性、适应性、先进性的需要。

1.3 承担单位情况和主要工作过程

1.3.1 承担单位情况

株洲硬质合金集团有限公司（以下简称“株硬集团”）是国家“一五”期间建设的重点工程之一，现为中国五矿旗下国有独资公司，是目前国内最大的硬质合金生产、科研、经营和出口基地，是中国钨业及硬质合金行业的龙头企业，是世界上规模最大的硬质合金企业。公司注册资本 21.23 亿元，总资产 56.48 亿元，负债率 48.8%，近 6 年利润合计 61248 万元，银行信用等级 A-，职工人数 6500 余人，研发人员 765 人，目前下设 5 家控股子公

司、7 个产品专业事业部、2 个生产厂。拥有硬质合金国家重点实验室、国家级技术中心、分析测试中心、博士后科研工作站等国家级创新平台。被国家经贸委列入 300 家扶优扶强企业 和 520 家国家重点企业，被湖南省认定为“十大标志性工程”企业。株硬集团是高新技术企业，在国家技术创新示范企业中全国排名第一，满分通过复核。2017 年 11 月被国家工信部公示为“硬质合金产品制造业单项冠军示范企业”。

株硬集团通过了 ISO9001:2000 质量认证和 GB/T24001-ISO14001 环境体系认证。拥有一批专业的质量检验与管理人员。同时，公司拥有较强的技术创新能力。拥有国家级技术中心、分析测试中心和具有国际先进水平的研发中心，同时组织实施了钨钼、钽铌和硬质合金老系统等 10 多项技术改造，多项生产技术达到或接近当代世界先进水平。技术创新投入达到销售收入的 4%，新产品对销售收入的贡献率达到 25%以上。

株硬集团拥有健全的营销网络。前移营销平台，着力构建以点带面、点面结合、多层次、多渠道的立体营销网络,产品国内市场占有率 30%左右，并销往世界 70 多个国家和地区。“钻石牌”商标相继在英国、丹麦、韩国、澳大利亚、以色列、加拿大等 47 个国家与地区注册。

“十三五”期间，株硬集团作为五矿集团实现“世界钨工业领导者”产业链中的重要一环，始终坚持以“振兴中国钨业”为己任，打造完整产业链，形成硬质合金原料粉末、异型合金、棒型材合金、大型制品、切削工具、难熔金属、钻掘工具、进出口贸易和研发等业务板块，进一步稳固公司在国内行业的龙头地位，提升公司的国际影响力，跻身全球行业四强，打造中国第一、世界一流企业，成为世界硬质合金产业的创新者，成为我国硬质合金产业升级领导者。

1.3.2 主要工作过程

标准计划下达后，株洲硬质合金集团有限公司组织成立了专项工作组，工作组的成员以及分工见表 1。

表 1

姓名	单位	职称/职务	分工
袁军文	株洲硬质合金集团有限公司	助理工程师/研发专家	负责调研、验证、标准起草
凌芝	株洲硬质合金集团有限公司	工程师/技术室主任	负责调研、验证、标准起草
梁鸿	株洲硬质合金集团有限公司	工程师/标准管理	负责标准起草、预审、审定报批工作
刘鹤安	株洲硬质合金集团有限公司	工程师/事业部副总经理兼研发部长	负责标准审核

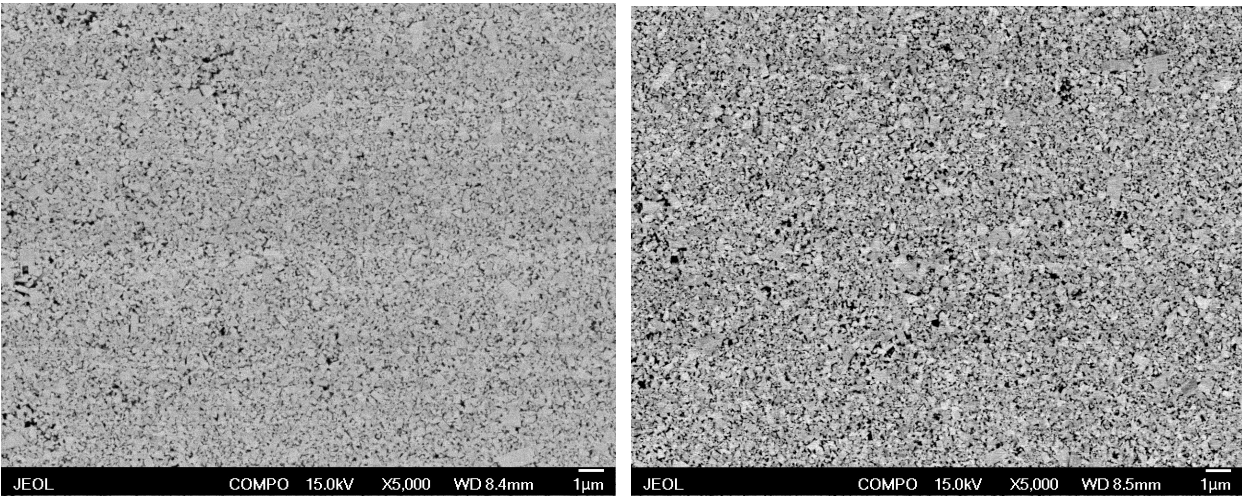
张卫兵	株洲硬质合金集团有限公司	教授级高级工程师/科技部部长	负责标准涉外联络、验证支持
刘铁梅	株洲硬质合金集团有限公司	高级工程师/科技部副部长	负责全过程的标准审查、协调工作

批量供货的指标情况，物理、力学性能见表 2，材质微观结构电镜照片见图 1

表 2

WC 平均晶粒度 (nm)	合金钴含量%	矫顽磁力 Hc (KA/m)	钴磁 Com (%)	维氏硬度 HV3	抗弯强度 TRS (MPa)
100< WC 粒度 ≤ 200	6	50≤Hc≤60	4.5≤Com≤5.2	2200≤HV3≤2300	4500≤TRS
	8	43≤Hc≤50.0	6.0≤Com≤6.8	2100≤HV3≤2200	4700≤TRS
	10	40≤Hc≤45	7.5≤Com≤8.5	2050≤HV3≤2150	5000≤TRS
	12	38≤Hc≤43	9≤Com≤10.2	2000≤HV3≤2100	5000≤TRS
WC 粒度 ≤100	6	60≤Hc	4.5≤Com≤5.2	2300≤HV3	5000≤TRS
	8	50≤Hc	6.0≤Com≤6.8	2200≤HV3	5000≤TRS
	10	45≤Hc	7.5≤Com≤8.5	2150≤HV3	5000≤TRS
	12	43≤Hc	9≤Com≤10.2	2100≤HV3	5000≤TRS

由于材质的成分决定材质的密度，成分不同导致材质的密度差异较大，而另一方面，材质的密度又是材质的物理性能的一个关键指标，为了体现标准的严谨性，材质的密度在该标准中不列出。



图二：纳米硬质合金棒材材质微观结构电镜照片

工作组对纳米硬质合金棒材的市场需求进行了大量调研，结合国内其它生产商的生产情况，起草了《纳米晶硬质合金螺棒材》国家标准（讨论稿）。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据

2.1 标准编制原则

a) 标准的格式严格按照 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编

写》的规定进行；

b) 制定的标准应充分反映当前国内各生产企业的技术水平，便于生产，宜于应用。

2.2 标准制定的主要内容与论据

本次国家标准的制定，根据目前株洲硬质合金集团有限公司纳米硬质合金棒材生产、研发实验情况，综合使用方的反馈信息，对已经成熟的技术条件进行标准化。

讨论稿的主要内容如下：

2.2.1 化学成分

行业内纳米硬质合金棒材的生产多样化，其采用的材质要求也各异，一般根据客户的需求订制。

同时，硬质合金生产的特性为：根据客户要求确定材质的具体成分，在进行前道工序配比时，相关组分的含量已经精确到小数点后四位有效数字，对于后续产品合格与否，是由物理、力学性能、金相组织结构检测结果决定的，虽然理论上也可以进行合金化后的组分检验，但是合金化后的产品关注重点并不在化学成分上，从成本、行业习惯以及生产需要综合考虑，硬质合金的化学成分由承制方保证，并不作为验收依据。

2.2.2 物理、力学性能、金相组织结构的确定

由于具体的牌号并未予以硬性规定，具体的技术指标也会由于配方成分的不同而不同，一般来说，晶粒尺寸、维氏硬度与矫顽磁力存在一定的正比关系，如表 3，部分晶粒度为 100~200 纳米的合金性能：

表 3

钴含量%	矫顽磁力 kA/m	HV	晶粒尺寸 nm
6	58.0	2260	140
8	48.0	2180	170
10	44.0	2130	155
12	42.5	2050	180

对于 100 纳米以下的纳米硬质合金棒材产品，其制备的难度较大，传统的生产工艺很难将合金晶粒度控制在 100 纳米以上，但可以通过精确控制，在实验室制备出晶粒度在 100 纳米以下的纳米硬质合金。如表 4，部分晶粒度在 100 纳米以下的合金性能：

表 4

钴含量%	矫顽磁力 kA/m	HV	晶粒尺寸 nm
6	65.0	2350	90
8	53.0	2260	95

对于纳米硬质合金棒材来说，其金相组织结构最需要关注的就是夹粗，一般来说，最大的晶粒不能超过平均晶粒度的 10 倍。

一般情况下，硬质合金传统的硬度、密度性能以及金相组织检验项目是应要进行的，为了本标准的严谨性，密度不在本标准列出，但不影响该标准对纳米硬质合金的界定。

生产商与客户协商确定材质化学成分后，会有确定的对应的技术指标。

3 尺寸允许偏差的确定

随着我国国民经济的迅速发展，国际化的市场竞争使得企业质量管理体系都得到了加强和提高，各供应商在多年的生产过程中，随着工艺水平的提升，生产的产品精度也能得到很好控制。通过对近年的生产、销售、使用情况进行统计，同时对同行生产水平进行沟通，根据硬质合金棒材产品基本尺寸，在满足用户使用要求，满足生产控制要求的基础上制定了各尺寸的允许偏差。从合格率上兼顾生产的经济性，从使用上兼顾稳定可靠性，同时在满足使用的前提下，尽量减少单重和降低后续加工余量兼顾客户的经济性。

3.1 产品尺寸允许偏差及形状公差主要从六个方面进行控制：

- 毛坯棒材直径尺寸允许偏差；
- 精磨棒材直径尺寸允许偏差；
- 棒材长度尺寸允许偏差；
- 毛坯棒材直线度；
- 精磨棒材直线度；
- 棒材圆度；

2.2.6 外观质量要求

产品表面不得有脏化、起皮、鼓泡、分层、裂纹、脱碳及渗碳等缺陷。产品的掉边、掉角深度应符合表 4 的规定。

表 4

单位为 mm

毛坯棒材直径 D	≤10	>10~20	>20
掉边、掉角的长度、宽度	≤1.00	≤2.00	≤3.00
掉边、掉角的深度	≤0.30	≤0.50	≤0.60

2.2.7 试验方法与检验规则的确定

根据技术要求规定的内容，确定合理的试验方法以验证产品的质量情况，同时采用科学的检验规则确保质量一致性。

a) 本标准规定的取样项目及数量见表 5。

表 5

检验项目	取样数量	要求的章节号	试验方法的章节号
尺寸及允许偏差、形状公差	逐件	4.3	5.1
金相组织结构	按 GB/T 5242 的规定进行	4.4	5.2
力学性能		4.5	5.2
外观质量	逐件	4.6	5.3

b) 规定尺寸及允许偏差、外观质量逐件检查，不采用抽样检查方案；

c) 明确产品合格的判断规则：

——产品的物理性能、力学性能、组织结构检验结果不合格时，允许加倍取样对不合格项进行重复试验。若重复试验仍有一个检验结果不合格，判该批产品不合格；

——产品的尺寸及允许偏差检验不合格，判该件产品不合格；

——产品的外观质量检验不合格，判该件产品不合格。

这些主要规则均得到客户以及各螺旋孔棒生产企业的认可。

2.2.8 标志、包装、运输、贮存和质量证明书的规定

制定产品的标志、包装、运输、贮存和质量证明书规定，保证产品的防护、可追溯性，做出合格承诺。

三、标准水平分析

3.1 采用国际标准和国外先进标准的程度

没有查询到国际和国外有同类标准。。

3.2 与现有标准及制订中的标准协调配套情况

未检索到有关于纳米硬质合金棒材产品的标准。

3.3 涉及国内外专利及处置情况

经查，本标准没有涉及国内外专利。

四、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

六、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

建议作为推荐性国家标准。

七、贯彻标准的要求和措施建议

无。

八、废止现行有关标准的建议

无。

九、预期效果

本标准充分考虑了我国纳米硬质合金棒材生产体系状况以及发展的要求。标准发布实施后，引导纳米硬质合金棒材产业的规范发展，能够促进产品的有序竞争。在本标准实施后，可以积极向生产厂家及国内外用户推荐采用本标准。

十、其他应予说明的事项

无

《纳米晶硬质合金棒材》标准编制组
2019年6月13日