

高压锅炉用无缝钢管标准述评

邬克平, 晏 如

(攀钢集团成都钢铁有限责任公司, 四川 成都 610066)

摘 要: 对比了国内外 7 个高压锅炉用无缝钢管标准的各项技术指标, 分析了其技术指标差距, 简述了产生差距的原因, 对如何缩小差距提出了建议。

关键词: 高压锅炉管; 钢管标准; 技术指标; 对比

中图分类号: T652.6 TG32-09 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2311(2002)06-0039-04

Comment on Standards for High Pressure Boiler Seamless Steel Tubes

Wu Keping, Yan Ru

(Pangang Group Chengdu I & S Co., Ltd., Chengdu 610066, China)

Abstract: Seven national and foreign standards for high pressure boiler seamless steel tubes are compared in terms of technical norms. The technical norm gaps of the national standards and the foreign standards are analyzed, causes of such gaps are identified and actions to narrow the gaps proposed.

Key words: High pressure boiler tube; Steel tube Standard; Technical norm; Compare

0 前 言

高压锅炉用无缝钢管在使用时, 钢管受热面的温度可高达 650℃, 承受的压力可达 25MPa, 甚至更高。该产品与人身和设备安全密切相关, 因而 GB5310-1995《高压锅炉用无缝钢管》标准被列为强制性国家标准。

我国 GB5310 标准与美国的 ASTM A106-1999《高温作业用碳钢无缝钢管》、ASTM A192-1996《高压锅炉用碳素钢无缝钢管》、ASTM A213-2001《锅炉、过热器和热交换器用铁素体和奥氏体合金钢无缝钢管》标准, 日本的 JIS G3456-1988《高压管道用碳素钢管》、JIS G3461-1988《锅炉换热器用碳素钢管》标准, 德国的 DIN17175-1979《耐热钢制成的无缝钢管》标准和法国的 NFA49-213-1984《高温用碳素钢和钼及铬钼合金钢无缝钢管》标准等 7 个标准主要技术指标的

对比见表 1。

从表中可知, 我国 GB5310 标准检验项目比国外标准多, 尤其是检查钢质的项目(如低倍、非金属夹杂物等), 多数国家的标准都未将这些检验项目列入标准。我国现已加入 WTO, 为与国际接轨, 本文就我国高压锅炉用无缝钢管标准与国外同类标准进行了对比, 分析了国内外标准存在差异的原因, 并对如何缩短差距提出了建议。

1 国内外标准相关指标对比

1.1 尺寸规格

我国锅炉用管没有专用的尺寸规格标准, 因此 GB5310 标准中列有热轧(扩)和冷拔(轧)尺寸规格表; 国际标准、美国标准和德国标准都有优化的品种规格专用标准, 锅炉行业可从该标准中选择所需规格的钢管。如 ANSI B36.10M-1996《无缝和焊接轧制钢管》、DIN 2448-1981《无缝钢管的尺寸、单位长度重量》以及 ISO 1129-1980《锅炉、过热器和热交换器用钢管-尺寸、公差和单位长度

邬克平(1941-), 男, 江西清江人, 高级工程师, 主要从事钢管标准化工作。

表1 国内外高压锅炉用无缝钢管标准主要技术指标对比

标准	适用范围	尺寸规格/mm		钢号	检验项目								
		外径	壁厚		拉伸	冲击	水压	压扁	扩口	低倍	探伤	高倍	其他
中国 GB5310	高压蒸汽锅炉、管道用管	10~530	2.0~70	20G、15CrMoG、1Cr18Ni9等	σ_b 、 σ_s 、 δ_5	Akv	最大20MPa, 可用涡流探伤代水压	优碳钢、合金钢: 0.08; 不锈钢耐热钢: 0.09	协议	需作	超探、冷拔(轧)管C5级, 热轧(扩)管C8级	A、B、C、D 各类夹杂物分别不大于2.5级	实际晶粒度、显微组织、脱碳层检验
美国 ASTM A106	高温用碳素钢管	NPS1/8~48	AN-SIB36、10M	A、B、C	σ_b 、 σ_s 、 δ_5	-	$D \leq 88.9\text{mm}$ 最大17MPa; $D > 88.9\text{mm}$ 最大19MPa; 需方同意可用无损检验代替	分二步压扁。A: 0.08; B、C: 0.07	-	-	-	-	$\leq 50.8\text{mm}$ (2in) 作弯曲试验, 管端倒棱
美国 ASTM A192	高压锅炉碳素钢管、过热器管	12.7~177.8	2.2~25.4	碳钢	σ_b 、 σ_s 、 δ_5 (设计参考)	-	同 ASTM A106	分二步压扁	需作	-	-	-	$S \leq 5.1\text{mm}$, $\leq 137\text{HB}$; $S > 5.1\text{mm}$, $\leq 77\text{HRB}$
美国 ASTM A213	薄壁锅炉、过热器及换热器管	内径3.2 外径127	0.4~12.7	T22、T91、TP201、TP348等	σ_b 、 σ_s 、 δ_5	-	需方同意可用无损检验代替	铁素体钢: 0.08 奥氏体钢: 0.09	-	-	-	-	晶粒度、硬度、卷边试验
日本 JISC3461	热交换碳素钢管、锅炉管、换热器管等	15.9~139.8	1.2~12.5	STB340、STB410、STB510	σ_b 、 σ_s 、 δ_5	-	①需方指定压力; ②公式计算压力, 最大10MPa	STB340: 0.09 STB410: 0.08 STB510: 0.07	有要求	-	可用超探或涡流探伤代水压	-	-
日本 JISC3456	高压管道用碳素钢管	10.5~660	1.7~64.2	STPT370、STPT410、STPT480	σ_b 、 σ_s 、 δ_5	-	①按壁厚确定, 2.0~20MPa; ②需方指定压力值(协议)	STPT370: 0.08 STPT410/ STPT480: 0.07	-	-	可用超探或涡流探伤代水压	-	$D \leq 50\text{mm}$ 可协商用弯曲试验代压扁试验
德国 DIN17175	高压蒸汽锅炉、管道、压力容器管	≤ 660	0.5~25	ST45.8/III、13CrMo44、10CrMo910等	σ_b 、 σ_s 、 δ_5	需作 (DVM 试样)	8MPa	ST35.8/III: 0.09 ST45.8/III、10CrMo910等 0.07	根据尺寸规格、定环扩、环拉、压扁等	坯料要求	超探(涡流探伤可代水压)	-	非合金钢有I、II类, 合金钢有III类
法国 NFA49-213	蒸汽锅炉、压力容器管	17.2~610	2.3~50	TU42-C、TU48-C、TU15D3等	Rm、常温 Rp0.2、A	纵向 KCV (V型缺口)	稳压15s, 最大50MPa	TU42-C: 0.10 TU48-C: 0.08 TU15D3: 0.08	$D < 168.3\text{mm}$, $S < 12.5\text{mm}$ 进行扩口试验	$D \geq 168.3\text{mm}$ 或 $S \geq 12.5\text{mm}$ 进行低倍检验	L2、L3、F2、F3 进行超探	-	-

重量》都是专用尺寸规格标准。因此，国外锅炉用管标准可直接引用这些尺寸规格标准，无须在专用管标准中再用较多篇幅列出尺寸规格表。

1.2 尺寸允许偏差

各国有关标准的尺寸允许偏差规定各不相同，以热轧管外径允许偏差为例，GB5310和DIN17175都是正偏差与负偏差相等，而ASTM A106规定的负偏差小于正偏差。GB5310和DIN17175的壁厚允许偏差有正、负偏差的范围，而ASTM A106只规定了壁厚负偏差，正偏差由称重控制。鉴于锅炉管在运行中腐蚀较严重，采用负偏差小于正偏差更为合理。GB5310的尺寸允许偏差分普通级和高级两档，当合同未注明尺寸偏差要求时就执行普通级。

1.3 钢的牌号和成分控制

国外标准的牌号分碳钢、合金钢和不锈钢三类，其中不锈钢主要用于工作温度达600℃以上、工作压力较高、需耐腐蚀的部件。

20世纪50年代，我国高压锅炉管参照前苏联标准编制钢的牌号。随着我国改革开放，从各国不断进口该品种，又增加了德国、美国、日本等国的钢的牌号，因此，GB5310几乎已包括了世界各国生产的高压锅炉管的钢的牌号。

对钢中P、S的要求，GB5310规定它们一般不大于0.030%。DIN标准规定碳素钢P、S不大于0.040%，合金钢一般不大于0.035%。而ASTM标准规定P、S一般不大于0.035%。从钢中P、S控制水平比较，我国标准比国外标准更严格，但是，从进口锅炉管的实物质量分析，其P、S含量均控制在0.025%以内，S的含量最低可达0.010%。

对于碳素钢C、Mn的控制：GB5310规定了C的上下限以及Mn较窄的控制范围（如GB5310标准中，20G的C=0.17%~0.24%、Mn=0.35%~0.65%）；而ASTM、DIN、JIS只规定了C的上限，Mn的控制范围较宽（如类似我国20G的ASTMA 106 B级钢，C≤0.30%、Mn=0.29%~1.06%）。由于C含量高会影响焊接性能，所以国外标准采取了控制碳当量或降碳增锰的方式，可使钢管获得良好的综合性能。

1.4 力学性能

锅炉管成型时需承受不同的冷热变形，一般要求强度适宜，但要求较高的断后伸长率，以利于钢管加工时的变形。因此，GB5310和大多数国

外标准都规定了抗拉强度的上下限，以及最小断后伸长率，而且国内外同类牌号的抗拉强度规定也相差不大。

GB5310的提示附录提供了20G等13个牌号在高温下的最小应力。ISO的推荐标准《锅炉建造》也提供了ASTM A106 B级等9个牌号在规定高温下的最小应力。20G与同类牌号B级钢在不同温度下的最小应力见表2。

表 2 不同温度下的最小应力/MPa				
钢号	250℃	300℃	350℃	400℃
20G	196	177	157	137
B	165	149	136	128

从表2可知，GB5310规定的高温瞬时性能的最小值高于ISO标准规定。

1.5 冲击韧性

GB5310和DIN17175均采用V型缺口冲击试样进行冲击试验，ASTM A106、A192和A213等标准都没有规定冲击韧性。

1.6 压扁试验

压扁试验是检验钢管塑性变形能力，显示钢管缺陷的一种工艺试验。国内外标准都规定进行压扁试验，但具体要求不尽相同。以GB5310与ASTM A106和DIN17175为例，有两点主要区别。

(1)计算压扁时平板间距离公式中的单位长度变形系数：GB5310的碳钢、合金钢变形系数为0.08；DIN17175的20钢和合金钢为0.07；ASTM A106的B级钢和C级钢为0.07。国内外标准相比，GB5310压扁时的平板间距离要求更严。

(2)压扁程序：我国GB5310规定压扁试验是一步压到公式计算的H值；ASTM A106压扁试验分两步进行，第一步压到H值，第二步压到钢管两相对管壁相碰为止，第二步主要是考核钢管的完整性，检查钢管断裂面的缺陷和组织；DIN17175也是分两步进行压扁，但以压到H值为判定标准。

从上述对比可知，GB5310与国外标准在压扁试验方面存在着较大差别，GB5310是通过检验低倍组织检查钢的质量。

此外，DIN17175是根据钢管尺寸规格来确定工艺试验(如环扩、环拉、压扁)的项目。

1.7 低倍检验

GB5310标准规定应进行低倍检验，并规定钢管横截面酸浸试片上不得有肉眼可见的白点、夹

杂、皮下气泡、翻皮和分层，主要是考核钢的质量。DIN17175 和 NFA49-213 对低倍检验也有具体规定，ASTM A106 等虽然没有这项要求，但已从原材料、钢的冶炼到钢水精炼等方面进行了较为严格的控制，保证了钢的质量。

1.8 显微组织和晶粒度

GB5310 要求进行显微组织和晶粒度检验，并提出了具体规定，国外标准没有这两个项目的要求。这主要是受我国高压锅炉管部分生产厂热处理状况不稳定的影响。热处理炉的加热温度和保温时间将直接影响到钢管的显微组织和晶粒度级别，从而影响钢管的综合性能。

1.9 非金属夹杂物

GB5310 需进行非金属夹杂物的检验，国外标准无此项要求。钢中脆性夹杂物或塑性夹杂物超过一定限度，会大大降低钢管的使用性能，检验并控制指标的最低限度是高压锅炉管对钢质的基本要求。

1.10 脱碳层

钢管的脱碳是指钢管在非保护气氛中加热后表面层出现含碳量减少的现象。脱碳可引起淬火裂纹或变形，并减薄管壁厚度，直接影响锅炉的使用寿命。GB5310 规定，外径不大于 76mm 的冷拔(轧)成品钢管应检验全脱碳层。我国生产厂按 GB5310 生产外径不大于 76mm 的小直径高压锅炉管，在进行热处理时(如正火)，炉内一般无保护气氛，因而易造成脱碳；国外生产小直径高压锅炉管时，热处理炉有保护气氛等措施，因此标准中没有规定脱碳层要求，这是国内外标准产生这种差异的原因。

1.11 水压试验

各国高压锅炉管都需逐根进行水压试验。GB5310 水压试验的试验压力是按 $P = 2SR/D$ (式中 S 、 D 和 R 分别代表钢管的公称壁厚、公称外径和允许应力) 公式计算，最大试验压力为 20MPa；JIS 标准的试验压力是根据钢管壁厚确定，压力范围为 2.0~20MPa，或者按公式计算，最大试验压力为 10MPa；DIN 标准试验压力为 8MPa；只有 NF 标准的最大值高达 50MPa。水压试验是检查钢管的密封性能，这种试验压力不能作为设计工作压力的依据，它与工作压力并无直接

关系。因此，GB5310 对水压试验的试验压力值的规定是较为合理的。

GB5310 和 DIN17175 都规定可用涡流探伤代替水压试验，GB/T7735-1995《钢管涡流探伤检验方法》也规定了 A 级孔可代替水压试验。但是 ASTM 规定：经需方同意后可用无损探伤检验代替水压试验，供方不能自行以无损检验代替水压试验。

2 几点建议

(1) 尽快制定我国锅炉用管尺寸规格专用标准。可参考 GB/T17395-1998《无缝钢管尺寸、外形、重量及允许偏差》、ANSI B36.10M 和 ISO1129 等专用标准制定尺寸规格。有此标准，一方面可减少锅炉用管标准的篇幅，另一方面可使锅炉管尺寸系列更好地与国际接轨。

(2) 进一步提高锅炉管的钢质水平。钢质是保证锅炉管在高温、高压环境下正常工作的关键。为此，要进一步提高原材料质量，提高冶炼和工艺装备水平，更好地保证钢的金相检验达到规定质量要求。

(3) 改进工艺装备，提高生产工艺水平。国内外标准在一些技术指标上存在着差异，如晶粒度、显微组织和脱碳层等，部分原因是由于生产高压锅炉的工艺装备不同而产生的。改进加热炉和热处理炉设备，严格控制钢管的加热温度和加热时间，使钢管的晶粒度、脱碳层等技术指标符合标准规定的质量要求。

3 结 语

通过 GB5310 标准与国外多个标准的对比表明，GB5310 的尺寸精度、化学成分、力学性能、工艺性能等指标基本达到了国外同类标准水平，甚至有些指标还高于国外同类标准，也增加了多项技术要求。GB5310 非等效采用国外标准，已评为国际一般水平标准。为进一步做好该标准与国际接轨的工作，还需继续做好改进工艺装备、提高工艺技术等各方面的工作。

(收稿日期：2002-08-09)