

《塔式光热电站吸热器用 GH3625 合金焊管》

标准编制说明书

《塔式光热电站吸热器用 GH3625 合金焊管》联盟标准编制组

2024 年 7 月

目 次

1、 任务来源	3
2、 编制背景	3
3、 项目组成员单位情况	4
4、 编制情况	5
4.1 编制进程	5
4.2 编制内容	5
5、 本标准内容编制依据介绍	10
6、 与执行现行法律、法规政策及相关标准的关系	10

1、 任务来源

本标准由国家太阳能光热联盟立项，由常州市神能金属制品有限公司、中国电建集团西北勘测设计研究院、浙江可胜技术股份有限公司、首航高科能源技术股份有限公司、宝鸡钛业股份有限公司、中航上大高温合金材料股份有限公司、东方锅炉股份有限公司、哈尔滨锅炉厂有限责任公司、蓝星（北京）化工机械有限公司等单位共同负责起草。

2、 编制背景

光热发电是一种具有低碳、清洁、自带储能功能以及调峰范围宽、速度快等特点的新能源，是我国未来新能源重点发展方向之一。塔式光热电站占我国光热电站比例超过 70%，是我国最主要的光热发电形式。塔式光热电站最关键设备是吸热器，它是将太阳光转换成热能的核心设备。GH3625 镍基合金焊管是吸热器核心部件，承担吸收太阳光、将热量传递给高温熔盐介质的重要任务，其质量可靠与否，会直接影响到光热电站的运行安全和使用效率。我国已并网发电的第一批示范电站所用 GH3625 镍基合金焊管主要依赖进口产品，其产品标准主要采用 ASME 标准体系，典型产品标准为 ASME SB704。ASME 标准为锅炉和压力容器行业标准，未考虑到光热发电领域实际使用工况和技术要求。目前国内没有光热发电用 N06625 合金焊管的相关标准。我国现有涉及 GH3625（或 NS3306）合金管材的国家标准有 GB/T 30059-2013《热交换器用耐蚀合金无缝管》、GB/T 37610-2019《耐蚀合金小口径精密无缝管》，均不符合光热发电用 N06625 合金焊管产品技术要求，业主、设计单位

和吸热器厂家均不采用以上标准。目前我国现有光热电站用 N06625 合金焊管均以进口为主，采用标准主要为 ASME SB704 或 ASTM B704，同时结合客户应用工况和设计要求，提出附加技术参数，形成产品技术条件。每个客户技术要求各有不同，给产品的制造和验收造成不便，也给制造厂、装备厂、设计单位和业主都带来困扰。而国内目前没有光热行业镍基合金管材相关标准规范，给光热行业镍基合金管材设计、制造、应用和验收等带来不便。通过本项目实施，制定统一的光热发电用镍基合金管材标准，规范制造、验收，为光热发电用镍基合金管材的国产化和应用奠定基础。

3、项目组成员单位情况

本标准负责起草单位：常州市神能金属制品有限公司。

本标准参加起草单位（拟）：中国电建集团西北勘测设计研究院、浙江可胜技术股份有限公司、首航高科能源技术股份有限公司、宝鸡钛业股份有限公司、中航上大高温合金材料股份有限公司、东方锅炉股份有限公司、哈尔滨锅炉厂有限责任公司、蓝星（北京）化工机械有限公司。

本标准起草人有：高亮、蔡志刚... ..

常州市神能金属制品有限公司（以下简称“常州神能”）长期致力于工业用不锈钢、耐蚀合金、高温合金等特种材料管道系统研发和生产，针对光热发电用 GH3625 镍基合金管材，从化学成分优化设计、冶炼工艺和纯净度控制、焊接工艺、成型工艺、热处理及组织均匀性控制技术

等方面进行了系统研究，成功研制出光热发电用 GH3625 合金管材。产品经国内知名院校研究及权威第三方检测机构检测，各项性能指标均满足 ASTM B704 标准要求，同时满足客户技术条件要求，得到客户充分认可，综合性能与进口同类产品相当，部分关键指标优于进口同类产品。

4、 编制情况

4.1 编制进程

2024 年 6 月常州神能向国家太阳能光热战略联盟提出立项申请。2024 年 7 月，根据《国家太阳能光热产业技术创新战略联盟标准管理办法》等相关规定，经秘书处初审及联盟标准化专家组投票表决，同意常州神能提出的《塔式光热电站吸热器用 GH3625 合金焊管》联盟标准立项申请。2024 年 6 月，常州神能根据联盟要求成立标准编制工作组，联系相关参编单位，建立微信群，编制组成员分工合作，开始标准的编制工作。

4.2 编制内容

4.2.1 本标准的前言

参照 GB/T 1.1 的要求，编写本标准的前言。

4.2.2 本标准的范围

根据 GB/T 1.1 的要求，标准范围应明确表明标准的对象和所涉及的方面，指明标准的适用范围。本标准的对象为塔式光热发电吸热器用 GH3625 镍基合金焊管，主要规定了塔式光热电站吸热器用 GH3625 镍基合金焊管的尺寸、外形、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书。

4.2.3规范性引用文件

本标准所引用的标准均为国家标准，在确保与国际接轨的同时，使本标准更具有可操作性。本标准主要引用标准分为理化检测标准、无损检测标准、术语标准，同时考虑太阳能光热领域应用条件，特别引用GB/T 40104《太阳能光热发电站 术语》和GB/T 41303《塔式太阳能热发电站吸热器技术要求》。

4.2.4术语

本标准术语主要是参考GB/T 30062《钢管术语》和GB/T 40104《太阳能光热发电站术语》。

4.2.5尺寸与外形

根据目前生产和实际应用，将合金管尺寸范围规定为：公称外径为16mm~89mm，公称壁厚为1.0mm~3.0mm。具体尺寸要求如下表1所示。此外，为确保使用安全，另外规定了最小壁厚要求，即特殊情况下，客户可要求按正偏差交货。

表1 焊管公称外径和公称壁厚的允许偏差 单位为毫米

焊管尺寸		尺寸偏差
公称外径 D	16~38	± 0.15
	>38~57	± 0.20
	>57~76	± 0.25
	>76~89	± 0.30
公称壁厚 S	1.0~3.0	$\pm 10\%S$

根据塔式光热电站实际使用情况，最大长度通常不超过20米，因此规定了管材长度范围为2--20米。

考虑到吸热器管材安装时应确保相邻管材间隙均匀，吸热管弯曲度应严格控制，不大于1.0 mm/m，全长弯曲度不超过全长的0.1%。

4.2.6技术要求

技术要求中对管材交货状态、化学成分、纯净度、力学性能、卷边、扩口、压扁、泄漏、无损检测、表面质量、包装等分别进行了规定，确保产品满足使用要求。

(1) 交货状态

考虑到GH3625镍基合金吸热管工作温度恰好在敏化温度范围内，考虑到使用过程中尽量少的碳化物析出，同时确保材料组织稳定，焊管应以光亮固溶处理状态交货。

(2) 化学成分

考虑到GH3625镍基合金吸热管在塔式光热电站中恶劣的使用工况，对GH3625镍基合金的化学成分进行特殊设计。C含量0.03%以下，以避免形成碳氮化铌夹杂物，提高材料纯净度；同时避免碳化物偏析，改善抗腐蚀性能。有害元素S、P严格控制，S含量小于0.010，有利于提高625合金的高温性能。提高Cr、Mo含量，有利于改善产品的抗氧化性能、腐蚀性能和高温性能。提高Ni含量，有利于改善抗腐蚀性能和组织稳定性。N和O含量严格控制，提高材料纯净度，防止氧化物夹杂和碳氮化铌夹杂物含量偏高。H含量严格控制在8ppm以下，实际控制在3ppm以下，避免氢致应力腐蚀开裂和氢脆。

本标准涉及钢种牌号的化学成分优于相关ASME标准所对应钢种牌号的化学成分要求，有害元素（如硫、磷）含量和气体元素含量要求严于相关ASME标准，本标准化学成分指标达到国际先进水平。

表 2 GH3625 合金化学成分对比 (wt%)

元素	C	Si	Mn	P	S	Cr	Fe	Ni
ASME 标准值	≤0.10	≤0.50	≤0.50	≤0.015	≤0.010	20.0-23.0	≤ 5.0	≥58.0
本标准值	0.010-0.030	≤0.50	≤0.50	≤0.015	≤0.010	20.5-23.0	≤ 5.0	≥59.0
元素	Mo	Nb+Ta	Co	Al	Ti	N	H	O
ASME 标准值	8.0-10.0	3.15-4.15	≤1.00	≤0.40	≤0.40	\	\	\
本标准值	8.5-10.0	3.15-4.15	≤1.00	≤0.40	≤0.40	≤0.015	≤0.0008	≤0.0040

(3) 纯净度

非金属夹杂物对GH3625镍基合金吸热管几乎所有性能都是有害的，因此必须对材料纯净度进行严格控制。而在ASME SB704标准中，对材料纯净度没有要求。本标准中规定，在母材上进行纵向非金属夹杂物检验，其合格级别应符合表3和表4的规定，A、B、C、D类夹杂物（细系或粗细）级别总和不超过4.0级。

表 5 非金属夹杂物合格级别

类型	A		B		C		D		DS 类
	粗	细	粗	细	粗	细	粗	细	
最大级别	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

表 4 碳氮化物非金属夹杂物合格级别

类型	B 类碳氮化物		D 类碳氮化物	
	粗	细	粗	细
最大级别	1.0	2.0	1.0	2.0

(4) 力学性能

本标准的室温力学性能参考 ASTM B704 标准钢级 2 要求，同时考虑到产品工况是高温下使用，塔上最高温度可能达到 650℃，因此提出了 650℃ 高温拉伸要求。此外，增加了维氏硬度要求，检测部位应为焊缝和母材的横截面，要求 $HV_{1.0} \leq 260$ ，且焊缝硬度不得低于母材，焊缝与母材维氏硬度差值不超过 60。这主要是考虑到焊缝与母材如果硬度差值较大，说明焊缝与母材组织状态相关较大，且焊缝中存在较大残余应力，对抗疲劳性能非常不利。

表 5 推荐热处理制度及力学性能

热处理制度	试验温度	抗拉强度 R_m (MPa)	屈服强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	断后伸长率 A (%)
1040-1100℃, 快冷	室温	≥ 690	≥ 276	≥ 30
	650℃	≥ 550	≥ 200	≥ 30

(5) 工艺性能

为验证焊缝质量，参考焊管相关标准，对产品进行卷边、扩口和压扁试验。

(6) 泄漏检测

为确保使用过程中不发生泄漏，焊管应进行泄漏检测，检测方法选用水压试验或水下气密试验其中之一。当需方未规定检测方法时，泄漏检测方法由供方确定。如果进行水压试验，则水压试验压力不低于设计工作压力的 1.5 倍，推荐试验压力为 4MPa，稳压后在试验压力下保压不少于 10 秒，保压期间无泄漏为合格。如果进行水下气密试验，则试验压力 $P \geq 1.05\text{MPa}$ ，稳压后在试验压力下保压不少于 10 秒，保压期间无泄漏为合格。

(7) 无损检测

考虑到管材长期使用的安全性能，焊管应逐支进行无损检测，检测方法为涡流检测或超声波检测，优先采用涡流检测。经供需双方协商，可增加超声波检测。

(8) 包装

为了防止管材运输过程中损伤，对包装进行了特殊规定，以确保客户拿到的管材完好无损。焊管应采用木箱包装，焊管在木箱内部应单层平铺，一端对齐，每层之间应采用珍珠棉进行隔离，防止管材相互碰撞

或划伤。严禁直接打捆装箱、严禁散装堆叠。焊管在木箱内部应相对固定，防止运输过程中管材窜动造成表面划伤及其他损伤。焊管装箱后应对聚乙烯塑料薄膜进行密封。运输过程中应进行防护，需防止雨水渗入箱内。木箱侧面应标注起吊重心位置、小心轻放、禁止叉车、防止淋湿等相关安全标识。木箱转运过程中应采用行车吊运，严禁采用叉车转运。

5、 本标准内容编制依据介绍

(1) 本标准术语的定义主要参考 GB/T 30062 《钢管术语》、GB/T 40104 《太阳能光热发电站 术语》等相关文献制定。

(2) 本标准主要参考 ASME SB704、ASTM B704 以及 ASTM B751 等国外先进耐蚀合金焊管的技术标准进行编制，相关检测标准均采用国家标准，在确保与国际接轨的同时，使本标准更具有可操作性。

(3) 本标准中规定的相关技术要求是结合 GH3625 长期研究基础以及相关标准制定的。

6、 与执行现行法律法规政策及相关标准的关系

本标准制定的内容符合国家相关法律法规、政策的规定，并且符合 GB/T 1 《标准化工作导则》系列标准的要求。本标准不存在与相关法律法规相抵触之处，也不与其他标准相冲突。