**《机器人谐波传动减速器轴承用钢》**

**团体标准编制说明**

**一、任务来源**

贯彻落实中共中央、国务院印发的《国家标准化发展纲要》中大力发展团体标准的有关要求，制定满足市场和创新需要的团体标准，落实国家关于钢铁行业高质量发展的政策导向，满足生产企业和下游用户对机器人谐波传动减速器轴承用钢产品标准的实际需求，提出《机器人谐波传动减速器轴承用钢》团体标准制定项目。

本标准由中国特钢企业协会团体标准化工作委员会、中关村不锈及特种合金新材料产业技术创新联盟团体标准化工作委员会联合提出并归口。由江阴兴澄特种钢铁有限公司、冶金工业规划研究院等起草，并共同参与前期研究、调研和标准的编制、修改、技术数据验证以及标准推广等工作。

**二、制定本标准的目的和意义**

随着全球人口老龄化、劳动力短缺问题愈加严重，智能机器人可以有效代替人力执行繁重、危险的任务，填补劳动力空缺。推动智能机器人产业和技术的发展可以提高生产效率，降低生产成本，进一步促进生产方式发生深刻变革。推动传统制造向智能制造转型已成为新一轮国际科技竞争的新焦点，是我国亟需抢占主导权的新赛道、建立领先优势的新领域。

谐波减速器体积小，传动比高，精密度高，适用于负载较轻的精密减速器领域，是机器人减速器的优选方案，作为核心部件，其主要由内齿刚轮、柔轮和波发生器组成，在机器人中应用于肩关节、腕部、腰部、髋部等部位。其中，波发生器轴承作为谐波减速器的“心脏”，其核心作用是支撑椭圆形凸轮并引导柔轮的弹性变形。当凸轮旋转时，轴承外圈通过弹性变形带动柔轮产生周期性椭圆化运动，实现与刚轮的错齿啮合传动。这一过程中，轴承需承受较大的应力及循环载荷，对材料强度和结构稳定性提出极高要求，多采用的材料为GCr15、17CrNiMo6、陶瓷基复合材料等。目前，国内相关的标准有《机器人用谐波齿轮减速器》（GB/T 30819-2024）、《合金结构钢》（GB/T 3077-2015）等，均未细分至谐波传动减速器轴承用钢产品对应的标准要求，建议制定技术指标更加完善、先进的细分领域《机器人谐波传动减速器轴承用钢》标准，进一步完善机器人谐波传动减速器轴承用钢标准体系，满足上下游配套需求；二是突出钢铁企业原材料生产企业优势，占据标准赛道话语权。

**三、标准编制过程**

江阴兴澄特种钢铁有限公司与冶金工业规划研究院等单位共同承担了《机器人谐波传动减速器轴承用钢》团体标准的编制工作，共同组建了该团体标准起草小组，明确各自的责任和分工，并开展工作。在《机器人谐波传动减速器轴承用钢》标准制定过程中，起草小组认真查阅有关资料、收集相关数据信息，结合国内外生产情况，以及产品下游用户提出的性能要求，以及相关产品标准等，进行本团体标准的编制工作。

主要编制过程如下：

2025年4月，中国特钢企业协会团体标准化工作委员会、中关村不锈及特种合金新材料产业技术创新联盟团体标准化工作委员会（以下简称团标委）秘书处给各位委员发出团体标准立项函审单。到立项函审截止日期，没有委员提出不同意见；

2025年5月，团标委正式下达《机器人谐波传动减速器轴承用钢》团体标准立项计划（2025年第三批）。由江阴兴澄特种钢铁有限公司、冶金工业规划研究院相关人员组成了标准起草组，提出了标准编制计划和任务分工，并开始标准编制工作；

2025年6-7月：进行了起草标准的调研、问题分析和相关资料收集等准备工作，完成了标准制定提纲、标准草案；

2025年7月：召开标准启动会，围绕标准草案进行讨论，并按照与会意见和建议作进一步修改；主要修改：

2025年 月：形成征求意见稿，发出征求意见；

2025年 月：完成征求意见处理、形成标准送审稿；

2025年 月：完成该标准审定会和标准报批稿，上报中国特钢企业协会审批；

2025年 月：完成该标准发布、实施。

**四、标准编制原则**

本标准的制定一是坚持先进性与实用性相结合、统一性与灵活性相结合、可靠性与经济性相结合的原则，尽可能使标准满足多目标要求；二是充分考虑机器人谐波传动减速器轴承用钢的使用需求，在充分调研交流基础上开展标准编制工作，尽可能使该标准符合实际现状和满足未来发展要求；三是技术创新的原则。在与国家标准体系协调一致的基础上，在标准结构、内容及主要技术指标等方面进行技术创新，在标准中充分体现新产品的技术特点。

**五、主要技术内容**

（一）标准编写格式

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。

本文件规定了机器人谐波传动减速器轴承用钢的订货内容、制造工艺、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志及质量证明书。

（二）适用范围

本文件适用于制造公称直径为20 mm～200 mm的机器人谐波传动减速器轴承用钢（以下简称圆钢）。

（三）术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

1. 订货内容

1.按本文件订货的合同或订单应包括下列内容：

本文件编号；

产品名称；

牌号；

规格；

重量（或数量）；

交货状态；

特殊要求。

1. 制造工艺

1.冶炼方法

钢由转炉或电炉冶炼，经炉外精炼及真空脱气处理。

2.交货状态

圆钢以热轧、热轧软化退火或热轧球化退火状态交货。

1. 技术要求

1. 牌号和化学成分

钢的牌号及化学成分（熔炼分析）应符合表1的规定。

1. 牌号和化学成分

|  |  |
| --- | --- |
| 牌号 | 化学成分（质量分数）/% |
| C | Si | Mn | Cr | Cu | Ni | Mo | Al | Ti | Ca | O |
| GCr15 | 0.93～1.05 | 0.15～0.35 | 0.25～0.45 | 1.40～1.65 | ≤0.25 | ≤0.25 | ≤0.10 | ≤0.050 | ≤0.003 0 | ≤0.001 0 | ≤0.001 0 |
| GB/T 18254（高级优质钢） | 0.95~1.05 | 0.15~0.35 | 0.25~0.45 | 1.40～1.65 | ≤0.25 | ≤0.25 | ≤0.10 | ≤0.050 | ≤0.003 0 | ≤0.001 0 | ≤0.009 |
| GCr15SiMn | 0.93～1.05 | 0.45～0.75 | 0.95～1.25 | 1.40～1.65 | ≤0.25 | ≤0.25 | ≤0.10 | ≤0.050 | ≤0.003 0 | ≤0.001 0 | ≤0.001 0 |
| GB/T 18254（高级优质钢） | 0.95~1.05 | 0.45～0.75 | 0.95～1.25 | 1.40～1.65 | ≤0.25 | ≤0.25 | ≤0.10 | ≤0.050 | ≤0.003 0 | ≤0.001 0 | ≤0.001 0 |

钢的成品化学成分允许偏差应符合表2的规定。

1. 成品化学成分允许偏差

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | C | Si | Mn | Cr | P | S | Ni | Cu | Ti | Al | Mo |
| 本文件 | ±0.03 | ±0.02 | ±0.03 | ±0.05 | +0.005 0 | +0.005 0 | +0.030 | +0.020 | +0.0005 0 | +0.0100 | +0.01 |
| GB/T 18254 | ±0.03 | ±0.02 | ±0.03 | ±0.05 | +0.005 0 | +0.005 0 | +0.030 | +0.020 | +0.0005 0 | +0.0100 | ≤0.10时，+0.01＞0.10时，±0.02 |

2.硬度

圆钢的硬度应符合表3的规定。

1. 硬度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 牌号 | 热轧软化退火硬度/HBW，不大于 | 热轧球化退火硬度/HBW |
| GCr15 | 245 | 179～207 |
| GCr15SiMn | 245 | 179～217 |

1. 低倍

圆钢应按GB/T 18254—2016进行酸浸低倍检验，其横向低倍酸浸试片上不应有残余缩孔、气泡、裂纹、过烧和白点等有害缺陷。中心疏松、一般疏松、锭型偏析的合格级别应符合表4的规定。

1. 低倍组织合格级别

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 缺陷类型 | GB/T 18254—2016附录A中评级图 | 合格级别/级，不大于 |
| 中心疏松 | 第1级别图 | 1.5 |
| 一般疏松 | 第2级别图 | 1.0 |
| 锭型偏析 | 第3级别图 | 1.0 |

1. 塔形发纹

圆钢应按GB/T 15711进行塔形发纹检验，其合格级别应符合表5的规定。此指标为本文件新增。

1. 塔形发纹合格级别

|  |  |
| --- | --- |
| 发纹总条数 | ≤5条 |
| 发纹总长度 | ≤10 mm |
| 每阶上发纹最多条数 | ≤3条 |
| 发纹起算长度 | 0.6 mm |
|  注：同一母线上，间距小于2 mm的发纹计为一条。 |

1. 非金属夹杂物

圆钢应按GB/T 10561—2023中A法进行非金属夹杂物检验，其合格级别应符合表6的规定。此指标有区分。

1. 非金属夹杂物合格级别

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 非金属夹杂物类型 | A类 | B类 | C类 | D类 | DS类 |
| 合格级别/级，不大于 | 细系 | 粗系 | 细系 | 粗系 | 细系 | 粗系 | 细系 | 粗系 |
| 1.5 | 1.0 | 1.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 0.5 | 1.5 |
| GB/T 18254特级优质钢 | 2.0 | 1.5 | 1.5 | 0.5 | 0 | 0 | 1.0 | 0.5 | 1.0 |

6.脱碳层

热轧圆钢的表面每边总脱碳层深度应不超过公称直径的1.0%。

热轧软化退火和热轧球化退火圆钢的表面每边总脱碳层深度应不超过公称直径的1.0%+0.15mm。

7.碳化物不均匀性

圆钢的碳化物网状合格级别应符合表7的规定。在公称直径部分有加严。

1. 碳化物网状合格级别

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 交货状态 | 公称直径/mm | 合格级别/级，不大于 | 评定 |
| 热轧 | — | 不超过附录A中第7评级图 | GB/T 18254—2016附录A中第7评级图 |
| 热轧软化退火 | — |
| 热轧球化退火 | 20～60 | 2.5 |
| ＞60～200 | 供需双方协议 | GB/T 18254—2016附录A中第6评级图 |

圆钢的碳化物带状合格级别应符合表8的规定。

1. 碳化物带状合格级别

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 交货状态 | 公称直径/mm | 合格级别/级，不大于 | 评定 |
| 热轧、热轧软化退火或热轧球化退火 | 20～30 | 2.0 | GB/T 18254—2016附录A中第8评级图 |
| ＞30～60 | 2.5 |
| ＞60～150 | 3.0 |
| 注：公称直径＞150～200 mm的圆钢，由供需双方协议。 |

圆钢的碳化物液析应不超过GB/T 18254—2016附录A中第9评级图的1.0级。

8.显微孔隙

公称直径不大于60 mm的圆钢不应有显微孔隙。公称直径大于60 mm的圆钢，其显微孔隙应不超过GB/T 18254—2016附录A中第10评级图的规定。

9.超声检测

圆钢应进行超声检测，其合格级别应符合GB/T 4162—2022中A级的规定。此项为新增要求。

10.表面质量

圆钢应加工良好，表面不应有裂纹、折叠、拉裂、结疤和夹杂物及其他对使用有害的缺陷。如有上述缺陷应清除，清除深度从圆钢实际尺寸算起，应不超过公称尺寸公差之半。此项加严。

圆钢应进行表面质量检测，表面缺陷深度应不超过0.3 mm。

11.尺寸、外形、重量

（1）尺寸及其允许偏差

圆钢的尺寸及其允许偏差应符合GB/T 702—2017中第1组的规定。

（2）长度

圆钢的通常交货长度为3000mm～8000mm。

圆钢应在规定长度范围内以齐尺长度交货，每捆中最长与最短钢材的长度差应不大于1 000 mm。

按定尺或倍尺交货的圆钢，其长度允许偏差应不超过+50 0mm。

（3）外形

圆钢的不圆度应符合GB/T 702—2017的规定。

圆钢的每米弯曲度应不大于3.0 mm，总弯曲度应不大于圆钢长度的0.3%。

圆钢不应有显著扭转。

圆钢端头应锯切或剪切整齐，不应有飞边、毛刺及影响使用的切斜和压扁。

圆钢按实际重量交货。

（4）根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可提出下列特殊要求：

淬火断口检测；

高频超声检测；

加严表面质量；

其他特殊要求。

1. 试验方法

钢的化学成分分析按GB/T 223(所有部分)、GB/T 4336、GB/T 20123等通用方法进行，仲裁时由供需双方协商确定。

圆钢的检验项目及试验方法应符合表9的规定。

1. 检验项目、取样数量、取样部位及试验方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 取样数量a | 取样部位 | 试验方法 |
| 1 | 化学成分 | 1个/炉 | 见8.3.2 | 见7.1 |
| 2 | 氧含量 | 1个/批 | GB/T 11261 |
| 3 | 硬度 | 2个/批 | 不同支圆钢 | GB/T 231.1 |
| 4 | 低倍 | 6个/批 | 任意6支，任意一端 | GB/T 226,GB/T 18254—2016 |
| 5 | 塔形发纹 | 2个/批 | 不同支圆钢 | GB/T 15711 |
| 6 | 非金属夹杂物 | 6个/批 | GB/T 18254—2016 | GB/T 10561—2023中A法 |
| 7 | 脱碳层 | 公称直径≤60 mm，取5个/批；公称直径＞60 mm，取3个/批。 | 不同支圆钢 | GB/T 224—2019 |
| 8 | 碳化物网状 | 公称直径≤60 mm，取5个/批；公称直径＞60 mm，取3个/批。 | GB/T 18254—2016 | GB/T 18254—2016 |
| 9 | 碳化物带状 |
| 10 | 碳化物液析 |

表9（续）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 取样数量a | 取样部位 | 试验方法 |
| 11 | 显微孔隙 | 公称直径≤60 mm，取5个/批；公称直径＞60 mm，取3个/批。 | GB/T 18254—2016 | GB/T 18254—2016 |
| 12 | 超声检测 | 逐支 | 整支圆钢 | GB/T 4162—2022 |
| 13 | 表面质量 | 逐支 | 整支圆钢 | GB/T 32547—2016 |
| 14 | 尺寸、外形 | 逐支 | 整支圆钢 | 卡尺、千分尺、目视或其他等效方式 |
| a 取样数量达不到规定时，应逐支取样。 |

1. 检验规则
2. 检查和验收

圆钢由供方质量技术监督部门进行质量检查与验收。

1. 组批规则

圆钢应按批进行检查和验收，每批由同一炉号、同一牌号、同一尺寸、同一交货状态和同一热处理炉次的圆钢组成。

1. 取样数量及取样部位

圆钢的取样数量和取样部位应符合表9的规定。

化学分析用试样取样按GB/T 20066规定进行，氧含量在钢坯或圆钢上测定，其取样部位在圆钢半径二分之一处。

1. 复验与判定规则

若检验项目中有任一检验项目不合格时(非金属夹杂物除外)，可重新取样对不合格项目进行复验，取样数量与初验相同(氧含量除外)。复验合格则该批圆钢判定合格；复验仍不合格，则该批圆钢应判为不合格。

氧含量不合格时，可在不同圆钢(钢坯)上任意取3个试样进行复验，其检验结果的平均值应不大于本文件的规定值，其中允许有1个试样超过本文件规定值，但不应超过本文件规定值加0.000 3%。

若初验不合格的试样超过检验试样的一半时，说明该批圆钢质量较差，则不允许复验，但供方可以重新处理和组批，作为新的一批检查和验收。

对同一炉圆钢的低倍和非金属夹杂物，允许以坯代材，以大代小。

5.数值修约

圆钢的各项检验及检查测量值的数值修约应符合GB/T 8170的规定。

1. 包装、标志和质量证明书

圆钢的包装、标志及质量证明书应符合GB/T 2101的规定。

**六、与国内其它法律、法规的关系**

制定本标准时依据并引用了国内有关现行有效的标准，也不违背国内其它行业标准、法律、法规及强制性标准的有关规定。

**七、标准属性**

本标准属于中国特钢企业协会及中关村不锈及特种合金新材料产业技术创新联盟团体标准。

**八、标准水平及预期效果**

该标准的制定能有效规范机器人谐波传动减速器轴承用钢的生产、销售和使用，对该产品的有序发展具有重要意义。同时该标准对该产品的技术创新具有较高的指导意义，有利于促进产品质量提升与推广应用，体现团体标准的引领作用。

**九、贯彻要求及建议**

本标准归口单位为中国特钢企业协会及中关村特种合金及中关村不锈及特种合金新材料产业技术创新联盟，经过审定报批后，由中国特钢企业协会发布。建议在机器人谐波传动减速器轴承用钢的生产、贸易和使用等相关单位进行宣贯执行。