

ICS 77.140.30, 77.150.99

H 46

# NB

## 中华人民共和国行业标准

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

Explosion welded clad plate for pressure vessels  
Part 3: Titanium-steel clad plate

2009-12-01 发布

2010-05-01 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 订货内容 .....	33
4 术语和定义 .....	34
5 型式、尺寸及重量 .....	34
6 级别、标记 .....	34
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《压力容器用爆炸焊接复合板》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的第3部分。本部分与JIS G3603《钛复合钢板》的一致性程度为非等效。  
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、中国通用机械工程总公司、四川惊雷科技股份有限公司、安徽省特种设备检测院、大连爆炸加工研究所、南京宝泰特种材料有限公司、南京三邦金属复合材料有限公司。

本部分主要起草人：寿比南、秦晓钟、陈培新、张勇、杨国义、赵安德、邓宁嘉、周景蓉。

# 压力容器用爆炸焊接复合板

## 第3部分：钛-钢复合板

### 1 范围

NB/T 47002 的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，用爆炸焊接法制造的复合板的型式、尺寸、级别、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书等内容。

本部分适用于总厚度等于或大于 8mm 的压力容器用爆炸焊接钛-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 150	钢制压力容器
GB/T 228	金属材料 室温拉伸试验方法（GB/T 228—2002，ISO 6892:1998(E)，EQV）
GB/T 229	金属材料 夏比摆锤冲击试验方法（GB/T 229—2007，ISO 148-1:2006，MOD）
GB/T 247	钢板和钢带检验、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 709—2006，ISO 7452:2002，ISO 16160:2000，NEQ）
GB 713—2008	锅炉和压力容器用钢板（GB 713—2008，ISO 9328-2:2004，NEQ）
GB 3531—2008	低温压力容器用低合金钢钢板
GB/T 3621—2007	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 6396—2008，JIS G 0601:2002，NEQ）
GB 24511—2009	承压设备用不锈钢钢板及钢带
JB 4726—2000	压力容器用碳素钢和低合金钢锻件
JB 4727—2000	低温压力容器用碳素钢和低合金钢锻件
JB 4728—2000	压力容器用不锈钢锻件
JB/T 4730.3	承压设备无损检测 第3部分：超声检测
JB/T 4730.5	承压设备无损检测 第5部分：渗透检测
JB 4732	钢制压力容器—分析设计标准

### 3 订货内容

按 NB/T 47002 的本部分订货的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) 级别;
- e) 交货状态;
- f) 尺寸;
- g) 重量;
- h) 附加技术要求。

#### 4 术语和定义

下列术语和定义适用于 NB/T 47002 的本部分。

##### 4.1

**复合界面 compound contact interface**

复合板基材和覆材的结合面。

##### 4.2

**未结合率 percentage of unbounded area**

复合界面未结合区的面积总和与复合板总面积的比值，以百分数表示。

##### 4.3

**基材 base metal**

复合金属中的基体材料。

##### 4.4

**覆材 cladding metal**

复合金属中的包覆材料。

#### 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 复合板的形状为矩形、方形、圆形三种。其他形状可由供需双方商定。

##### 5.2 尺寸

5.2.1 覆材厚度为 2mm ~ 10mm。

5.2.2 基材最小厚度为 6mm，且基材厚度与覆材厚度之比通常不小于 3。

5.2.3 复合板的最大宽度为 2 000mm，最大长度为 6 000mm。圆形复合板最大直径为 3 000mm。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<sup>3</sup>，TA10 为 4.54 g/cm<sup>3</sup>。

#### 6 级别、标记

##### 6.1 级别

复合板的级别按表 1 的规定。对双面复合板应分别注明两面的级别。

表 1 级别

级 别	代 号	未结合率, %
1 级	B1	0
2 级	B2	≤2
3 级	B3	≤5

## 6.2 标记

复合板的产品标记按覆材牌号、基材牌号、尺寸、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 1500mm、长度为 6000mm 的 2 级复合板标记为:

$$(TA3 + Q345R) - (3 + 16) \times 1500 \times 6000 - B2 - NB/T 47002.3 - 2009$$

示例 2: 覆材为 8mm 厚的 TA2 板、基材为 150mm 厚的 16MnIII 级锻件、直径为 2000mm 的 1 级复合板标记为:

$$(TA2 + 16MnIII) - (8 + 150) \times D2000 - B1 - NB/T 47002.3 - 2009$$

## 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。覆材应为退火状态, 基材的技术要求 (如交货状态、力学性能检验率、超声检测等) 还应符合 GB 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 对于基材, 其标准抗拉强度下限值大于或等于 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, 但所选用的覆材和基材的牌号应与表 2 中的牌号具有相近的化学成分, 且技术要求不得低于 7.1.1 的规定。

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时, 复合板生产厂应取得加盖供材单位检验公章和经办人章的复印件, 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 TA2 TA3 TA9 TA10	GB 713	Q245R、Q345R
		JB 4726	16Mn、20MnMo
		GB 3531	16MnDR
		JB 4727	16MnD
		GB 24511	S30408
		JB 4728	0Cr18Ni9

注: 基材也可采用表列各标准中的其他牌号。

### 7.2 交货状态

复合板应经热处理 (消除应力退火)、校平、剪切 (或切割) 及覆材表面去除氧化皮处理后交货。

## 7.3 结合状态

复合板应经超声检测，扫查方式采用100%扫查。其结合状态应符合表3的规定。

表3 结合状态

级别代号	单个未结合指示长度, mm	单个未结合区面积, cm <sup>2</sup>	未结合率, %
B1	0	0	0
B2	≤50	≤20	≤2
B3	≤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 复合板只进行基材的拉伸试验，其试验结果应符合基材标准的规定。

7.4.3 复合板只进行基材的冲击试验，冲击试验温度和冲击功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）和外弯曲（覆材表面受拉）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)	在弯曲部分的外侧不得有裂纹，复合界面不得有分层

## 7.6 尺寸偏差及平面度

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

## 7.7 表面质量

复合板覆材表面不得有结疤、裂纹、夹杂、折叠等缺陷。如有上述缺陷，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JB/T 4730.5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 JB/T 4730.3 的规定。
- 8.2 渗透检测按 JB/T 4730.5 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 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 附录 A 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 复合板的平面度按 GB/T 709 的规定测量。
- 8.7 复合板的表面质量一般目测检查，经供需双方协议，可进行渗透检测。

## 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	级别代号		
	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	△	△	△
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、覆材厚度试样 1 个。对于双面复合板，剪切、外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时，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）即使有一个指标不合格，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 复合板交货时应提供复合板产品质量证明书（原件），并同时提供覆材和基材质量证明书的复印件。

10.3 复合板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—2009《压力容器用爆炸焊接复合板 第3部分：钛-钢复合板》编制说明

NB/T 47002 的本部分系参照日本工业标准 JIS G3603—1992 中有关爆炸焊接复合板的技术内容，并根据国内生产数据而制定的，标准内容的编排则参照 NB/T 47002.1。现将本部分与 JIS G3603 主要不同之处说明如下：

1. 提高了复合板结合状态的指标。

JIS G3603 对结合状态的规定如下表：

级别代号	单个未结合指示长度, mm	单个未结合区面积, cm <sup>2</sup>	未结合率, %
B1	≤75	≤45	≤2
B2	—	≤60	≤5

本部分对结合状态的规定如下表：

级别代号	单个未结合指示长度, mm	单个未结合区面积, cm <sup>2</sup>	未结合率, %
B1	0	0	0
B2	≤50	≤20	≤2
B3	≤75	≤45	≤5

本部分的规定与 NB/T 47002.1、NB/T 47002.2 和 NB/T 47002.4 相一致。

2. JB/T 4745—2002《钛制焊接容器》标准释义中指出，钛复合板中钛覆层不能参加强度计算，只起耐蚀作用，因此本部分中复合板只进行基材的拉伸试验。

3. 压力容器用碳素钢和低合金钢的韧性是一项重要的力学性能指标，因此本部分中增加了复合板基材的冲击试验要求，该规定与 NB/T 47002.1 相一致。