

其他

GB/T 3623-2022《钛及钛合金丝》标准解析

解晨^{1,2}, 魏佳琦², 张伟¹, 冯永琦^{1,2}, 冯军宁^{1,2},
马忠贤^{1,2}, 胡志杰^{1,2}, 陶海林¹

(1. 宝鸡钛业股份有限公司, 陕西 宝鸡 721014; 2. 宝钛集团有限公司, 陕西 宝鸡 721014)

摘要: 主要介绍新版标准 GB/T 3623-2022 的修订背景、历史演变以及标准解析, 以期为标准在后续引用、生产、验收过程提供指导, 加深对新版标准的理解, 从而更全面、系统地掌握和应用新版标准。

关键词: 钛及钛合金; 丝; 化学成分; 标准

中图分类号: TF823.N65

文献标志码: A

文章编号: 1004-7638(2023)05-0201-04

DOI: 10.7513/j.issn.1004-7638.2023.05.030

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



听语音
与作者互动
聊科研

Analysis of standard GB/T 3623-2022: titanium and titanium alloy wire

Xie Chen^{1,2}, Wei Jiaqi², Zhang Wei¹, Feng Yongqi^{1,2}, Feng Junning^{1,2},
Ma Zhongxian^{1,2}, Hu Zhijie^{1,2}, Tao Hailin¹

(1. Baoji Titanium Industry Company Limited, Baoji 721014, Shaanxi, China; 2. Baoti Group Company Limited, Baoji 721014, Shaanxi, China)

Abstract: This article mainly introduced the revision background, historical evolution, and standard analysis of the new standard GB/T 3623-2022. This article is in order to provide guidance for the reference, production and acceptance of the standard in the follow-up process, deepen the understanding of the new standard, so as to master and apply the new standard in a more comprehensive and systematic way.

Key words: titanium and titanium alloys, wire, chemical composition, standard

0 引言

GB/T 3623-2007^[1]《钛及钛合金丝》自发布实施以来, 对我国一般工业用钛及钛合金丝材的生产应用起到了积极的推广作用, 但随着我国钛及钛合金工业的快速发展, 已成功研制并成熟应用了一大批钛合金丝材(TA0、TA1、TA2、TA3、TA8、TA8-1、TA9-1、TA18、TA22、TA23、TA24、TA31、TA36等), 至今未纳入国家标准中, 对新研制应用钛合金丝材的订货、生产、验收造成了较大困难, 也

不利于钛及钛合金产品的推广应用。

自2007年以来, 我国在GB/T 3623-2007的基础上, 对一般工业用钛及钛合金丝材进行了大批量地开发研制, 并取得了丰硕的科研成果。目前已与应用单位签订了大批量的协议技术条件, 可以批量稳定地生产和应用最新研制的钛及钛合金丝材, 也积累了大量真实可靠的生产应用数据。由此可见, 修订GB/T 3623-2007国家标准的技术条件已成熟, 具备充实的修订条件和恰当的修订时机。

目前, 最新版标准GB/T 3623-2022《钛及钛合

收稿日期: 2023-06-13

作者简介: 解晨, 1987年出生, 男, 陕西延安人, 硕士, 高级工程师, 主要从事标准化研究及材料加工, E-mail: xiechen@baoti.com。

金丝》^[2]已于 2022 年 7 月 11 日发布, 2023 年 2 月 1 日起正式实施。近年来, 宝钛集团有限公司作为国家标准的主要起草单位发现, 新版标准在实际产品的订货、生产和验收时, 均存在一定程度的异议。为此, 笔者重点解析新旧版标准的主要技术变化, 为标准在后续引用、生产、验收过程提供指导。

1 GB/T 3623 标准的历史演变

YB 764-1970《钛及钛合金焊丝》^[3]首次发布于 1970 年, 是我国第一项钛及钛合金焊丝标准。标准由较为常用的 TA1、TA2、TA3、TA4、TA5、TA7 和 TC3 7 个牌号组成, 标准主要适用于焊丝产品的生产和验收, 产品规格范围为 0.20 ~ 6.00 mm, 其技术要求仅规定了焊丝的直径允许偏差、化学成分、供货状态和表面质量要求。

由于标准化管理机构的变化, 1983 年对 YB 764-1970《钛及钛合金焊丝》进行了首次修订, 修订后的国家标准 GB 3623-1983《钛及钛合金丝》^[4]不再局限于焊丝的单一用途, 同时, 新增 TC4 钛合金丝材, 增加冷加工态供货方式, 并增加对其他用途丝材要求进行室温拉伸性能的规定, 为后续标准室温拉伸性能指标的确定提前进行数据积累。

GB/T 3623-1998《钛及钛合金丝》^[5]在 1983 版使用的基础上增加了低强度工业纯钛 TA0, 低间隙 TA0ELI、TA1ELI、TA2ELI、TA3ELI, 耐蚀钛合金 TA9 和 TA10, 增加两相钛合金 TC1, 删除了 TA5; 明确了结构件丝的化学成分按 GB/T 3620.1-1994^[6]的规定进行。并根据焊丝的使用特点, 对焊丝的化学成分进行了更加严格的规定; 规定了结构件丝的力学性能, 以及增加了热加工态, 并明确提出了丝材低倍组织检验的要求。

GB/T 3623-2007 参照国外先进标准 ASTM B348^[7]和 ASTM B863^[8]对纯钛结构件丝力学性能进行了调整, 并加严抗拉强度指标; 将原 TA4 牌号变为 TA28; 增加了 TA1-1、TC2 和 TC4ELI 三种牌号及其技术要求; 调整了纯钛焊丝的化学成分, 其中低间隙纯钛焊丝的化学成分与 AWS A5.16-2004^[9]基本一致; 加宽了 TC4 钛合金丝材的供货直径范围, 并对直径小于 2 mm 结构丝材的力学性能指标进行了调整; 增加了直段丝、复绕供货方式, 并规定了碱酸洗和磨光的表面处理方式; 根据检验项目细化了检验结果的判定方法。从 2007 版开始, 标准的结构更加完整, 对技术要求、试验方法、检验规则等要求

的规定更加细化, 操作性更强。

2022 年, 随着钛及钛合金丝材在航空航天、医疗器械、汽车、建筑、电子及体育休闲用品等诸多领域的高速发展, 现有标准已不能较好地服务于生产和采购, 越来越多的新型钛及钛合金用于结构丝材或焊接丝材, 但现有标准中并未包含。其次, 对丝材的盘卷方法也提出进一步要求。因此, GB/T 3623-2007《钛及钛合金丝》的修订已刻不容缓, 不仅给生产单位和采购单位带来方便, 也使钛及钛合金丝材的生产更加标准化、规范化, 可进一步推动产品的研制、设计、生产和应用, 对国内丝材的应用发展极具重大意义。

2 GB/T 3623-2022 标准解析

GB/T 3623-2022 与 GB/T 3623-2007 相比, 整体结构上进行了较大的编辑性修改, 新版标准仍按用途将丝材分为结构件丝和焊丝两类, 主要技术变化涵盖材料、化学成分、规格范围、力学性能、外形尺寸及其允许偏差、试验方法等内容。

2.1 材料

GB/T 3623-2022《钛及钛合金丝》删除了 2007 版 3.3 条中的“材料”要求, 主要基于以下两点: ①铸锭的熔炼方式、熔炼次数属于工艺控制范畴, 在产品标准中无法评定和验证; ②制造丝材的铸锭采用真空自耗电弧炉熔炼为钛及钛合金丝材制备的基本要求, 且生产的丝材满足标准指标即可, 无需规定熔炼方式、熔炼次数。综上所述, 本版次删除“材料”要求。

2.2 产品分类

2013 年, 总装、国标委收到部分国防领域单位反映, 认为: GB/T 3620.1-2007 版修订中规定的 TA1、TA2、TA3 与早期定型型号中的 TA1、TA2、TA3 要求不一致, 导致订货出现差错, 产品性能不能满足设计要求, 出现批次不合格情况, 影响装备交付和质量^[10]。依据 GB/T 3620.1-2016《钛及钛合金牌号和化学成分》^[11]的换版修订, 使产品标准与基础标准中涉及的牌号报出一致, 本次的换版修订工作恢复了 1994 年版中 TA0、TA1、TA2、TA3 的产品, 增加了最新研制的新型钛及钛合金丝材牌号 TA8、TA8-1、TA9-1、TA18、TA22、TA23、TA24、TA31、TA36 等钛及钛合金丝材的技术要求, 推广了新型研制的钛合金产品; 将“TA1ELI、TA1、TA2ELI、TA2、TA3ELI、TA3、TA4ELI、TA4”更改为

“TA1GELI、TA1G、TA2GELI、TA2G、TA3GELI、TA3G、TA4GELI、TA4G”,从而提高了与已发布实施国家标准 GB/T 3620.1 之间的协调性和一致性。

同时,经过市场调研,由于行业内设备的升级以及工艺的优化,将 TA1-1、TC4、TC4ELI 产品的生产规格范围调整为 0.8 ~ 7.0 mm。

2.3 化学成分

结合市场需求,目前除 GB/T 3623-2007 中涉及的焊丝化学成分,新增各类如航空、航天、舰船等用途的焊丝成分;恢复了 GB/T 3620.1-1994 中工业纯钛的牌号及其技术要求;同时结合目前已批量稳定供应的协议标准中焊丝成分要求,补充完善本标准的焊丝化学成分,新增 TA0、TA1、TA2、TA3、TA4、TA18、TA22、TA23、TA24、TA31 和 TA36 钛及钛合金焊丝的化学成分。

2.4 外形尺寸及其允许偏差

结合目前客户需求、设备升级及工艺水平的提升,更改了丝材的复绕(盘)要求及直径允许偏差要求,将“当需方要求且在合同中注明时,直径小于 3.5 mm 的焊丝可焊接复绕(盘)”修改为“需方要求并在订货单中注明时,焊丝可焊接复绕(盘)”。

国家标准 GB/T 39799-2021《钛及钛合金棒材和丝材尺寸、外形、重量及允许偏差》^[12]已发布实施,本标准对其直接进行引用,从而简化标准内容,统一标准规范要求,故规定丝材的尺寸及其允许偏差应符合 GB/T 39799-2021 的规定,其中直径允许偏差应符合 GB/T 39799-2021 中 I 级的规定。

2.5 力学性能

补充新增经热处理后(退火态直接取样测试)结构丝材的室温力学性能,结合市场需求,同时参照 GB/T 3623-1998、GB/T 3623-2007、ASTM B863-2019 的性能要求,同时借鉴 GB/T 3621-1994^[13]和 GB/T 3621-2007^[14]中材料的屈服考核指标,加严检测要求,增加了相关牌号屈服强度指标的考核,其中,规定塑性延伸强度值的测定,只适用于直径大于 3.0 mm 丝材,具体要求见表 1。表 1 以外其他牌号结构丝的性能报实测值。

2.6 附录 A

GB/T 3623-2022 删除了附录 A《钛及钛合金丝材的热处理制度》,推荐的热处理制度范围较广,指导意义不强,且不同行业的使用要求不尽相同,本标准建议只要满足标准所列的产品各项性能要求即可,故建议不对热处理制度进行推荐。

表 1 钛合金丝力学性能

Table 1 Mechanical properties of titanium alloy wire

牌号	直径/mm	R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	A /%
TA0	0.1 ~ 7.0	≥280	≥170	≥20
TA1	0.1 ~ 7.0	≥370	≥250	≥18
TA2	0.1 ~ 7.0	≥440	≥320	≥15
TA3	0.1 ~ 7.0	≥540	≥410	≥15
TA1G	0.1 ~ 7.0	≥240	≥140	≥20
TA1G-1	0.8 ~ 7.0	295 ~ 470	≥180	≥30
TA2G	0.1 ~ 7.0	≥400	≥275	≥20
TA3G	0.1 ~ 7.0	≥500	≥380	≥18
TA4G	0.1 ~ 7.0	≥580	≥485	≥15
TA8	0.1 ~ 7.0	≥345	≥275	≥20
TA8-1	0.1 ~ 7.0	≥240	≥138	≥20
TA9	0.1 ~ 7.0	≥345	≥275	≥18
TA9-1	0.1 ~ 7.0	≥240	≥138	≥20
TA10	0.1 ~ 7.0	≥483	≥345	≥18
TA18	0.1 ~ 7.0	≥620	≥483	≥15
TC4ELI	0.8 ~ 7.0	≥860	≥760	≥10
TC4	0.8 ~ <2.0	≥925	≥860	≥8
	2.0 ~ 7.0	≥895	≥828	≥10

注: 1)直径小于 3.0 mm 的结构件丝断后伸长率不满足要求时可按实测值报出; 2)规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 值的测定,只适用于直径大于 3.0 mm 丝材; 3)其他牌号结构件丝的室温拉伸性能报实测值。

2.7 化学成分分析方法

为了便于操作,提升检测效率,添加各检测机构实际使用的合金元素化学成分分析方法 YS/T 1262^[15],YS/T 1262 相比于 GB/T 4698^[16]测定的非气体元素种类更全面,测定的元素含量范围更广,同时可实现多元素含量一次同时测定,效率更高。故将“产品的化学成分仲裁分析方法按 GB/T 4698 的规定进行”修改为“产品的化学成分按 GB/T 4698(所有部分)或 YS/T 1262 进行检测,化学成分仲裁分析方法按 GB/T 4698(所有部分)进行检测。”

3 结语

GB/T 3623-2022《钛及钛合金丝》经 4 次研制修订后,规定的产品品种更为全面、技术要求更具适用性,可以及时解决国家标准中产品牌号表述不一致、最新研制产品无标准可依、技术要求落后国外先进技术标准等实施过程中存在的各项问题,以便充分发挥国家标准之间的相互协调性和一致性。

本标准发布实施后,可使我国一般工业用钛及钛合金丝材的技术要求更加先进、合理,使我国钛及钛合金丝材的整体质量水平达到国际先进水平,

对促进我国钛及钛合金丝材生产应用的有序化和规范化将产生积极作用,对推广我国钛及钛合金丝材的发展将产生重要影响,并将有力的推动我国钛及钛合金产品快速健康的发展。

参考文献

- [1] Wang Yongmei, Huang Yongguang, Wang Jianbin, *et al.* Titanium and titanium alloy wire: GB/T 3623-2007[S]. Beijing: China Standards Press, 2007.
(王永梅, 黄永光, 王建斌, 等. 钛及钛合金丝: GB/T 3623-2007 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.)
- [2] Xie Chen, Zhang Wei, Feng Junning, *et al.* Titanium and titanium alloy wire: GB/T 3623-2023[S]. Beijing: China Standards Press, 2017.
(解晨, 张伟, 冯军宁, 等. 钛及钛合金丝: GB/T 3623-2022[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.)
- [3] Titanium and titanium alloy welding wire: YB 764-1970 [S]. Beijing: China Standards Press, 1970.
(钛及钛合金焊丝: YB 764-1970[S]. 北京: 中国标准出版社, 1970.)
- [4] Shen Baolong, Zou Pengling. Titanium and titanium alloy wire: GB/T 3623-1983[S]. Beijing: China Standards Press, 1983.
(沈宝龙, 邹鹏令. 钛及钛合金丝: GB 3623-1983 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1983.)
- [5] Zhou Mingke, Meng Qinglin, Zhang Yansheng, *et al.* Titanium and titanium alloy wire: GB/T 3623-1998[S]. Beijing: China Standards Press, 1998.
(周明科, 孟庆林, 张延生, 等. 钛及钛合金丝: GB/T 3623-1998[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.)
- [6] Meng Qinglin, Zhang Yansheng, Cao Qidong. Designation and composition of titanium and titanium alloys: GB/T 3620.1-1994[S]. Beijing: China Standards Press, 1994.
(孟庆林, 张延生, 曹启东. 钛及钛合金牌号和化学成分: GB/T 3620.1-1994[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994.)
- [7] Standard specification for titanium and titanium alloy bars and billets: ASTM B348-21[S]. ASTM International, 2019.
- [8] Standard specification for titanium and titanium alloy wire: ASTM B863-19[S]. ASTM International, 2019.
- [9] Specification for titanium and titanium-alloy welding electrodes and rods: AWS A5.16-2004[S]. American Welding Society, 2013.
- [10] Feng Junning, Xie Chen, Ma Zhongxian, *et al.* Analysis of standard GB/T 3620.1-2016: Designation and composition of titanium and titanium alloys[J]. Iron Steel Vanadium Titanium, 2022, 43(2): 192-196.
(冯军宁, 解晨, 马忠贤, 等. GB/T 3620.1-2016《钛及钛合金牌号和化学成分》标准解析[J]. 钢铁钒钛, 2022, 43(2): 192-196.)
- [11] Feng Junning, Qiao Lu, Ma Zhongxian, *et al.* Designation and composition of titanium and titanium alloys: GB/T 3620.1-2016[M]. Beijing: China Standards Press, 2017.
(冯军宁, 乔璐, 马忠贤, 等. 钛及钛合金牌号和化学成分: GB/T 3620.1-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.)
- [12] Hu Zhijie, Feng Junning, Xie Chen, *et al.* Dimensions, shape, weight and tolerances of titanium and titanium alloy bars and wires: GB/T 39799-2021[S]. Beijing: China Standards Press, 2021.
(胡志杰, 冯军宁, 解晨, 等. 钛及钛合金棒材和丝材尺寸、外形、重量及允许偏差: GB/T 39799-2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.)
- [13] Shi Zhengmin, Cao Qidong, Meng Qinglin, *et al.* Titanium and titanium alloy sheet and plate: GB/T 3621-1994[S]. Beijing: China Standards Press, 1994.
(史正敏, 曹启东, 孟庆林, 等. 钛及钛合金板材: GB/T 3621-1994[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994.)
- [14] Zhang Hailong, Huang Yongguang, Zhang Pinghui, *et al.* Titanium and titanium alloy sheet and plate: GB/T 3621-2007[S]. Beijing: China Standards Press, 2007.
(张海龙, 黄永光, 张平辉, 等. 钛及钛合金板材: GB/T 3621-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.)
- [15] Li Jian, Luo Ce, Lei Xiaoyan, *et al.* Method for chemical analysis of titanium sponge, titanium and titanium alloys—Inductively coupled plasma atomic emission spectrometry: YS/T 1262-2018[S]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2018.
(李剑, 罗策, 雷小燕, 等. 海绵钛、钛及钛合金化学分析方法多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法: YS/T 1262-2018[S]. 北京: 冶金工业出版社, 2018.)
- [16] Wang Yanjun, Zheng Yanguan, Li Bo, *et al.* Methods for chemical analysis of titanium sponge, titanium and titanium alloys: GB/T 4698[S]. Beijing: China Standards Press, 2009.
(王彦君, 郑炎官, 李波, 等. 海绵钛、钛及钛合金化学分析方法: GB/T 4698[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.)