ICS 77.140.99
H 46

NB

# 中华人民共和国能源行业标准

NB/T 47002.1 ～ 47002.4—2019
代替 NB/T 47002.1 ～ 47002.4—2009

# 压力容器用复合板

**Clad plate for pressure vessel**

传播正版 仿冒必究
电话查询:400-815-5888
网站查询:www.l3315.com
刮开涂层 查询真伪

2019-11-04 发布　　2020-05-01 实施

国 家 能 源 局　发布

# 国 家 能 源 局

# 公 告

2019 年 第 6 号

国家能源局批准《水电工程电法勘探技术规程》等 384 项能源行业标准（附件 1）、《Technical Guide for Rock-Filled Concrete Dams》等 48 项能源行业标准英文版（附件 2）、《风电场项目环境影响评价技术规范》等 7 项能源行业标准第 1 号修改单（附件 3），废止《风电场工程勘察设计收费标准》等 5 项能源行业标准/计划（附件 4），现予以发布。

附件：行业标准目录

二〇一九年十一月四日

**附件：**

# 行业标准目录

| 序号 | 标准编号 | 标准名称 | 代替标准 | 采标号 | 出版机构 | 批准日期 | 实施日期 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1～108 | （略） | | | | | | |
| 109 | NB/T 47002.1—2019 | 压力容器用复合板　第1部分：不锈钢-钢复合板 | NB/T 47002.1—2009 | | 新华出版社 | 2019-11-04 | 2020-05-01 |
| 110 | NB/T 47002.2—2019 | 压力容器用复合板　第2部分：镍-钢复合板 | NB/T 47002.2—2009 | | 新华出版社 | 2019-11-04 | 2020-05-01 |
| 111 | NB/T 47002.3—2019 | 压力容器用复合板　第3部分：钛-钢复合板 | NB/T 47002.3—2009 | | 新华出版社 | 2019-11-04 | 2020-05-01 |
| 112 | NB/T 47002.4—2019 | 压力容器用复合板　第4部分：铜-钢复合板 | NB/T 47002.4—2009 | | 新华出版社 | 2019-11-04 | 2020-05-01 |
| 113 | NB/T 47038—2019 | 恒力弹簧支吊架 | NB/T 47038—2013 | | 新华出版社 | 2019-11-04 | 2020-05-01 |
| 114～384 | （略） | | | | | | |

# 目　　录

NB/T 47002.1—2019《压力容器用复合板　第1部分：不锈钢-钢复合板》 …… 1
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 …… 13
NB/T 47002.2—2019《压力容器用复合板　第2部分：镍-钢复合板》 …… 15
NB/T 47002.2—2019《压力容器用复合板　第2部分：镍-钢复合板》编制说明 …… 27
NB/T 47002.3—2019《压力容器用复合板　第3部分：钛-钢复合板》 …… 29
NB/T 47002.3—2019《压力容器用复合板　第3部分：钛-钢复合板》编制说明 …… 39
NB/T 47002.4—2019《压力容器用复合板　第4部分：铜-钢复合板》 …… 41
NB/T 47002.4—2019《压力容器用复合板　第4部分：铜-钢复合板》编制说明 …… 53

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 $d=40$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±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<br>+ 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；<br>△——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。

ICS 77.140.30，77.150.40
H 46

NB

# 中华人民共和国能源行业标准

NB/T 47002.2—2019
代替 NB/T 47002.2—2009

# 压力容器用复合板
# 第2部分：镍-钢复合板

**Clad plate for pressure vessel**
**Part 2: Nickel-steel clad plate**

2019-11-04 发布　　2020-05-01 实施

国 家 能 源 局 发 布

# 目　次

前言 …… 18
1　范围 …… 19
2　规范性引用文件 …… 19
3　术语和定义 …… 19
4　订货内容 …… 20
5　型式、尺寸及重量 …… 20
6　级别、标记 …… 21
7　技术要求 …… 21
8　试验方法 …… 24
9　检验规则 …… 24
10　包装、标志及质量证明书 …… 25
附录A（资料性附录）　镍及镍合金密度 …… 26

编制说明 …… 27

# 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2部分，与NB/T 47002.2—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；

——覆材应主要采用NB/T 47046《承压设备用镍及镍合金板》中各牌号镍及镍合金板；

——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。

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、中国石化工程建设有限公司、舞钢神州重工金属复合材料有限公司、威海化工机械有限公司、宝山钢铁股份有限公司、南京德邦金属装备工程股份有限公司、四川惊雷科技股份有限公司、郑州宇光复合材料有限公司、西安天力金属复合材料有限公司、南京宝泰特种材料股份有限公司。

本部分主要起草人：陈志伟、张勇、杨国义、段瑞、侯国亭、于洪亮、黄锦花、徐彤、周景蓉、薛小军、杨宇军、汪洋、王斌。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

NB/T 47002.2—2009；

JB/T 4748—2002。

# 压力容器用复合板
# 第2部分：镍-钢复合板

## 1 范围

1.1 本标准规定了以镍及镍合金为覆材，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 本标准适用于总厚度不小于8mm的压力容器用镍-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 2054 | 镍及镍合金板 |
| GB/T 3531 | 低温压力容器用钢板 |
| GB/T 6396 | 复合钢板力学及工艺性能试验方法 |
| GB/T 15260 | 金属和合金的腐蚀　镍合金晶间腐蚀试验方法 |
| 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 |
| NB/T 47046 | 承压设备用镍及镍合金板 |
| 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）　覆材和基材牌号；

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　覆材可在基材的一面或两面包覆，形成单面或双面复合板。

5.1.2　复合板形状应由供需双方商定，可包括矩形、方形和圆形。

5.2 尺寸

5.2.1 覆材厚度为 2mm～16mm。

5.2.2 基材最小厚度为 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

复合板按理论重量交货，覆材和基材的重量计算按相应材料标准的规定。覆材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

产品标记应按覆材牌号、基材牌号、尺寸、制造方法及级别与代号、标准号等顺序组成。

示例 1：覆材为 3mm 厚的 NCu30 板、基材为 16mm 厚的 Q345R 板、宽度为 2 000mm、长度为 6 000mm 的轧制复合法 2 级复合板标记为：

（NCu30 + Q345R）-（3 + 16）×2000×6000-R2-NB/T 47002.2—2019

示例 2：覆材为 8mm 厚的 N5 板、基材为 150mm 厚的 16MnⅢ级锻件、直径为 3 000mm 的爆炸焊接法 1 级复合板标记为：

（N5 + 16MnⅢ）-（8 + 150）×D3000-B1-NB/T 47002.2—2019

## 7 技术要求

### 7.1 覆材和基材

7.1.1 覆材和基材的标准及牌号应符合表 2 的规定。覆材 N5、N7 和 NCu30 应为退火状态，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，所选用的牌号应与表 2 中的牌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 中相近牌号的有关规定。

表 2　覆材和基材

| 覆　材 | | 基　材 | |
|---|---|---|---|
| 标 准 号 | 牌 号 示 例 | 标准号 | 牌 号 示 例 |
| GB/T 2054<br>NB/T 47046 | N5<br>N7<br>NCu30<br>NS1101<br>NS1102<br>NS1402<br>NS3102<br>NS3203<br>NS3304<br>NS3305 | 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牌号。 | | | |

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。如无质量证明书原件，复合板生产厂应取得加盖经营单位检验公章和经办人签字（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　复合板的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　复合板应经超声检测，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。焊补后应进行超声检测和渗透检测，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 | ≤7 |
| 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：$R_{e1}$——覆材材料标准屈服强度下限值，MPa；<br>$R_{e2}$——基材材料标准屈服强度下限值，MPa；<br>$R_{m1}$——覆材材料标准抗拉强度下限值，MPa；<br>$R_{m2}$——基材材料标准抗拉强度下限值，MPa；<br>$t_1$——覆材厚度，mm；<br>$t_2$——基材厚度，mm。 | | |

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，则复合板不进行冲击试验。

### 7.5 弯曲性能

单面复合板内弯曲（覆材表面受压）试验和外弯曲（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。基材为锻件的复合板不进行弯曲试验。

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 $d$=4$a$<br>（$d$ 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 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。

### 7.7 尺寸偏差及不平度

7.7.1 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<br>+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。 | | |

7.7.2 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。

7.7.3 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。

### 7.8 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确定，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 复合板覆材的晶间腐蚀试验按 GB/T 15260 的有关规定。

### 8.7 尺寸检验方法

8.7.1 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。

8.7.2 复合板的覆材厚度按 GB/T 6396 的规定测量。

8.7.3 复合板的长度、宽度或直径用钢卷尺测量。

8.7.4 复合板的不平度按 GB/T 709 的规定测量。

8.8 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牌号、同一厚度、同一交货状态）、同一爆炸焊接或轧制复合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 | △ | △ | △ |
| 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、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，该批产品则不得交货。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），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）
镍及镍合金密度

镍及镍合金密度见表 A.1。

表 A.1 镍及镍合金密度

| 中国牌号 | 美国 ASME 牌号 | 密度/（kg/dm$^3$）（20℃） |
|---|---|---|
| N5 | N02201 | 8 890 |
| N7 | N02200 | 8 890 |
| NCu30 | N04400 | 8 830 |
| NS1101 | N08800 | 7 940 |
| NS1102 | N08810 | 7 940 |
| NS1402 | N08825 | 8 140 |
| NS3102 | N06600 | 8 420 |
| NS3203 | N10675 | 9 220 |
| NS3304 | N10276 | 8 870 |
| NS3305 | N06455 | 8 640 |
| NS3311 | N06059 | 8 800 |

# NB/T 47002.2—2019《压力容器用复合板 第2部分：镍-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 47002.2—2009《压力容器用复合板　第2部分：镍-钢复合板》进行修订（项目编号：能源20180880）。

### 2. 修订标准的目的

现行的NB/T 47002.2—2009《压力容器用爆炸焊接复合板　第2部分：镍-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版标准是在1996版标准的基础上，主要参照日本工业标准JIS G3602—1992《镍及镍合金复合钢板》中有关爆炸焊接复合板的技术内容，并根据国内执行JB/T 4748—2002《压力容器用镍及镍基合金爆炸复合钢板》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2部分，与NB/T 47002.2—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；

——覆材应主要采用NB/T 47046《承压设备用镍及镍合金板》中各牌号镍及镍合金板；

——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。

ICS 77.140.30，77.150.99
H 46

NB

# 中华人民共和国能源行业标准

NB/T 47002.3—2019
代替 NB/T 47002.3—2009

# 压力容器用复合板
# 第3部分：钛-钢复合板

**Clad plate for pressure vessel**
**Part 3: Titanium-steel clad plate**

2019-11-04 发布　　2020-05-01 实施

国家能源局 发布

# 目　次

前言 …… 32
1　范围 …… 33
2　规范性引用文件 …… 33
3　术语和定义 …… 33
4　订货内容 …… 34
5　型式、尺寸及重量 …… 34
6　级别、标记 …… 35
7　技术要求 …… 35
8　试验方法 …… 37
9　检验规则 …… 37
10　包装、标志及质量证明书 …… 38

编制说明 …… 39

# 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3部分，与NB/T 47002.3—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。

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、中国石化工程建设有限公司、西安天力金属复合材料有限公司、舞钢神州重工金属复合材料有限公司、郑州宇光复合材料有限公司、南京宝泰特种材料股份有限公司、四川惊雷科技股份有限公司、宝山钢铁股份有限公司、南京钢铁股份有限公司、南京德邦金属装备工程股份有限公司、首钢集团有限公司。

本部分主要起草人：杨国义、张勇、陈志伟、段瑞、汪洋、侯国亭、杨宇军、王斌、薛小军、卢娟、黄锦花、王光磊、周景蓉、张先铃、罗家明。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

NB/T 47002.3—2009。

# 压力容器用复合板
# 第3部分：钛-钢复合板

## 1 范围

1.1 本部分规定了以钛及钛合金为覆材，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的压力容器用钛-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 3621 钛及钛合金板材

GB/T 6396 复合钢板力学及工艺性能试验方法

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

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

**爆炸焊接　explosive welding**

在爆炸过程中实现覆材和基材间焊接复合。

3.6

**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）　覆材和基材牌号；

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。

## 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　复合板形状应由供需双方商定，可包括矩形、方形和圆形。

### 5.2　尺寸

5.2.1　覆材厚度宜为 1.0mm～12mm。

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分别按相应材料标准的规定。覆材各牌号的密度如下：TA1、TA2、TA3 和 TA9 为 4.51g/cm$^3$，TA10 为 4.54g/cm$^3$。

## 6 级别、标记

### 6.1 级别与代号

复合板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

产品标记应按覆材牌号、基材牌号、尺寸、制造方法及级别代号、标准号等顺序组成。

示例 1：覆材为 3mm 厚的 TA3 板、基材为 16mm 厚的 Q345R 板、宽度为 1 500mm、长度为 6 000mm 的轧制复合法 2 级复合板标记为：

（TA3 + Q345R）-（3 + 16）×1500×6000-R2-NB/T 47002.3—2019

示例 2：覆材为 8mm 厚的 TA2 板、基材为 150mm 厚的 16MnⅢ级锻件、直径为 2 000mm 的爆炸焊接法 1 级复合板标记为：

（TA2 + 16MnⅢ）-（8 + 150）×D2000-B1-NB/T 47002.3—2019

## 7 技术要求

### 7.1 覆材和基材

7.1.1 覆材和基材标准及牌号应符合表 2 的规定。覆材应为退火状态，基材的技术要求（如交货状态、力学性能检验、无损检测等）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，所选用的牌号应与表 2 中的牌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 中相近牌号的有关规定。

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。如无质量证明书原件，复合板生产厂应取得加盖材料经营单位检验公章和经办人签字（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。

表 2　覆材和基材

| 覆　材 | | 基　材 | |
|---|---|---|---|
| 标准号 | 牌　号 | 标 准 号 | 牌 号 示 例 |
| GB/T 3621 | TA1<br>TA2<br>TA3<br>TA9<br>TA10 | GB/T 713 | Q245R，Q345R |
| | | NB/T 47008 | 16Mn，20MnMo |
| | | GB/T 3531 | 16MnDR，09MnNiDR |
| | | NB/T 47009 | 16MnD，09MnNiD |
| | | GB/T 24511 | S30408，S31603 |
| | | NB/T 47010 | S30408，S31603 |
| 注：基材也可采用表列各标准中的其他牌号。 | | | |

7.1.6　复合板的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　复合板可经热轧或热处理、校平、剪切或切割及覆材表面去除氧化皮处理后交货，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

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

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 140MPa。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　复合板只进行基材拉伸试验，试验结果应符合基材标准的规定。

7.4.3　复合板只进行基材冲击试验，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，则不进行冲击试验。

## 7.5　弯曲性能

单面复合板内弯曲（覆材表面受压）试验和外弯曲（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 4 的规定。基材为锻件的复合板不进行弯曲试验。

表 4　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 $d=40$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　尺寸偏差及不平度

7.6.1　复合板厚度允许偏差应符合表 5 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 5　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。 | | |

7.6.2　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。

7.6.3　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。

### 7.7　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。超出覆材最小厚度但未贯穿到基材的表面缺陷允许进行焊补。焊补应由持有效证件的焊工按经评定合格的焊接工艺进行。修补后的表面应与覆材表面平齐，并经渗透检测，其结果应符合 NB/T 47013.5—2015 的Ⅰ级。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确定，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　复合板剪切试验、弯曲试验按 GB/T 6396 的规定。

8.4　复合板基材拉伸试验按 GB/T 228.1 的规定。

8.5　复合板基材冲击试验按 GB/T 229 的规定。

### 8.6　尺寸检验方法

8.6.1　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。

8.6.2　复合板覆材厚度按 GB/T 6396 的规定测量。

8.6.3　复合板长度、宽度或直径用钢卷尺测量。

8.6.4　复合板不平度按 GB/T 709 的规定测量。

8.7　复合板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 6 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遵照合同的规定进行。经供需双方协议，可以进行其他项目的检验。

表 6 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 | △ | △ | △ |
| 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、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。

# NB/T 47002.3—2019《压力容器用复合板 第3部分：钛-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 47002.3—2009《压力容器用复合板　第3部分：钛-钢复合板》进行修订（项目编号：能源20180881）。

### 2. 修订标准的目的

现行的NB/T 47002.3—2009《压力容器用爆炸焊接复合板　第3部分：钛-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 G3603—2005《钛钢复合钢板》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，规格尺寸和允许偏板幅、无损检测、制造工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3部分，与NB/T 47002.3—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；

——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。

ICS 77.140.30；77.150.30
H 46

NB

# 中华人民共和国能源行业标准

NB/T 47002.4—2019
代替 NB/T 47002.4—2009

# 压力容器用复合板
# 第4部分：铜-钢复合板

**Clad plate for pressure vessel**
**Part 4: Copper-steel clad plate**

2019-11-04 发布　　2020-05-01 实施

国 家 能 源 局 发 布

# 目　次

前言 …… 44
1　范围 …… 45
2　规范性引用文件 …… 45
3　术语和定义 …… 45
4　订货内容 …… 46
5　型式、尺寸及重量 …… 46
6　级别、标记 …… 47
7　技术要求 …… 47
8　试验方法 …… 49
9　检验规则 …… 49
10　包装、标志及质量证明书 …… 50
附录A（资料性附录）　铜及铜合金的密度 …… 51

编制说明 …… 53

# 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4部分，与NB/T 47002.4—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。

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、中国石化工程建设有限公司、郑州宇光复合材料有限公司、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、四川惊雷科技股份有限公司、山东济钢鲍德金属复合板科技有限公司、西安天力金属复合材料有限公司、南京宝泰特种材料股份有限公司。

本部分主要起草人：陈志伟、张勇、杨国义、段瑞、杨宇军、侯国亭、周景蓉、薛小军、冯健、田保生、卢娟、汪洋、王斌、张先铃。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

NB/T 47002.4—2009。

# 压力容器用复合板
# 第4部分：铜-钢复合板

## 1 范围

1.1 本部分规定了以铜及铜合金为覆材，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的压力容器用铜-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、质量及允许偏差

GB/T 713 锅炉和压力容器用钢板

GB/T 2040 铜及铜合金板材

GB/T 3531 低温压力容器用钢板

GB/T 6396 复合钢板力学及工艺性能试验方法

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

**爆炸焊接　explosive welding**

在爆炸过程中实现覆材和基材间焊接复合。

3.6

**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）　覆材和基材牌号；

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。

## 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　复合板形状应由供需双方商定，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　复合板尺寸应根据供需双方协议确定。轧制复合板最大厚度一般不超过 100mm；爆炸焊接复合板最大面积一般不宜超过 $25m^2$。

### 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分别按相应材料标准的规定。覆材各牌号的密度参见附录A。

## 6 级别、标记

### 6.1 级别与代号

复合板级别与代号应符合表1的规定。双面复合板应注明两面的级别。

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

产品标记应按覆材牌号、基材牌号、尺寸、制造方法及级别代号、标准号等顺序组成。

示例1：覆材为3mm厚的T2板、基材为16mm厚的Q345R板、宽度为1 500mm、长度为6 000mm的轧制复合法2级复合板标记为：

（T2+Q345R）-（3+16）×1500×6000-R2-NB/T 47002.4—2019

示例2：覆材为8mm厚的BFe30-1-1板、基材为150mm厚的16MnⅢ级锻件、直径为2 000mm的爆炸焊接法1级复合板标记为：

（BFe30-1-1+16MnⅢ）-（8+150）×D2000-B1-NB/T 47002.4—2019

## 7 技术要求

### 7.1 覆材和基材

7.1.1 覆材和基材标准及牌号应符合表2的规定。覆材应为退火状态，基材的技术要求（如交货状态、力学性能检验、无损检测等）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，所选用的牌号应与表2中的牌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中相近牌号的有关规定。

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。如无质量证明书原件，复合板生产厂应取得加盖材料经营单位检验公章和经办人签字（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 复合板的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。

表 2　覆材和基材

| 覆　材 | | 基　材 | |
|---|---|---|---|
| 标 准 号 | 牌 号 示 例 | 标 准 号 | 牌 号 示 例 |
| GB/T 2040 | T2<br>TU1<br>H68<br>H62<br>HSn62-1<br>QSn6.5-0.1<br>QA19-2<br>B19<br>BFe10-1-1<br>BFe30-1-1 | GB/T 713 | Q245R，Q345R |
| | | NB/T 47008 | 16Mn，20MnMo |
| | | 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牌号。 | | | |

## 7.2　交货状态

7.2.1　复合板应经热处理、校平、剪切或切割及覆材表面去除氧化皮处理后交货，复合板热处理状态应符合 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。

## 7.3　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 100MPa。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　复合板只进行基材拉伸试验，试验结果应符合基材标准的规定。

7.4.3　复合板只进行基材冲击试验，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，则复合板不进行冲击试验。

## 7.5　弯曲性能

单面复合板内弯曲（覆材表面受压）试验和外弯曲（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 4 的规定。基材为锻件的复合板不进行弯曲试验。

表 4 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 $d=40$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 尺寸偏差及不平度

7.6.1 复合板厚度允许偏差应符合表 5 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 5 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%，且不大于±1.0mm | 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 |

7.6.2 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。

7.6.3 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。

### 7.7 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确定，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、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 尺寸检验方法

8.6.1 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。

8.6.2 复合板的覆材厚度按 GB/T 6396 的规定测量。

8.6.3 复合板的长度、宽度或直径用钢卷尺测量。

8.6.4 复合板的不平度按 GB/T 709 的规定测量。

8.7 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牌号、同一厚度、同一

交货状态）、同一爆炸焊接或轧制复合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 6 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 6 检验项目**

| 检验项目 | 级别 | | |
|---|---|---|---|
| | B1 | B2 | B3 |
| 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 | △ | △ | △ |
| 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、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），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）
铜及铜合金的密度

铜及铜合金的密度见表 A.1。

表 A.1 铜及铜合金的密度

| 牌 号 | 密度/（$kg/dm^3$）<br>（20℃） |
|---|---|
| T2 | 8.930 |
| TU1 | 8.930 |
| H68 | 8.530 |
| H62 | 8.430 |
| HSn62-1 | 8.450 |
| QSn6.5-0.1 | 8.800 |
| QA19-2 | 7.600 |
| B19 | 8.900 |
| BFe10-1-1 | 8.900 |
| BFe30-1-1 | 8.900 |

# NB/T 47002.4—2019《压力容器用复合板 第4部分：铜-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 47002.4—2009《压力容器用复合板　第4部分：铜-钢复合板》进行修订（项目编号：能源20180882）。

### 2. 修订标准的目的

现行的NB/T 47002.4—2009《压力容器用爆炸焊接复合板　第4部分：铜-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 G3604—2005《钛钢复合钢板》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4部分，与NB/T 47002.4—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；

——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。

中华人民共和国能源行业标准

**压力容器用复合板**

NB/T 47002.1 ～ 47002.4—2019

*

新华出版社出版发行

（北京石景山区京原路 8 号 邮编：100043）

新 华 书 店 经 销

北京市庆全新光印刷有限公司印刷

**版权专有　不得翻印**

开本 880 × 1230　1/16　印张 3.75　字数 57 千字

2020 年 3 月第 1 版　2020 年 3 月第 1 次印刷

*

书号：155166 · 83　定价：**55.00** 元

NB/T 47002.1 ～ 47002.4—2019