**《高强度桥梁缆索钢丝用盐浴热处理盘条》**

**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，由江苏沙钢钢铁有限公司、冶金工业规划研究院等单位共同参与起草，计划于2025年完成《高强度桥梁缆索钢丝用盐浴热处理盘条》标准的制定工作。

二、制定本文件的目的和意义

桥梁缆索是桥梁建设中重要的承载材料，随着对桥梁承载力与跨度要求的提高，桥梁缆索的强度需求也在增加，大跨度桥梁缆索既长期承受动载荷和静载荷，又长期暴露在风雨、潮湿和受污染空气的环境中。既承受“荷载应力”和“应力疲劳”，又有“金属腐蚀”“应力腐蚀”“疲劳腐蚀”等，缆索结构容易遭受应力和腐蚀破坏失效，对桥梁缆索用钢盘条质量提出非常高的要求。

近年来桥梁缆索钢丝的强度要求从1960MPa级提高至2100MPa级，同时要求钢丝具有良好的塑性和韧性。钢丝强度和塑韧性指标的提升，同时也对钢丝用钢盘条的微观组织和力学性能提出了更高的要求。在超高强度盘条（≥1960MPa）的热轧过程中，存在两个技术难题：一是技术难度已逼近现有工艺技术的上限，工艺窗口非常窄，强度-塑韧性平衡极难控制。超高强度的性能要求，需要对盘条进行合金化，这就极易导致网状渗碳体或马氏体等脆性组织的生成，超高强度-塑韧性的平衡控制极难兼顾；大量生产实践数据表明，1960MPa热轧盘条是现有热轧工艺和产线可确保热轧态批量供货的最高强度等级产品。二是工艺固有技术特征带来的同圈组织不均匀。热轧生产过程中，盘条在斯太尔摩上吐丝后由于搭接点和非搭接点的存在，横向冷速不一致，导致同圈组织不均匀，且盘条在斯太尔摩线上为连续变温相变过程，因其相变温度的差异，不同温度下相变产生的珠光体组织的片层间距不同，进而造成了盘条的力学性能波动较大。因此，仅仅依靠传统热轧工艺来生产、并以热轧态盘条来交货，无法提供出合格的产品。

为解决超高强度-塑韧性的高技术要求，需要对热轧盘条进行热处理，在解决局部微观组织均匀性的基础上，也可以消除搭接点/非搭接点带来的差异，从而全面满足超高强度盘条的各项技术要求。铅浴热处理是一个解决方案，但因其环保问题被限制使用。《GB/T 33967-2017 免铅浴淬火钢丝用热轧盘条》所采用的水浴处理盘条也因无法实现等温转变而存在稳定性、均匀性和异常组织的缺陷。盐浴热处理工艺由于环保、温度可控，可通过等温相变获得较高的强度与组织均匀性，能够较好的解决上述难题。日本钢制铁在上世纪九十年代已开始采用盐浴热处理工艺来生产盘条，其产品包括桥梁缆索钢丝、切割丝、预应力钢丝等，但公开技术报道不多，未制定相关标准。国内自2016年以来，青岛特钢、沙钢、宝钢和济源钢铁先后建设了盐浴生产线，主要产品为超高强度桥梁缆索钢丝用盘条，相关产品已批量应用于多个重点工程项目。盐浴产品因其环保性、节能性和节约合金资源的特点，符合国家的产业政策；产品的超高性能又能满足下游行业的迫切需求，因此，盐浴盘条极具可推广性。

前期，青岛特钢牵头并联合天津荣程、潍坊特钢开展了T/SSEA 0382—2024《桥梁缆索钢丝用盘条》标准研制，在YB/T 4264基础上加严产品技术指标。沙钢作为全国最大的优质硬线生产基地，桥梁缆索钢丝用盘条是其重要代表性产品，其产品具有化学成分稳定、偏差小，钢质纯净、夹杂物含量低，金相组织好、通条性能均匀，规格范围宽，盘重大，尺寸精度高，表面质量好等技术优势。产品实物质量达到国际同类产品实物先进水平，获得“冶金产品实物质量金杯奖”、“冶金行业品质卓越产品”、“全国用户满意产品”等荣誉称号。具备牵头制定该领域标准的技术实力。

为突出沙钢集团桥梁缆索钢丝用盘条市场优势地位，沙钢集团向中国特钢企业协会提出《高强度桥梁缆索钢丝用盐浴热处理盘条》标准研制计划，明确高强度盘条热处理方式，突出产品高强度特点，并在T/SSEA 0382基础上，进一步加严产品技术指标。

三、标准编制过程

2024年9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 10月，团标委正式下达立项计划，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11~ 2025年1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2月：召开标准启动会，围绕标准草案进行了讨论，并按照与会意见和建议进行了修改。

2025年 月 ~ 2025年 月：形成征求意见稿并发出征求意见。

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。

**讨论会意见及反馈清理如下：**

1. 1 牌号表示方法，建议本文件牌号表示方法主要参照YB/T 4264执行，可在适当位置突出盐浴热处理特征；

2. 7.1.1牌号及化学成分，确认产品牌号及成分，概述成分调整理由；

3. 7.2力学性能，企业协商修改断面收缩率要求；

4. 7.9.1尺寸，“盘卷外圈径不大于1.5m”和企业核对该指标制定原因。

采纳专家意见并修改完善相关技术指标。

四、标准编制原则

充分考虑高强度桥梁缆索钢丝用盐浴热处理盘条的高质量需求，联合下游企业协同攻关，采用标准化手段助力高强度桥梁缆索钢丝用盐浴热处理盘条高质量发展，展现我国桥梁工程用钢先进技术水平。本文件以满足下游行业对高强度桥梁缆索钢丝用盐浴热处理盘条的要求为前提，充分提高标准的市场适应能力；通过对下游用钢行业的研究，了解产品的实际需求，确定各项技术指标，满足下游行业生产需要，强化彼此之间的联系，扩大企业产品影响力。

五、标准的研究思路及内容

（一）编制思路

《高强度桥梁缆索钢丝用盐浴热处理盘条》文件的设计与编制主要以问题与需求为导向，切实从高强度桥梁缆索钢丝用盐浴热处理盘条生产需要出发，进一步确定化学成分控制指标、组织、力学性能等技术指标要求，强化细分领域标准的指导意义。通过制定满足市场创新需要，并具有科学、合理、全面、可操作性的标准，助力高强度桥梁缆索钢丝用盐浴热处理盘条的高质量供给，提升作业的安全性和可靠性。本文件在参考YB/T 4264-2020《桥梁缆索钢丝用盘条》的基础上，结合实际生产的特殊需要，对各牌号成分范围和性能要求、显微组织、非金属夹杂物、低倍组织等技术指标进行了加严和扩展，增强了原料生产制造商与下游行业的联系，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 牌号表示方法

5 订货内容

6制造工艺

7 技术要求

8 试验方法

9 检验规则

10 包装、标志及质量证明书

（三）标准技术内容

1. 范围

本文件规定了高强度桥梁缆索钢丝用盐浴热处理盘条的牌号表示方法、订货内容、制造工艺、技术要求、试验方法、检验规则、包装标志和质量证明书等内容。

本文件适用于高强度桥梁缆索钢丝用盐浴热处理盘条（以下简称盘条）。

2. 规范性引用文件

按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》的有关规定。

3. 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4. 牌号表示方法

本文件牌号表示方法主要参照YB/T 4264执行，并在牌号中添加后缀“Y”突出盐浴热处理特征，具体表示方式如下。

盘条的牌号由代表桥梁“桥”字汉语拼音首字母“Q”、缆索“索”字汉语拼音首字母“S”、碳元素平均含量（以万分之几记）的阿拉伯数字、盐浴“盐”字汉语拼音首位字母4部分组成。

示例：QS87-Y

其中：

Q——桥梁“桥”字汉语拼音首字母；

S——缆索“索”字汉语拼音首字母；

87——碳元素平均含量是万分之八十七；

Y——盐浴“盐”字汉语拼音首位字母。

注：目前沙钢所有盐浴材均是在热轧材牌号后增加表示热处理的字母P进行区分（标准发布后，沙钢是否可按照标准要求修改牌号表示方法？）

5. 订货内容

本章节对订货的合同或订单内容提出要求，应包含：

1. 本文件编号；
2. 产品名称；
3. 牌号；
4. 规格；
5. 重量（或数量）；
6. 交货状态；
7. 其他特殊要求。

6. 制造工艺

6.1 冶炼方法

钢由转炉或电炉冶炼加炉外精炼加真空脱气处理。除非需方有特殊要求并在合同中注明，冶炼方法一般由供方选择。

6.2 交货状态

盘条以盐浴热处理状态交货。

7. 技术要求

7.1 牌号及化学成分

盐浴热处理盘条通过合理设计盐浴热处理工艺参数，可以有效地控制盘条显微组织中的索氏体化率、片层间距等特点，从而按客户要求获得理想的力学性能。相应的，其对化学成分依赖性降低明显，因此本标准对化学成分的规定范围较宽，有利于供方和需方根据盘条具体用途合理确定。盐浴热处理工艺普遍适用于其他制丝用高碳钢索氏体盘条，可提高盘条的力学性能、索氏体化率及通条组织性能均匀性，因此也可采用GB/T 24242、GB/T 24238、GB/T 4354、GB/T 27691、YB/T 4264等相关标准所列高碳钢牌号及其化学成分。

本章节在YB/T 4264的基础上，根据高强度缆索钢丝钢的要求提出技术指标，优化Si、Cr元素的加入量。与T/SSEA 0382—2024相比，各牌号产品Cu元素范围收窄明显，加严成分控制；提升Si、Cr元素含量上限（提升原因：前期受设备生产能力与工艺水平限制，为降低组织控制难度，将合金元素限制较低。随着生产水平提高，高合金盘条的合格率不断提升，在性能满足的前提下，无需对成分做严格限定，放宽Si、Cr元素范围，有助于成分设计更加灵活，生产出性能更优的产品）。S、P元素范围则保持一致，具体指标如下表所示。

表1 元素含量比对情况

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 文件对比 | 牌号 | 化学成分（质量分数）/% | | | | | | |
| C | Si | Mn | P | S | Cr | Cu |
| 不大于 | | | |
| 本文件 | QS82-Y | 0.80～0.85 | 0.12～1.30 | 0.30～0.90 | 0.020 | 0.010 | 0.50 | 0.15 |
| YB | QS82 | 0.80～0.85 | 0.12～1.00 | 0.30～0.90 | 0.020 | 0.010 | 0.35 | 0.15 |
| 本文件 | QS87-Y | 0.85～0.90 | 0.12～1.30 | 0.30～0.90 | 0.020 | 0.010 | 0.50 | 0.15 |
| YB | QS87 | 0.85～0.90 | 0.12～1.00 | 0.30～0.90 | 0.020 | 0.010 | 0.35 | 0.15 |
| T/SSEA 0382 | QS87Mn | 0.85~0.90 | 0.12~1.00 | 0.50~0.90 | 0.020 | 0.010 | 0.40 | 0.20 |
| T/SSEA 0382 | QS87MnSi | 0.85~0.90 | 0.50~1.30 | 0.50~0.90 | 0.020 | 0.010 | 0.40 | 0.20 |
| T/SSEA 0382 | PQS87MnSi | 0.85~0.90 | 0.50~1.30 | 0.50~0.90 | 0.020 | 0.010 | 0.40 | 0.20 |
| 本文件 | QS92-Y | 0.90～0.95 | 0.12～1.30 | 0.30～0.90 | 0.020 | 0.010 | 0.50 | 0.15 |
| YB | QS92 | 0.90～0.95 | 0.12～1.00 | 0.30～0.90 | 0.020 | 0.010 | 0.35 | 0.15 |
| T/SSEA 0382 | PQS92Si | 0.90~0.95 | 0.50~1.30 | 0.30~0.90 | 0.020 | 0.010 | 0.40 | 0.20 |
| 本文件 | QS97-Y | 0.95～1.00 | 0.12～1.30 | 0.30～0.90 | 0.020 | 0.010 | 0.50 | 0.15 |
| YB | QS97 | 0.95～1.00 | 0.12～1.00 | 0.30～0.90 | 0.020 | 0.010 | 0.35 | 0.15 |
| T/SSEA 0382 | PQS97Si | 0.95~1.00 | 0.50~1.50 | 0.30~0.90 | 0.020 | 0.010 | 0.40 | 0.20 |

7.2 力学性能

本章节在YB/T 4264的基础上，根据客户具体用途，给出了所有牌号的直径范围和力学性能指标。与T/SSEA 0382—2024相比，各牌号产品抗拉强度、断面收缩率提升明显，具体技术指标比对下表。

注：由于QS92-Y产品在13mm规格中，有一部分面缩在30%-32%之间，受成分与生产工艺影响，面缩难以稳定在32%以上。因此将QS92-Y牌号产品断面收缩率确定为≥30%。

表2 力学性能比对情况

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 文件对比 | 牌号 | 直径，mm | 抗拉强度 Rm/MPa | 断面收缩率Z/% | | |
| I组 | II组 | III组 |
| 本文件 | QS82-Y | 11～13 | ≥1280 | ≥40 | | |
| 13.5～15 | ≥1250 |
| YB | QS82 | ≤12.5 | ≥1230 | ≥40 | ≥32 | ≥30 |
| ＞12.5 | ≥1200 |
| 本文件 | QS87-Y | 11～13 | ≥1380 | ≥36 | | |
| 13.5～15 | ≥1350 |
| YB | QS87 | ≤12.5 | ≥1280 | ≥36 | ≥30 | ≥25 |
| ＞12.5 | ≥1250 |
| T/SSEA 0382 | QS87Mn | 12.5～13.5 | ≥1250 | ≥36 | ≥32 | ≥30 |
| 14.0～15.0 | ≥1250 |
| T/SSEA 0382 | QS87MnSi | 12.5～13.5 | ≥1300 | ≥32 | ≥30 | ≥28 |
| 14.0～15.0 | ≥1280 |
| T/SSEA 0382 | PQS87MnSi | 12.5～13.5 | ≥1370 | ≥34 | ≥32 | ≥30 |
| 14.0～15.0 | ≥1350 |
| 本文件 | QS92-Y | 11～13 | ≥1480 | ≥30 | | |
| 13.5～15 | ≥1450 |
| YB | QS92 | ≤12.5 | ≥1330 | ≥32 | ≥28 | ≥20 |
| ＞12.5 | ≥1300 |
| T/SSEA 0382 | PQS92Si | 12.5～13.5 | ≥1470 | ≥28 | ≥25 | ≥23 |
| 14.0～15.0 | ≥1450 |
| 本文件 | QS97-Y | 11～13 | ≥1580 | ≥28 | | |
| 13.5～15 | ≥1550 |
| YB | QS97 | ≤12.5 | ≥1380 | ≥28 | ≥25 | ≥20 |
| ＞12.5 | ≥1350 |
| T/SSEA 0382 | PQS92Si | 12.5～13.5 | ≥1520 | ≥25 | ≥22 | ≥20 |
| 14.0～15.0 | ≥1500 |

为保证组织与性能的均匀性，同一批号盘条的抗拉强度波动范围由T/SSEA 0382—2024中不大于80MPa提升至“应不大于70MPa” 。

7.3 脱碳层

脱碳层为保证疲劳性能较为关键的技术指标，盘条脱碳层深度受Si含量影响较大，根据国内的实际生产情况，根据盘条加入的Si含量将脱碳层深度分为2个标准，与T/SSEA 0382—2024中I组、II组要求保持一致，具体指标如下：

表3 脱碳层

|  |  |
| --- | --- |
| Si含量/% | 总脱碳层深度 /mm |
| ≤0.5 | ≤0.07 |
| ＞0.5 | ≤0.10 |

7.4 非金属夹杂物

本章节参考YB/T 4264进行控制，与T/SSEA 0382—2024相比细系夹杂物指标略有下降，主要原因为：细系夹杂物的危害比粗系小，2.0级已满足下游用户使用需求不影响产品质量，如进一步加严会导致企业生产成本增加。具体指标要求如下表所示。

表4 非金属夹杂物合格级别

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 文件类别 | 夹杂物类型 | A | | B | | C | | D | | DS |
| 合格级别，不大于 | 细系 | 粗系 | 细系 | 粗系 | 细系 | 粗系 | 细系 | 粗系 | 1.5 |
| 本文件 | 2.0 | 1.0 | 2.0 | 1.0 | 1.0 | 0.5 | 1.5 | 1.0 |
| T/SSEA 0382 | 1.5 | 1.0 | 1.5 | 1.0 | 1.0 | 0.5 | 1.5 | 1.0 | 1.5 |

7.5 显微组织

索氏体含量是钢丝拉拔质量的重要技术指标，网状渗碳体和马氏体级别则是危害拉拔性能的技术指标。根据国内的实际生产情况及用户的要求，本标准规定含量、网状渗碳体和马氏体为检测项目。

本章节在YB/T 4264的基础上对索氏体含量由≥85%提高至≥90%，与T/SSEA 0382—2024保持一致。在YB/T 4264、T/SSEA 0382—2024的基础上，加严网状渗碳体的控制要求，并增加中心马氏体的控制。对比见下表。

表5 显微组织

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 文件对比 | 网状渗碳体，级 | 中心马氏体，级 |
| 本文件 | ≤1.0 | ≤0.5 |
| YB | ≤3.0 | / |
| T/SSEA 0382 | ≤2.0 | ≤1.0 |

7.6 中心偏析

本文件与YB/T 4264、T/SSEA 0382—2024相比，根据下游客户需求，补充中心偏析要求，具体指标如下：盘条应按GB/T 24242.1进行中心偏析检验，其合格级别不高于3级。

7.7晶粒度

珠光体晶粒度影响盘条拉拔性能和钢丝的力学性能，本标准将珠光体晶粒度作为检测项，在YB/T 4264的基础上，加严对晶粒度的控制要求，将晶粒度等级由6级提高至7级，与T/SSEA 0382—2024保持一致。

7.8 表面质量

为满足盘条的拉拔要求，对盘条表面缺陷进行了明确。盘条应将头尾有害缺陷部分切除，其截面不应有缩孔、分层及夹杂。盘条表面应光滑，不应有裂纹、折叠、夹杂、耳子、结疤、分层等对使用有害的缺陷。允许有压痕及局部的凸块、凹坑、划痕、麻面，但其深度或高度（从实际尺寸算起）从不得大于0.10mm加严至不得大于0.07mm。

7.9 尺寸、外形、重量

本章节参照GB/T 24238的规定提出要求。其中9.1提出“盘卷外圈径不大于1.5m”原因为：多数厂家酸洗槽与放线架是根据热轧盘条圈径进行设计，若盐浴后圈径过大，将会导致酸洗时盘条无法放进酸洗槽，放线时也存在场地受限或放线架尺寸与盘条圈径不匹配是问题。

7.10特殊要求

本章节提出“经供需双方协商并在合同中注明，盘条可进行其他项目的检验，各项检验方法和指标由供需双方协商确定”。

8. 试验方法

8.1 钢的化学成分试验方法应按GB/T 4336、GB/T 20123、GB/T 20124、GB/T 20126或通用方法的规定进行，但仲裁时应按GB/T 223.5、GB/T 223.12、GB/T 223.19、GB/T 223.26、GB/T 223.36、GB/T 223.54、GB/T 223.62、GB/T 223.63、GB/T 223.68、GB/T 223.69、GB/T 223.81、GB/T 11261的规定进行。

8.2 盘条的检验项目、取样方法和试验方法应符合下表的规定。

表6 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 | 2个/批 | GB/ T 2975 | GB/T 228.1 |
| 3 | 脱碳层 | 2个/批 | 不同根盘条 | GB/T 224 |
| 4 | 非金属夹杂物 | 2个/批 | 不同根盘条 | GB/T 10561—2023中A法 |
| 5 | 晶粒度 | 1个/批 | 不同根盘条 | GB/T 6394 |
| 6 | 索氏体 | 2个/批 | 不同根盘条 | YB/T 169 |
| 7 | 网状渗碳体 | 2个/批 | 不同根盘条 | YB/T 4412 |
| 8 | 马氏体 | 2个/批 | 不同根盘条 | YB/T 4411 |
| 9 | 表面质量 | 逐盘 | — | 目视 |
| 10 | 尺寸、外形 | 逐盘 | — | 量具 |

9. 检验规则

9.1　检查和验收

盘条的检查和验收由供方的质量监督检验部门进行。

9.2　组批规则

盘条应按批检查和验收。每批由同一牌号、同一炉号、同一规格尺寸、同一热处理制度（或热轧）的产品组成。

9.3　取样数量

盘条的取样数量应符合表6的规定。

9.4　复验与判定

盘条的复验与判定规则应符合GB/T 17505的规定。

9.5　数值修约

盘条的各项检测结果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。

10. 包装、标志和质量证明书

本章节参照GB/T 2101的有关规定。

六、标准的应用领域

本文件规定了高强度桥梁缆索钢丝用盐浴热处理盘条的订货内容、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内容。适用于高强度桥梁缆索钢丝用直径11.0 mm~15.0 mm盐浴热处理盘条的生产和质量管控。同时，结合下游对高强度桥梁缆索钢丝用热处理盘条的特殊需要，对技术参数进行了优化设计和补充，对下游行业的基础材料采购、加工和制造具有科学指导意义。

本文件强化了上下游行业间的衔接和联系，为高强度桥梁缆索钢丝制造领域提供基础材料保障，有助于产业链的协同发展。本文件的实施，符合我国钢铁工业由高速度发展向高质量发展的整体趋势，能够为我国特钢产业高质量发展提供有力支撑，使原料生产企业充分满足下游行业对基础材料产品的升级需要，引导双方形成合力，共同助力我国钢铁行业快速发展。

七、标准属性

本文件属于钢铁行业团体标准。

《高强度桥梁缆索钢丝用盐浴热处理盘条》标准编制工作组

2025年3月