

ICS 77.140.30

H 46

**NB**

# 中华人民共和国行业标准

NB/T 47002.1—2009

代替 JB 4733—1996

---

## 压力容器用爆炸焊接复合板 第 1 部分：不锈钢-钢复合板

**Explosion welded clad plate for pressure vessels  
Part 1: Stainless steel-steel clad plate**

2009-12-01 发布

2010-05-01 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 订货内容	5
4 术语和定义	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) 不锈钢的密度	12
编制说明	13

## 前 言

NB/T 47002《压力容器用爆炸焊接复合板》包括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1部分。本部分与JIS G3601《不锈钢复合钢板》的一致性程度为非等效。

本部分与JB 4733—1996相比，主要变化如下：

- 覆材和基材均列出了典型钢号，以利选用；
- 基材增加了不锈钢板和不锈钢锻件；
- B3级别复合板的超声检测范围，由沿钢板宽度方向、间距为50mm的平行线扫查，加严为100%扫查；
- B3级别复合板复合界面的结合剪切强度下限值由200MPa提高为210MPa。

本部分的附录A为资料性附录。

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：中国通用机械工程总公司、中国特种设备检测研究院、四川惊雷科技股份有限公司、大连爆炸加工研究所、安徽省特种设备检测院、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：秦晓钟、寿比南、陈培新、赵安德、张勇、杨国义、邓宁嘉、周景蓉。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- JB 4733—1996。

# 压力容器用爆炸焊接复合板

## 第1部分：不锈钢-钢复合板

### 1 范围

NB/T 47002 的本部分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 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 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) 覆材和基材钢号;
- d) 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)。

#### 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。

##### 4.5

**屈服强度  $R_e$  yield strength**

GB/T 228 中的上屈服强度  $R_{eH}$ 、下屈服强度  $R_{eL}$ 、规定非比例延伸强度  $R_{p0.2}$ 、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。

#### 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~16mm。

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 3000mm,最大长度为 10000mm,最大面积通常不超过 20m<sup>2</sup>。圆形复合板最大直径为 4000mm。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钢材标准的规定。不锈钢各钢号的密度

参见附录 A (资料性附录)。

## 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钢号、基材钢号、尺寸、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参见附录 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 2 级复合板标记为:

(S32168 + Q345R) - (3 + 16) × 2 500 × 8 000 - B2 - NB/T 47002.1—2009

示例 2: 覆材为 8mm 厚的 S30408 板、基材为 150mm 厚的 16MnIII 级锻件、直径为 4000mm 的 1 级复合板标记为:

(S30408 + 16MnIII) - (8 + 150) × D4000 - B1 - NB/T 47002.1—2009

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 2 级复合板标记为:

(S31603 + Q345R + S30408) - (3 + 20 + 2) × 2 000 × 6 000 - B2 - NB/T 47002.1—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 (如钢中磷、硫含量, 钢材的冲击试验温度和冲击功指标等) 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 24511	S11306, S11348; S30408, S30403, S32168, S31603, S31703, S39042; S21953, S22053	GB 713	Q245R, Q345R, 15CrMoR
		JB 4726	16Mn, 20MnMo, 15CrMo
		GB 3531	16MnDR, 09MnNiDR
		JB 4727	16MnD, 09MnNiD
		GB 24511	S30408
		JB 4728	0Cr18Ni9
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。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。

## 7.2 交货状态

复合板应经热处理、校平、剪切（或切割）后交货，复合板的热处理状态应符合 GB 150 或 JB 4732 中对相应基材的规定。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，扫查方式采用 100%扫查。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 JB/T 4730.5 标准的 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 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	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: $R_{e1}$ ——覆材屈服强度标准值, MPa; $R_{e2}$ ——基材屈服强度标准值, MPa; $R_{m1}$ ——覆材抗拉强度标准下限值, MPa; $R_{m2}$ ——基材抗拉强度标准下限值, 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,但不小于覆材标准值。此时尚应补充进行 1 个基材试样的拉伸试验,其伸长率不小于基材标准值。		

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 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 $d=4a$ ( $d$ 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 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 尺寸偏差及平面度

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 $\pm 10\%$ ,且不大于 $\pm 1.0\text{mm}$	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

7.7.2 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。

#### 7.8 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，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 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、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 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供需双方协议的规定。
- 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 附录 A 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 复合板的平面度按 GB/T 709 的规定测量。
- 8.8 复合板的表面质量一般目测检查，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钢号、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 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	△	△	△
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、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。

附 录 A  
(资料性附录)  
不锈钢的密度

A.1 不锈钢的密度见表 A.1。

表 A.1 不锈钢的密度

钢 号		密 度, g/cm <sup>3</sup>
统一数字代号	旧牌号	
S11306	0Cr13	7.75
S11348	0Cr13Al	7.75
S11972	00Cr18Mo2	7.75
S30408	0Cr18Ni9	7.93
S30403	00Cr19Ni10	7.93
S32168	0Cr18Ni10Ti	7.93
S31603	00Cr17Ni14Mo2	7.98
S31668	0Cr18Ni12Mo2Ti	7.98
S31703	00Cr19Ni13Mo3	7.98
S39042	—	8.00
S21953	00Cr18Ni5Mo3Si2	7.80
S22053	00Cr23Ni5Mo3N	7.80

# 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》编制说明

本部分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。

NB/T 47002 的本部分是在 JB 4733—1996 的基础上修订而成的，现将主要修改处说明如下：

1. 在覆材和基材中增列了钢号示例，这些钢号在爆炸焊接复合板生产厂中已有生产经验。列出这些钢号，有助于容器设计单位进行选用。
2. 增加了“订货内容”一章，便于复合板使用单位订货时参考。
3. 基材中增加了不锈钢板和不锈钢锻件，系根据实际生产中的相关产品而制定的。
4. 加严了 B3 级复合板超声检测范围的规定，由原标准沿钢板宽度方向、间距为 50mm 的平行线扫查，修改为 100%扫查，以确保 B3 级复合板的结合质量。
5. 提高了 B3 级复合板复合界面的结合剪切强度，由原标准的 200MPa 修改为 210MPa，与 B1 级和 B2 级复合板相一致。
6. B3 级复合板的拉伸和冲击试验，由原标准按需方要求检验的项目修改为应检验的项目。
7. 鉴于 JB/T 4730.3—2005 中的复合板超声检验方法已修改为底波反射法，与 JB 4733—1996 附录 A 的规定相一致，因此 NB/T 47002 的本部分中直接引用 JB/T 4730.3—2005，同时取消原标准的附录 A。
8. 增加了附录 A “不锈钢的密度”，用于计算复合板的理论重量。