ICS 77.140.30
H 46

NB

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、曾周燏、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 25m^2。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）×2500×8000-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）×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）×2000×6000-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/%
$R_e \geqslant \frac{R_{e1}t_1+R_{e2}t_2}{t_1+t_2}$	$R_m \geqslant \frac{R_{m1}t_1+R_{m2}t_2}{t_1+t_2}$	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=40mm	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±10%，且在±1.0mm 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、褶叠等缺陷。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/dm³）（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. 修订标准的目的

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

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。