压力容器用复合板

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，用爆炸焊接法或轧制方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 713 锅炉和压力容器用钢板

GB/T 3531 低温压力容器用低合金钢钢板

GB/T4334 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 承压设备用不锈钢钢板及钢带

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 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测

JB/T 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） 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）。

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 228.1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。

4.6 爆炸焊接 Explosive welding

在爆炸过程中实现覆材和基材间焊接复合。

4.7 轧制复合 RoIled compounding

在轧制过程中实现覆材和基材的复合。

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：轧制法一般不小于2，爆炸焊接法一般不小于。

5.2.3 轧制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 级别与代号

复合板的级别与代号按表1的规定。对双面复合板应分别注明两面的级别。

表1 级别与代号

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 级 别 | 代 号 | | 未结合率，% |
| 爆炸焊接法 | 轧制法 |
| 1级 | B1 | R1 | 0 |
| 2级 | B2 | R2 | ≤2 |
| 3级 | B3 | R3 | ≤5 |

6.2 标记

复合板的产品标记按覆材钢号、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2500mm、长度为8000mm的轧制法2级复合板标记为：

（S32168＋Q345R）－（3＋16）×2500×8000－R2－NB/T 47002.1—201X

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的爆炸焊接法1级复合板标记为： （S30408＋16MnⅢ）－（8＋150）×D4000－B1－NB/T 47002.1—201X

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2000mm、长度为6000mm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—201X

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/T 150或JB/T 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；  S21953，S22053 | 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。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。

7.1.6 复合板的消除应力热处理工艺和设备应参考GB/T 30583标准的相关要求。

7.1.7 13MnNiMoR做基材的复合板不推荐0℃及以下使用。

7.2 交货状态

复合板可以热轧或热处理、校平、剪切（或切割）后交货，复合板的热处理状态应符合GB/T 150或JB/T 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NB/T 47013.5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 | 单个未结合指示长度，mm | 单个未结合区面积，cm2 | 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，MPa | 抗拉强度，MPa | 伸长率*A*，% |
| ≥ | ≥ | 不小于基材标准值 |
| 注1：—— 覆材屈服强度标准值，MPa；  —— 基材屈服强度标准值，MPa；  —— 覆材抗拉强度标准下限值，MPa；  —— 基材抗拉强度标准下限值，MPa；  —— 覆材厚度，mm；  —— 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）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*=4*a*  （*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，应进行复合板覆材的铁素体含量检测， 铁素体含量应在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 尺寸偏差及平面度

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

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 生产方法 | 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 | 覆材允许偏差  ＋基材允许偏差 |
| 轧制法 | 负偏差：覆材公称厚度的-10%，且不大于1.0mm；  正偏差：供、需双方协商。 |

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。

7.9 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NB/T 47013.3的规定。

8.2 渗透检测按NB/T 47130.5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附录A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 复合板的平面度按GB/T 709的规定测量。

8.9 复合板的表面质量一般目测检查，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 | | |
| 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、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/cm3 |
| 统一数字代号 | 牌号 |
| S11306 | 06Cr13 | 7.75 |
| S11348 | 06Cr13Al | 7.75 |
| S11972 | 019Cr19Mo2NbTi | 7.75 |
| S30408 | 06Cr19Ni10 | 7.93 |
| S30403 | 022Cr19Ni10 | 7.93 |
| S32168 | 06Cr18Ni11Ti | 7.93 |
| S31603 | 022Cr17Ni12Mo2 | 7.98 |
| S31608 | 06Cr17Ni12Mo2 | 7.98 |
| S31668 | 06Cr17Ni12Mo2Ti | 7.98 |
| S31703 | 022Cr19Ni13Mo3 | 7.98 |
| S39042 | 015Cr21Ni26Mo5Cu2 | 8.00 |
| S21953 | 022Cr19Ni5Mo3Si2N | 7.80 |
| S22053 | 022Cr23Ni5Mo3N | 7.80 |