

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 47002.1—2019

代替 NB/T 47002.1—2009

压力容器用复合板 第 1 部分：不锈钢-钢复合板

Clad plate for pressure vessel
Part 1: Stainless steel-steel clad plate

2019-11-04 发布

2020-05-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	4
1 范围	5
2 规范性引用文件	5
3 术语和定义	5
4 订货内容	6
5 型式、尺寸及重量	6
6 级别、标记	7
7 技术要求	7
8 试验方法	10
9 检验规则	10
10 包装、标志及质量证明书	11
附录 A（资料性附录） 不锈钢密度	12
编制说明	13

前 言

NB/T 47002—2019《压力容器用复合板》分为4个部分：

- 第1部分：不锈钢-钢复合板；
- 第2部分：镍-钢复合板；
- 第3部分：钛-钢复合板；
- 第4部分：铜-钢复合板。

本部分为NB/T 47002—2019的第1部分，与NB/T 47002.1—2009相比，主要变化如下：

- 增加了轧制复合板的制造方法，并对轧制复合板的总厚度，基材厚度与覆材厚度之比、厚度允许偏差、级别和代号作出了规定；
- 增加了对复合板消除应力热处理工艺和设备的相关要求；
- 增加了对覆材为奥氏体-铁素体双相不锈钢的复合板交货状态下覆材相比例检验的相关要求；
- 增加了侧弯曲试验；
- 增加了NB/T 47013.7《承压设备无损检测 第7部分：目视检测》检测方法；
- 扩大了内弯曲试验的范围，由1级扩大到1级和2级；
- 增加了可参照GB/T 4334进行复合板覆材晶间腐蚀的试验方法。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）提出并归口。

本部分起草单位：中国特种设备检测研究院、合肥市市场监督管理局、四川惊雷科技股份有限公司、中国石化工程建设有限公司、宝山钢铁股份有限公司、舞钢神州重工金属复合材料有限公司、南京德邦金属装备工程股份有限公司、山东济钢鲍德金属复合板科技有限公司、南京钢铁股份有限公司、威海化工机械有限公司、首钢集团有限公司。

本部分主要起草人：杨国义、张勇、陈志伟、陈培新、段瑞、黄锦花、侯国亭、周景蓉、徐彤、郑晖、田保生、曾周燊、于洪亮、王小勇。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

NB/T 47002.1—2009；

JB 4733—1996。

压力容器用复合板

第1部分：不锈钢-钢复合板

1 范围

1.1 本标准规定了以不锈钢为覆材，碳素钢、低合金钢或不锈钢为基材，用爆炸焊接法或轧制复合合法制造的复合板术语和定义，订货内容，型式、尺寸及重量，级别、标记，技术要求，试验方法，检验规则，包装、标志及质量证明书等。

1.2 本部分适用于总厚度不小于 8mm 的压力容器用不锈钢-钢复合板（以下简称复合板）。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 150	压力容器
GB/T 228.1	金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
GB/T 229	金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
GB/T 247	钢板和钢带包装、标志及质量证明书的一般规定
GB/T 709	热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差
GB/T 713	锅炉和压力容器用钢板
GB/T 3531	低温压力容器用钢板
GB/T 4334	金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法
GB/T 6396	复合钢板力学及工艺性能试验方法
GB/T 13305	不锈钢中 α -相面积含量金相测定法
GB/T 24511	承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带
GB/T 30583	承压设备焊后热处理规程
NB/T 47008	承压设备用碳素钢和合金钢锻件
NB/T 47009	低温承压设备用合金钢锻件
NB/T 47010	承压设备用不锈钢和耐热钢锻件
NB/T 47013.3	承压设备无损检测 第3部分：超声检测
NB/T 47013.5—2015	承压设备无损检测 第5部分：渗透检测
NB/T 47013.7	承压设备无损检测 第7部分：目视检测
NB/T 47014	承压设备焊接工艺评定
JB 4732	钢制压力容器——分析设计标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

复合界面 compound contact interface

复合板基材和覆材的结合面。

3.2

未结合率 percentage of unbounded area

复合界面未结合部分面积总和与复合板总面积的比值，以百分数表示。

3.3

基材 base metal

复合金属中的基体材料。

3.4

覆材 cladding metal

复合金属中的包覆材料。

3.5

屈服强度 R_e yield strength

GB/T 228.1 中的上屈服强度 R_{eH} 、下屈服强度 R_{eL} 、规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 、规定总延伸强度 $R_{t0.5}$ 和规定残余延伸强度 $R_{r0.2}$ 的总称。在确定复合板屈服强度标准值时，基材和覆材分别按相应材料标准选取上述 5 项性能名称中的 1 项标准值作为计算的依据。

3.6

爆炸焊接 explosive welding

在爆炸过程中实现覆材和基材间焊接复合。

3.7

轧制复合 rolled compounding

在轧制过程中实现覆材和基材间的冶金结合。

4 订货内容

订货合同或订单应包括下列内容：

- a) 标准编号；
- b) 产品名称；
- c) 覆材和基材钢号；
- d) 制造方法与级别；
- e) 交货状态；
- f) 尺寸；
- g) 重量；
- h) 附加技术要求，如晶间腐蚀试验等。

5 型式、尺寸及重量

5.1 型式

5.1.1 覆材可在基材一面或两面包覆，形成单面或双面复合板。

5.1.2 复合板的形状由供需双方商定，可包括矩形、方形和圆形。

5.2 尺寸

- 5.2.1 覆材厚度宜为 2mm~16mm。
- 5.2.2 基材最小厚度应为 6mm，且基材厚度与覆材厚度之比：轧制复合法不宜小于 2，爆炸焊接法不宜小于 3。
- 5.2.3 轧制复合法生产的复合板最大厚度一般不超过 100mm；爆炸焊接法生产的复合板最大面积一般不宜超过 25m²。根据供需双方协议，可供应超出上述尺寸的复合板。

5.3 重量

复合板可按理论重量交货，覆材和基材的重量计算应符合钢材标准的规定。不锈钢各牌号的密度参见附录 A。

6 级别、标记

6.1 级别与代号

复合板的级别与代号应符合表 1 的规定。双面复合板应分别注明两面的级别。

表 1 级别与代号

级 别	代 号		未结合率/%
	爆炸焊接法	轧制复合法	
1 级	B1	R1	0
2 级	B2	R2	≤2
3 级	B3	R3	<5

6.2 标记

产品标记应按覆材钢号、基材钢号、尺寸、制造方法及级别代号、标准号等顺序组成。不锈钢统一数字代号和旧牌号的近似对照可参照附录 A。

示例 1：覆材为 3mm 厚的 S32168 板、基材为 16mm 厚的 Q345R 板、宽度为 2 500mm、长度为 8 000mm 的轧制复合法 2 级复合板标记为：

$$(S32168 + Q345R) - (3 + 16) \times 2500 \times 8000 - R2 - NB/T 47002.1 - 2019$$

示例 2：覆材为 8mm 厚的 S30408 板、基材为 150mm 厚的 16MnIII 级锻件、直径为 4 000mm 的爆炸焊接法 1 级复合板标记为：

$$(S30408 + 16MnIII) - (8 + 150) \times D4000 - B1 - NB/T 47002.1 - 2019$$

示例 3：一面覆材为 3mm 厚的 S31603 板、基材为 20mm 厚的 Q345R 板，另一面覆材为 2mm 厚的 S30408 板、宽度为 2 000mm、长度为 6 000mm 的爆炸焊接法 2 级复合板标记为：

$$(S31603 + Q345R + S30408) - (3 + 20 + 2) \times 2000 \times 6000 - B2 - NB/T 47002.1 - 2019$$

7 技术要求

7.1 覆材和基材

- 7.1.1 覆材和基材标准及钢号应符合表 2 的规定。基材的技术要求（如交货状态、力学性能检验、无损检测等）还应符合 GB/T 150 或 JB 4732 的规定。以锻件为基材时，应采用 III 级或 IV 级锻件。
- 7.1.2 基材标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的复合板，应经技术评审后方可使用。
- 7.1.3 经供需双方协议，也可采用表 2 以外标准的覆材和基材，但其技术要求不得低于 7.1.1 的规

定。当采用表 2 以外标准的基材时,所选用的钢号应与表 2 中的钢号具有相近的化学成分,钢材的技术要求(如钢中 P、S 含量,钢材的冲击试验温度和冲击吸收能量指标等)不得低于表 2 中相近钢号的有关规定。

表 2 覆材和基材

覆材		基材	
标准号	钢号示例	标准号	钢号示例
GB/T 24511	S11306, S11348, S30408, S30403, S32168, S31603, S31703, S39042, S22053, S25073	GB/T 713	Q245R, Q345R, 15CrMoR
		NB/T 47008	16Mn, 20MnMo, 15CrMo
		GB/T 3531	16MnDR, 09MnNiDR
		NB/T 47009	16MnD, 09MnNiD
		GB/T 24511	S30408, S31603
		NB/T 47010	S30408, S31603
注：覆材和基材也可采用表列各标准中的其他钢号。			

7.1.4 覆材需进行拼焊时,有关技术要求由供需双方协议确定,并在合同中注明。

7.1.5 覆材和基材应附有材料生产厂的质量证明书(原件),材料质量证明书的内容应齐全、清晰,并盖有材料生产单位质量检验章。无质量证明书原件时,复合板生产厂应取得加盖材料经营单位检验公章和经办负责人签字(章)的复印件,且应对所用材料及材料质量证明书的真实性和一致性负责。

7.1.6 复合板消除应力热处理工艺和设备宜参考 GB/T 30583 的相关要求。

注:一般认为,复合板采用低于基材回火温度进行的消除应力热处理,不会改变基材的热处理供货状态。

7.2 交货状态

7.2.1 复合板应校平、剪切(或切割)后交货,复合板的热轧或热处理状态应符合 GB/T 150 或 JB 4732 中对相应基材的规定。

7.2.2 根据需方要求,经双方协商并在合同中规定,可以采用其他热处理状态供货。

7.2.3 根据需方要求,并在合同中注明,覆材表面可经喷砂、抛光或酸洗等处理。

7.3 结合状态

7.3.1 复合板应进行超声检测,采用 100%扫查方式。其结合状态应符合表 3 的规定。

7.3.2 超出表 3 规定的未结合区允许进行焊补。焊补前应清除未结合区覆材并打磨至基材表面,进行渗透检测确认已清除未结合区,然后由持有效证件的焊工按 NB/T 47014 的规定,经评定合格的焊接工艺进行焊补。焊补后应进行超声和渗透检测,超声检测结果应符合表 3 的规定,渗透检测结果应符合 NB/T 47013.5—2015 规定的 I 级。焊补记录(包括焊补区在复合板上的位置、各个焊补区的面积、焊接材料及焊接工艺参数)附在产品质量证明书中。

表 3 结合状态

级 别	单个未结合指示长度/mm	单个未结合区面积/cm ²	未结合率/%
1 级	0	0	0
2 级	≤50	≤20	≤2
3 级	≤75	≤45	≤5

7.4 力学性能

7.4.1 复合板复合界面的结合剪切强度应不小于 210MPa。对于双面复合板，分别保留不同侧覆材进行剪切试验。

7.4.2 复合板拉伸试验结果应符合表 4 的规定。对于双面复合板，一般只保留一种覆材进行拉伸试验，需保留的覆材由需方在合同中注明。当基材厚度大于 40mm 或需方指定时，只进行基材的拉伸试验，其试验结果应符合基材标准的规定。

表 4 拉伸试验结果

屈服强度 R_e /MPa	抗拉强度 R_m /MPa	断后伸长率 A /%
$R_e \geq \frac{R_{e1}t_1 + R_{e2}t_2}{t_1 + t_2}$	$R_m \geq \frac{R_{m1}t_1 + R_{m2}t_2}{t_1 + t_2}$	不小于基材标准值
注 1: R_{e1} ——覆材材料标准屈服强度下限值, MPa; R_{e2} ——基材材料标准屈服强度下限值, MPa; R_{m1} ——覆材材料标准抗拉强度下限值, MPa; R_{m2} ——基材材料标准抗拉强度下限值, MPa; t_1 ——覆材厚度, mm; t_2 ——基材厚度, mm。 注 2: 当覆材伸长率标准值小于基材伸长率标准值时, 允许复合板伸长率小于基材标准值, 但应不小于覆材标准值。此时还应补充 1 个基材试样的拉伸试验, 其断后伸长率应不小于基材标准值。		

7.4.3 复合板只进行基材的冲击试验, 冲击试验温度和冲击吸收能量应符合基材标准的规定。如基材标准中无冲击试验的要求, 复合板可不进行冲击试验。

7.5 弯曲性能

单面复合板内弯曲(覆材表面受压)和外弯曲(覆材表面受拉)试验, 侧弯曲(复合板横截面受拉、受压)试验, 双面复合板外弯曲(两种覆材表面分别受拉)试验, 其结果应符合表 5 的规定。基材为锻件或不锈钢的复合板可不进行弯曲试验。

表 5 弯曲性能

弯曲角度	弯心直径	试验结果
180°	内弯曲按基材标准的规定, 外弯曲 $d=4a$ (d 为弯心直径, a 为试样厚度), 侧弯曲 $d=40\text{mm}$	在弯曲部分的外侧不得有裂纹, 复合界面不得有分层

7.6 覆材为奥氏体-铁素体双相不锈钢的复合板, 应对交货状态的覆材进行铁素体含量检测, 铁素体含量应为 40%~60%。

7.7 晶间腐蚀试验

根据需方要求, 经供需双方协议, 供方可进行复合板覆材的晶间腐蚀试验, 试验要求和合格标准由供需双方协议。

7.8 尺寸偏差及不平度

7.8.1 复合板厚度允许偏差应符合表 6 的规定。基材为锻件的复合板, 基材厚度允许偏差由供需双方协议。

表 6 厚度允许偏差

覆材厚度允许偏差	基材厚度允许偏差	总厚度允许偏差
覆材公称厚度的 $\pm 10\%$ ，且在 $\pm 1.0\text{mm}$ 范围内 ^a	基材标准正负偏差之数值各减 0.5mm	覆材允许偏差 + 基材允许偏差
^a 对于轧制复合板，覆材厚度小于 5mm 时，其正偏差不大于 1.0mm。		

7.8.2 复合板长度及宽度的允许偏差按基材标准的相应规定，圆形复合板直径的允许偏差按供需双方协议。

7.8.3 复合板的不平度按 GB/T 709 的规定。基材屈服强度标准值大于 460MPa 时，不平度为 GB/T 709 规定值的 1.5 倍。用于换热器管板的复合板，其不平度由供需双方协议。

7.9 表面质量

复合板覆材表面不得有结疤、裂纹、夹杂、褶皱等缺陷。如有上述缺陷，则允许清除，但清除后应保证覆材最小厚度。否则应予以焊补，焊补应符合 7.3.2 的相应规定。基材表面质量应符合基材标准的规定。

8 试验方法

8.1 复合板的结合状态采用超声检测方法，检测方法按 NB/T 47013.3 的规定。

8.2 渗透检测按 NB/T 47013.5 的规定。

8.3 复合板的剪切试验、拉伸试验、弯曲试验按 GB/T 6396 的规定。

8.4 复合板基材的拉伸试验按 GB/T 228.1 的规定。

8.5 复合板基材的冲击试验按 GB/T 229 的规定。

8.6 双相钢复合板覆材的铁素体含量检测按 GB/T 13305 的规定。

8.7 复合板覆材的晶间腐蚀试验按供需双方协议的规定，可参考 GB/T 4334 的相关要求。

8.8 尺寸检验方法

8.8.1 复合板的总厚度在距钢板边缘不小于 40mm 处用千分尺或卡尺测量。

8.8.2 复合板的覆材厚度按 GB/T 6396 的规定测量。

8.8.3 复合板的长度、宽度或直径用钢卷尺测量。

8.8.4 复合板的不平度按 GB/T 709 的规定测量。

8.9 复合板的表面质量一般目测检查。可参考 NB/T 47013.7 的相关要求。

9 检验规则

9.1 复合板由供方质量检验部门检验。

9.2 复合板应按批交货，每批应由同一材料组合（覆材和基材分别为同一钢号、同一厚度、同一交货状态）、同一爆炸焊接或轧制及热处理工艺生产的复合板组成。

9.3 复合板的检验项目按表 7 的规定。超声检测、尺寸（覆材厚度除外）和表面质量应逐张进行检验，其余项目均为按批检验。表中按需方要求检验的项目按合同的规定进行。经供需双方协议，可以进行其他项目的检验。

表 7 检验项目

检 验 项 目	级 别		
	1 级	2 级	3 级
超声检测	○	○	○
剪切试验	○	○	○
拉伸试验	○	○	○
冲击试验	○	○	○
内弯曲试验	○	○	△
外弯曲试验	△	△	△
侧弯曲试验	△	△	△
铁素体含量检测 (双相不锈钢覆材)	○	○	○
晶间腐蚀试验	△	△	△
尺寸	○	○	○
表面质量	○	○	○
注：○——应检验的项目； △——按需方要求检验的项目。			

9.4 从每批产品中抽 1 张制取试样，也可以从与产品相同组批条件所制备的试验件上制取试样。取样方法按相应基材标准的规定。试样数量如下：剪切试样 1 个、拉伸试样 1 个、冲击试样 3 个、内弯曲试样 1 个、外弯曲试样 1 个、侧弯曲试样 1 个、铁素体含量试样 1 个、晶间腐蚀试样 2 个、覆材厚度试样 1 个。对于双面复合板，剪切、外弯曲、侧弯曲和覆材厚度为不同侧覆材各取 1 个试样。

9.5 按批检验的项目如不合格，则从同一批中再取双倍数量的试样对不合格项目进行复验，冲击试验的复验按基材标准的规定。复验结果（包括该项试验所要求的任一指标）如有 1 项指标不合格，则该批产品不得交货。此时，供方可逐张检验，按张交货；也可整批钢板进行热处理后，作为新的一批再提交检验。

10 包装、标志及质量证明书

10.1 每张复合板应在钢板端部的覆材表面标出产品标记、批号、制造厂名（或厂标）、生产日期等。

10.2 交货时应提供复合板产品质量证明书（原件），并同时提供外购的覆材和（或）基材质量证明书的复印件。

10.3 覆材表面应做有效的保护，以防止擦伤。

10.4 其余要求按 GB/T 247 的规定。

附 录 A
(资料性附录)
不锈钢密度

不锈钢的密度见表 A.1。

表 A.1 不锈钢密度

钢 号		密度/(kg/dm ³) (20℃)
统一数字代号	牌 号	
S11306	06Cr13	7 750
S11348	06Cr13Al	7 750
S11972	019Cr19Mo2NbTi	7 750
S30408	06Cr19Ni10	7 930
S30403	022Cr19Ni10	7 900
S32168	06Cr18Ni11Ti	8 000
S31603	022Cr17Ni12Mo2	8 000
S31608	06Cr17Ni12Mo2	8 000
S31668	06Cr17Ni12Mo2Ti	7 900
S31703	022Cr19Ni13Mo3	7 980
S39042	015Cr21Ni26Mo5Cu2	8 000
S22053	022Cr23Ni5Mo3N	7 800
S25073	022Cr25Ni7Mo4N	7 800

NB/T 47002.1—2019《压力容器用复合板 第1部分：不锈钢-钢复合板》 编制说明

一、标准制修订计划来源与立项情况

1. 计划来源

根据“国家能源局关于下达2018年能源领域行业标准制(修)订计划的通知”的安排,对NB/T 47002.1—2009《压力容器用爆炸焊接复合板 第1部分:不锈钢-钢复合板》进行修订(项目编号:能源20180879)。

2. 修订标准的目

现行的NB/T 47002.1—2009《压力容器用爆炸焊接复合板 第1部分:不锈钢-钢复合板》于2009年12月1日发布,2010年5月1日实施,颁布实施已10年。2009版标准主要参照日本工业标准JIS G3601—2002《不锈钢复合钢板》中有关爆炸焊接复合板的技术内容,并根据国内执行JB 4733—1996《压力容器用爆炸不锈钢复合钢板》的生产数据而制定的。2009版标准只涵盖了爆炸焊接工艺制作的复合板。

近年来随着压力容器的设计、制造技术进步显著,压力容器用新材料、新技术、新工艺不断涌现。应用领域的不断扩大和设备高参数、大型化的需求,对复合板从制造工艺、加工条件和产品质量到检验方法、规格尺寸和允许偏差等方面也提出了更新、更高的要求,同时由于环保的要求,轧制工艺制造的复合板也发展迅速,因此,对2009版标准进行修订已是当务之急。

二、修订标准的原则

本次复合板标准修订,主要针对爆炸复合板相关技术指标进行更新。将轧制工艺生产的复合板纳入标准。

同时将2009版标准实施以来所收集到的相关意见、相关法规标准的修订内容等均纳入此标准。

三、修订过程

该标准本部分修订计划下达前,全国锅炉压力容器标准化技术委员会组织成立了标准编制工作组。2017年6月标准工作组在西宁召开标准修订启动工作会议;2017年年底,形成标准征求意见稿,开始全行业征求意见;2018年4月标准工作组在驻马店组织召开了标准送审意见处理会议,来自主管机构、科研院所、工程公司、生产企业、使用单位等的30多名代表参加了会议。后历经排版、校对、送审、送审意见整理,于2019年4月在威海召开了送审意见处理会议,形成报批稿。

四、主要修订内容

本部分为NB/T 47002—2019的第1部分,与NB/T 47002.1—2009相比,主要修订内容包括:
——增加了轧制复合板的制造方法,并对轧制复合板的总厚度,基材厚度与覆材厚度之比、厚度允

NB/T 47002.1—2019《压力容器用复合板 第1部分：不锈钢-钢复合板》编制说明

许偏差、级别和代号作出了规定；

- 增加了对复合板消除应力热处理工艺和设备宜参考 GB/T 30583 的相关要求，以保证复合板消除应力热处理的效果；
- 增加了对覆材为奥氏体-铁素体双相不锈钢的复合板交货状态下覆材相比比例检验的相关要求；
- 为更全面地考核复合板的弯曲性能，增加了侧弯曲试验；
- 增加了 NB/T 47013.7《承压设备无损检测 第7部分：目视检测》检测方法；
- 扩大了内弯曲试验的范围，由1级扩大到1级和2级；
- 增加了可参照 GB/T 4334 进行复合板覆材晶间腐蚀的试验方法。