**《水轮发电机磁轭用热轧钢板及钢带》团体标准**

**编制说明**

**一、任务来源**

本文件由中国特钢企业协会提出并归口，冶金工业规划研究院作为标准组织协调单位。根据中国特钢企业协会团体标准化工作委员会团体标准制修订计划，由山西太钢不锈钢股份有限公司、冶金工业规划研究院等单位共同参与起草，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、制定本文件的目的和意义**

磁轭是大型水轮发电站中核心构件发电机转子中的一种重要部件，是转子体轴与磁极的连接体，在水轮发电机组运行时, 磁轭承受着巨大的转动惯量，因此，必须要求磁轭钢板具有足够的强度才能满足水轮发电机组的使用安全。另一方面, 磁轭作为发电机组磁路的一部分，为减少发电机组的磁损耗，提高发电机组运行效率，磁感应强度指标也是重要的技术要求。近年来随着白鹤滩、乌东德水电站项目为代表的国家重点特大水电建设项目提出了对于磁轭用钢的新要求，高级别磁轭钢板及钢带逐渐实现国产化。。

随着白鹤滩项目用750MPa磁轭钢关键核心技术问题的突破，我国实现了水轮发电机关键材料制造由“跟跑者”向“领跑者”的转变，引领全球磁轭钢材料的高质量发展。目前国内外现有磁轭钢标准在冲击韧性、不平度等技术指标上达不到水轮发电机精品工程项目设计要，迫切需要制定高级别磁轭钢团体标准，促进高级别磁轭钢材料的推广应用，实现大型水轮发电机组精品工程建设。2013年以来，太钢235~750MPa全系列磁轭产品累计供货10万吨，应用在白鹤滩、乌东德、长龙山、阳江、丰宁等众多国家重点大型水电项目工程，经过2年的研发，2023年解决了超高强磁轭钢高强韧性与高磁感匹配的工艺技术难题，攻克了连轧机组生产超高强磁轭钢在线淬火板形控制难题，全球首家研制出1000MPa级超高强磁轭钢。打造出具有高强度、高韧性、高平直度、高表面、高磁感、低内应力的太钢特色高端产品。目前国内磁轭钢细分领域的国家标准较少，国家标准《全工艺冷轧电工钢 第1部分：晶粒无取向钢带（片）》（GB/T 2521.1-2016）和《全工艺冷轧电工钢 第2部分：晶粒取向钢带（片）》（GB/T 2521.2-2016 ）是基础要求，缺乏对于水电工程用磁轭钢专用的要求，且近些年随着创新产品的发作战，对新产品的覆盖不足。行业标准《电机用具有磁性能要求的冷轧和热轧钢板》（YB/T 4762-2019），该标准适用于厚度0.8mm~6.0mm的而具有磁性能要求的冷轧和热轧钢板，最高屈服强度级别为750MPa，对冲击功未作出具体要求，且对于创新产品900MPa以上产品没有指导作用，不利于产品的高质量的发展。本标准的制定根据水轮发电机磁轭用钢板及钢带实际生产和使用的需求出发，以规范产品的技术要求，满足水轮发电机磁轭用钢板及钢带的要求。。

**三、标准编制过程**

标准牵头单位山西太钢不锈钢股份有限公司具有较强的细分领域钢板产品生产经验，为进一步完善钢材产品标准体系，大型水电工程安全，太钢不锈等单位积极配合起草组开展标准预研等基础工作，标准研制过程中，编制组广泛收集国内外技术资料，比对现行有效标准，结合国内外水电工程用高强度钢板生产现状，着重调研下游行业重点关注的技术指标，并广泛征求利益相关方意见，强化标准的适用性、先进性和公正性，提升标准应用实施效果。

2024年12月：中国特钢企业协会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；

2024年1月：团标委正式下达《水轮发电机磁轭用热轧钢板及钢带》团体标准立项计划（2022年第四批）。团体标准立项后，山西太钢不锈钢股份有限公司、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。；

2024年1~7月：进行起草标准的调研、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；

2024年7月：计划召开标准启动会，围绕标准草案进行讨论，按照与会意见和建议进行修改，形成征求意见稿并发出征求意见；

2024年8月：计划完成征求意见处理、形成标准送审稿；

2204年X月：计划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；

2024年X月：完成标准报批稿，上报中国特钢企业协会审批；完成标准发布、实施。

**四、标准编制原则**

一是满足用户使用需要的原则。标准牵头单位山西太钢不锈钢股份有限公司具有较强的细分领域钢板产品生产经验，并做到全球首发1000MPa产品，力争达到“科学、合理、先进、实用”。二是实践标准供给侧改革的原则。进一步完善钢材产品标准体系，保证大型水电工程安全，争取实现团体标准的“及时性”、“先进性”和“市场性”的要求。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，结合国内外水轮机磁轭钢产品生产现状，着重调研下游行业重点关注的技术指标，在高强度牌号，厚度范围区间，力学性能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、标准的研究思路及内容**

（一）编制思路

《水轮发电机磁轭用热轧钢板及钢带》主要以解决日益发展的水轮机机组生产和市场需求为导向，进行标准设计与研制。大随着三峡工程、向家坝、溪洛渡、乌东德、白鹤滩等大国重器相继建设，设计的高水头大容量水电机组是水轮发电机的未来发展方向。考虑其安全使用，对磁轭钢提出了高强度、高韧性、高精度及高磁感性能等技术要求，需要重点研究并实现高端热轧磁轭钢，解决强度、韧性、精度和磁感的良好匹配这一关键技术难题。。

本文件在编制过程中以YB/T 4762-2019标准为指导，补充800MPa及以上产品牌号及性能指标，并重点对下游客户关注的技术指标进行完善补充，使标准更具有针对性和实用性。

（二）标准技术框架

本文件包含以下部分

前 言

1 范围

2 规范性引用文件

3 术语和定义

4 牌号表面方法

5 订货内容

6 尺寸、外形、重量

7 技术要求

8 试验方法

9 检验规则

10 包装、标志和质量证明书

（三）主要技术内容

**1、标准名称**

依据团体标准制修订计划，本文件的名称为《水轮发电机磁轭用热轧钢板及钢带》。

**2、范围**

本章对文件内容、适用范围和产品用途进行了规定。其内容包括对水轮发电机用具有磁性能要求的热轧钢板及钢带的牌号表示方法、订货内容、尺寸、外形、重量、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书等的规定，适用于水轮发电机用厚度1.50mm~6.00mm的具有磁性能要求的热轧钢板及钢带。

**3、规范性引用文件**

基于文件内容，对涉及的检测方法标准、包装、标志和质量证明书标准、尺寸、外形、重量及允许偏差标准等进行了引用。根据相关标准最新发布版本，重新梳理了引用标准。

**4、术语和定义**

本文件没有需要界定的术语和定义。

**5、牌号表示方法**

根据生产、市场需要和行业标准情况，本文件牌号命名规则在行标的基础上，在牌号中特别体现水轮机用途特性。

钢的牌号由水轮发电机的“水”和“电”的汉语拼音首字母“S”和“D”、“磁”的汉语拼音首字母“C”，“热”的汉语拼音首字母“R”，规定最小屈服强度值五部分组成。举例如下：SDCR450

**6、订货内容**

根据钢铁产品的一般规定提出客户订货信息的要求。包括产品名称；本文件编号；牌号；规格、尺寸外形及允许偏差；重量；加工方法（冲切或激光切割）交货状态；特殊要求。

**7、****尺寸、外形、重量**

参照生产和下游要求，钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合GB/T 709的规定。提出钢板的同板差、不平度等要求，其他的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合GB/T 709的规定。

**8、技术要求**

8.1 牌号和化学成分

牌号及化学成分与行业标准相比Mn量控制上限降低。成分设计更加合理，在生产中可保证性能符合下游客户要求。YB/T 4762中产品到DCR700，800MPa强度等级以上没有涉及，起草单位根据研发、试制和实际生产情况得出SDCR800级以上数据，产品主要通过力学性能、磁性能等技术指标满足客户要求，成分和生产方式限制较少。

表1 牌号及化学成分对比

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准 | 牌号 | 化学成分a（质量分数）%，不大于 | | | | | |
| C | Si | Mn | P | S | Nb+V+Ti |
| 本文件 | SDCR250 | 0.20 | 0.30 | 1.60 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| SDCR300 | 0.20 | 0.30 | 1.60 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| SDCR350 | 0.20 | 0.30 | 1.60 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| SDCR400 | 0.20 | 0.30 | 1.80 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| SDCR450 | 0.20 | 0.30 | 1.80 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| 行标 | DCR250、DCR300、DCR350、DCR400、DCR450 | 0.20 | 0.30 | 1.80 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| 本文件 | SDCR500 | 0.20 | 0.30 | 1.90 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| SDCR550 | 0.20 | 0.30 | 1.90 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| 国标 | DCR500、DCR550 | 0.20 | 0.30 | 2.00 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| 本文件 | SDCR600 | 0.20 | 0.30 | 2.00 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| SDCR650 | 0.20 | 0.30 | 2.00 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| SDCR700 | 0.20 | 0.30 | 2.00 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| SDCR750 | 0.20 | 0.30 | 2.10 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| 国标 | DCR600、DCR650、DCR700、DCR750 | 0.20 | 0.30 | 2.10 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| 本文件 | SDCR800 | 0.20 | 0.30 | 2.10 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| 本文件 | SDCR850  SDCR900  SDCR950  SDCR1000 | 0.20 | 1.40 | 2.10 | 0.025 | 0.015 | 0.40 |
| a 为改善钢的性能，根据需要可添加其他合金元，并在质保书中说明。 | | | | | | | |

8.2冶炼方法

本文件采用了国内大多数钢铁制造商所拥有的转炉或电炉冶炼方法，同时，为保证钢板内在质量提出炉外精炼要求。

8.3交货状态

本文件按照下游厂商要求，及不同强度产品的要求。

屈服强度≤800MPa的钢板及钢带以热轧状态交货。经供需双方协商确定，钢板及钢带也可酸洗涂油交货。

屈服强度＞800MPa的钢板及钢带以淬火+回火状态交货。经供需双方协商确定，钢板及钢带也可酸洗涂油交货。

8.4力学性能及工艺性能

力学性能及工艺性能与行业标准对比表3的规定。

上屈服强度、抗拉强度、断后伸长率：本文件拉伸性能的指标与YB/T 4762保持一致。增加弯曲试验的要求。

SDCR800以以上产品，行业标准无此牌号，本标准中室温拉伸性能指标（屈服强度、抗拉强度、断后伸长率）以产品生产和研发数据为基础，并进行适当调整，满足下游用户的要求。

表3 力学性能及工艺性能对比

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准 | 牌号 | 上屈服强度a  Rel/MPa  不小于 | 抗拉强度c  Rm/MPa  不小于 | 断后伸长率Ab  A/%，不小于 | | 弯曲试验c  D=弯曲压头直径，a=试样厚度 |
| L0=80mm | L0=5.65 |
| 本文件 | SDCR250 | 250 | 350 | 20 | 26 | D=2a |
| 行标 | DCR250 | 250 | 350 | 20 | 26 | — |
| 本文件 | SDCR300 | 300 | 400 | 18 | 24 | D=2a |
| 行标 | DCR300 | 300 | 400 | 18 | 24 | — |
| 本文件 | SDCR350 | 350 | 450 | 16 | 22 | D=2a |
| 行标 | DCR350 | 350 | 450 | 16 | 22 | — |
| 本文件 | SDCR400 | 400 | 500 | 14 | 19 | D=2a |
| 行标 | DCR400 | 400 | 500 | 14 | 19 | — |
| 本文件 | SDCR450 | 450 | 550 | 12 | 17 | D=2a |
| 行标 | DCR450 | 450 | 550 | 12 | 17 | — |
| 本文件 | SDCR500 | 500 | 600 | 12 | 14 | D=2a |
| 行标 | DCR500 | 500 | 600 | 12 | 14 | — |
| 本文件 | SDCR550 | 550 | 650 | 10 | 14 | D=2a |
| 行标 | DCR550 | 550 | 650 | 10 | 14 | — |
| 本文件 | SDCR600 | 600 | 700 | 10 | 12 | D=2a |
| 行标 | DCR600 | 600 | 700 | 10 | 12 | — |
| 本文件 | SDCR650 | 650 | 700 | 10 | 12 | D=2a |
| 行标 | DCR650 | 650 | 700 | 10 | 12 | — |
| 本文件 | SDCR700 | 700 | 750 | 8 | 12 | D=2a |
| 行标 | DCR700 | 700 | 750 | 8 | 12 | — |
| 本文件 | SDCR750 | 750 | 800 | 8 | 12 | D=3a |
| 行标 | DCR750 | 750 | 800 | 8 | 12 | — |
| 本文件 | SDCR800 | 800 | 850 | 8 | 10 | D=3a |
| 本文件 | SDCR850 | 850 | 900 | - | 10 | D=6a |
| 本文件 | SDCR900 | 900 | 950 | - | 10 | D=6a |
| 本文件 | SDCR950 | 950 | 1000 | - | 9 | D=6a |
| 本文件 | SDCR1000 | 1000 | 1050 | - | 9 | D=6a |
| a  当屈服现象不明显时，可采用规定塑性延伸强度Rp0.2代替。  b 厚度不小于3mm时，采用A；厚度小于3mm时，采用A80mm定标距试样，试样尺寸为GB/T 228.1-2021规定的P13试样。  c 根据需方要求,并在合同中注明，供需双方可协商规定抗拉强度的上限值。  d 牌号为SDCR 300~SDCR800 弯曲角度为180°，SDCR850~SDCR1000弯曲角度为90°。 | | | | | | |

8.5磁性能

除SDCR650、SDCR650、SDCR650的5000A/m磁性能指标外，750MPa及以下牌号钢板及钢带的磁通密度规定5000A/m、10000A/m、15000A/m、20000A/m 和30000A/m的数据，与行业标准一致。800MPa及以上牌号钢板及钢带的磁通密度根据生产实践经验进行规定。按照生产实际经验和规律，强度低的产品磁感性能高，SDCR650、SDCR650、SDCR650的5000A/m磁性能指标要求低于行标，本文件指标设定结合下游主机厂的要求，下游主机厂一般对该指标要求较少，本文件根据化学成分的设计和实际生产数据，设定的磁性能指标，能满足大部分下游要求。

表4 磁性能

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准 | 牌号 | 磁通密度/T，不小于 | | | | |
| 5000A/m | 10000A/m | 15000A/m | 20000A/m | 30000A/m |
| 本文件 | SDCR250 | 1.60 | 1.69 | 1.80 | — | — |
| 国标 | DCR250 | 1.60 | 1.69 | 1.80 | — | — |
| 本文件 | SDCR300 | 1.60 | 1.69 | 1.80 | — | — |
| 国标 | DCR300 | 1.60 | 1.69 | 1.80 | — | — |
| 本文件 | SDCR350 | 1.59 | 1.66 | 1.79 | — | — |
| 国标 | DCR350 | 1.59 | 1.66 | 1.79 | — | — |
| 本文件 | SDCR400 | 1.55 | 1.66 | 1.79 | — | — |
| 国标 | DCR400 | 1.55 | 1.66 | 1.79 | — | — |
| 本文件 | SDCR450 | 1.54 | 1.65 | 1.79 | — | — |
| 国标 | DCR450 | 1.54 | 1.65 | 1.79 | — | — |
| 本文件 | SDCR500 | 1.54 | 1.64 | 1.79 | — | — |
| 国标 | DCR500 | 1.54 | 1.64 | 1.79 | — | — |
| 本文件 | SDCR550 | 1.54 | 1.63 | 1.78 | — | — |
| 国标 | DCR550 | 1.54 | 1.63 | 1.78 | — | — |
| 本文件 | SDCR600 | 1.50 | 1.62 | 1.78 | — | — |
| 国标 | DCR600 | 1.50 | 1.62 | 1.78 | — | — |
| 本文件 | SDCR650 | 1.50 | 1.73 | 1.78 | 1.89 | 1.90 |
| 国标 | DCR650 | 1.58 | 1.73 | 1.78 | 1.89 | 1.90 |
| 本文件 | SDCR700 | 1.50 | 1.73 | 1.78 | 1.90 | 1.93 |
| 国标 | DCR700 | 1.58 | 1.73 | 1.78 | 1.89 | 1.90 |
| 本文件 | SDCR750 | 1.50 | 1.73 | 1.78 | 1.90 | 1.93 |
| 国标 | DCR750 | 1.58 | 1.73 | 1.78 | 1.89 | 1.90 |
| 本文件 | SDCR800 | 1.50 | 1.73 | 1.78 | 1.90 | 1.93 |
| SDCR850 | 1.50 | 1.70 | 1.75 | 1.83 | 1.90 |
| SDCR900 | 1.50 | 1.70 | 1.75 | 1.83 | 1.90 |
| SDCR950 | 1.50 | 1.70 | 1.75 | 1.83 | 1.90 |
| SDCR1000 | 1.50 | 1.70 | 1.75 | 1.83 | 1.90 |

8.6 表面质量要求

本文件与行业标准保持一致。

钢板及钢带表面应清洁、平整、光滑,不应有结疤、裂纹、折叠、锈蚀、氧化铁皮压入及目视可见的分层等有害缺陷。

允许轻徽的麻点、划痕等缺欠,其深度应不超过钢板及钢带允许的厚度公差之半并应保证钢板及钢带的最小厚度。

8.7 特殊要求

大部分用户没有冲击功要求，但存在下游外国用户对产品冲击功提出要求，所以增加对钢板及钢带提出冲击试验的特殊要求。

9 试验方法

本文件规定了钢材的检验项目、取样数量、取样方法、取样方向和试验方法。本文件中所列试验方法标准均为现行有效标准，明确规定钢的化学成分分析仲裁试验方法。

每批钢板及钢带的检验项目、取样数量、取样方法和试验方法应符合表5的规定。

表5　检验项目、取样数量、取样方法和试验方法

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 取样数量 | 取样方法 | 试验方法 |
| 1 | 化学成分 | 1个/炉 | GB/T 20066 | 见8.1 |
| 2 | 拉伸试验 | 1个/批 | GB/T 2975 | GB/T 228.1 |
| 3 | 弯曲试验 | 1个/批 | GB/T 2975 | GB/T 232 |
| 4 | 磁性能 | 1组/批 | 纵、横各半 | GB/T 3655直流方法 |
| 环形样 | GB/T 13012 |
| 条形样，纵、横各半 |
| 5 | 表面质量 | 逐张 | — | 目视及测量 |
| 6 | 尺寸、外形 | 逐张 | — | 合适的量具 |

10 检验规则

钢板及钢带的检查和验收由供方质量检验部门进行。钢板及钢带应成批验收。每批应由同一牌号、同一炉号、同一规格和同一工艺制造的钢板及钢带组成，每批重量不大于40t。钢板和钢带的取样数量应符合表5的规定。钢板及钢带的复验与判定应符合 GB/T 17505的规定。数值判定采用修约值比较法进行修约，修约规则应符合GB/T 8170的规定。

11包装、标志和质量证明书

钢板及钢带的包装、标志、质量证明书应符合GB/T 247的规定。

钢板每包重量应不超过5t，吊运过程中不应采用磁盘，以防钢板被磁化影响使用。

**六、标准中涉及专利的情况**

本标准不涉及专利问题。

**七、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况**

本文件充分纳入和反映了当今新产品、新技术、新工艺的先进技术成果，为水轮发电机磁轭用热轧钢板及钢带的推广应用提供了有力的技术支撑，为指导和规范水轮发电机磁轭用热轧钢板及钢带的生产和验收提供了依据，有利于提高产品的技术性能、安全可靠性和低碳环保性。

通过本文件的制定和实施，将对水轮发电机磁轭用热轧钢板及钢带生产技术的创新，产品质量的提升，市场竞争力的增强，具有广泛和深远的社会效益。同时，该文件的实施有利于促进下游产品的质量提升与推广应用，充分体现团体标准的引领作用。

**八、与国际、国外对比情况**

本文件制定过程中，查询了部分同钢级国外标准，与国内外同类标准相比，规定了最为严格的生产、检验等条件，化学成分范围、力学性能指标均为国际最高水平。本文件可以满足用户对产品质量稳定性有特殊需求的订货，也可作为行业招标、采购的指导性文件。

**九、与现行法律、法规的关系**

制定本文件时依据并引用了国内有关现行有效标准，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。

**十、重大分歧意见的处理经过和依据**

本文件制定过程中无重大意见及分歧。

**十一、标准属性**

本文件属于中国特钢企业协会团体标准。

**十二、贯彻要求及建议**

本标准归口单位为中国特钢企业协会，经过审定报批后，由中国特钢企业协会发布。建议在对产品生产、贸易和使用等相关单位进行宣贯执行。

**十三、废止或代替现行相关标准的建议**

无。

**十四、其他应予说明的事项**

无。

《水轮发电机磁轭用热轧钢板及钢带》标准编制工作组

2024年8月