



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 8547—2019  
代替 GB/T 8547—2006

---

## 钛-钢复合板

Titanium clad steel plate

2019-06-04 发布

2020-05-01 实施

国家市场监督管理总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 8547—2006《钛-钢复合板》。

本标准与 GB/T 8547—2006 相比,主要技术变化如下:

- 修改了复合板的用途(见表 1,2006 年版的表 1);
- 修改了复材的纯钛牌号和基材的适用标准(见表 2,2006 年版的表 2);
- 增加了 2 类复合板允许用低强度级别复材代替高强度级别复材(见表 2);
- 删除了“GB 6654 压力容器用钢板”(见 2006 年版的表 2);
- 修改了复材的厚度范围(见 4.1.2.2,2006 年版的 4.3.4);
- 修改了复材允许拼焊的要求(见 4.1.2.3,2006 年版的 4.3.3);
- 修改了复合板热处理制度(见 4.1.3.2,2006 年版的 4.1.3);
- 修改了外形尺寸及允许偏差的要求(见 4.3,2006 年版的 4.3);
- 修改了剪切试验的要求(见表 5,2006 年版的表 6);
- 修改了弯曲性能的要求(见表 6,2006 年版的表 6);
- 修改了 0 类复合板结合面积的要求(见表 7,2006 年版的表 7);
- 修改要素“焊接”为“复合板的修复”,并修改了相应要求(见 4.7,2006 年版的 4.6)。

本标准由中国有色金属工业协会提出。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会(SAC/TC 243)归口。

本标准起草单位:宝钛集团有限公司、西安天力金属复合材料有限公司、安徽弘雷金属复合材料科技有限公司、南京宝色股份公司、东方电气集团东方汽轮机有限公司、有色金属技术经济研究院、宝鸡钛业股份有限公司、湖南湘投金天钛金属股份有限公司。

本标准主要起草人:刘润生、岳珊、张杭永、马忠贤、方雨、刘鸿彦、巩秀芳、胡志杰、冯永琦、冯军宁、白智辉、高颀、贾栓孝、樊科社、张江峰、吴江涛、刘正乔。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 8547—1987、GB/T 8547—2006。

# 钛-钢复合板

## 1 范围

本标准规定了钛-钢复合板的技术要求、试验方法、检验规则、交货重量、标志、包装、运输、贮存及质量证明书和订货单(或合同)内容。

本标准适用于耐蚀压力容器、贮槽及其他用途的钛-钢爆炸复合板、爆炸-轧制复合板或轧制复合板(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 223(所有部分) 钢铁及合金化学分析方法
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 711 优质碳素结构钢热轧钢板和钢带
- GB/T 712 船舶及海洋工程用结构钢
- GB/T 713 锅炉和压力容器用钢板
- GB/T 3274 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带
- GB/T 3531 低温压力容器用钢板
- GB/T 3620.1 钛及钛合金牌号和化学成分
- GB/T 3621 钛及钛合金板材
- GB/T 4698(所有部分) 海绵钛、钛及钛合金化学分析方法
- GB/T 6396 复合钢板力学及工艺性能试验方法
- JB/T 10061 A型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件
- NB/T 47008 承压设备用碳素钢和合金钢锻件
- NB/T 47009 低温承压设备用低合金钢锻件
- NB/T 47013.2—2015 承压设备无损检测 第2部分:射线检测
- NB/T 47013.5—2015 承压设备无损检测 第5部分:渗透检测

## 3 术语和定义

GB/T 6396界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**钛-钢复合板 titanium clad steel plate**

用爆炸、爆炸-轧制或轧制方法使钛(复材)与钢(基材)达到冶金结合的金属复合板。

## 4 技术要求

### 4.1 产品分类

#### 4.1.1 分类和代号

复合板的分类和代号应符合表1的规定。

表 1 分类和代号

生产方式	分类	代号	推荐用途
爆炸复合板	0类	B0	0类:高结合强度的复合板,如过渡接头、法兰等。 1类:复材作为设计强度部分复合板,如管板。 2类:复材不作为设计强度部分复合板,如防腐衬里
	1类	B1	
	2类	B2	
爆炸-轧制复合板	1类	BR1	
	2类	BR2	
轧制复合板	1类	R1	
	2类	R2	

4.1.2 适用材料

4.1.2.1 复合板的复材应符合 GB/T 3621 的规定,基材应符合表 2 中所列标准之一规定,表中标准所规定的复材与基材可以自由结合。

表 2 复材和基材

复材	基材
GB/T 3621 中 TA1G、TA2G、TA3G、TA9、TA10	GB/T 700、GB/T 711、GB/T 712、GB/T 713、GB/T 3274、 GB/T 3531、NB/T 47008、NB/T 47009
注:当复材为 TA1G、TA2G 或 TA3G 时,2类复合板允许用低强度级别复材代替高强度级别复材,如用 TA1G 代替 TA2G。	

4.1.2.2 复材的厚度一般为 0.3 mm~15.0 mm;当复材厚度大于 10.0 mm 时,经供需双方协商,复材可由多层复合构成。

4.1.2.3 当复合板宽度大于 1 100 mm 或长度大于 3 000 mm 时,复材允许拼焊,拼焊复材的宽度或长度应不小于 300 mm;拼焊焊缝应进行渗透检测,检测结果应符合 NB/T 47013.5—2015 表 6 中 II 级的规定;当需方要求并在合同中注明时,拼焊焊缝应进行射线检测,检测结果应符合 NB/T 47013.2—2015 表 22 中 II 级的规定。

4.1.3 供货状态

4.1.3.1 复合板可按爆炸状态(B)、爆炸-轧制状态(BR)或轧制状态(R)供货。

4.1.3.2 当爆炸复合板以消除应力状态(m)供货时,推荐热处理制度为:540 °C~650 °C,保温时间不小于 1 h,加热和冷却速度为 50 °C/h~200 °C/h。

4.1.4 标记示例

产品标记按复材牌号/基材牌号、代号、供货状态、规格、标准编号的顺序标识。标记示例如下:

示例 1:

复材厚度为 6 mm 的 TA2G、基材厚度为 30 mm 的 Q235B 钢生产的宽度为 1 000 mm、长度为 3 000 mm、消除应力状态的 1 类爆炸复合板标记为:

TA2G/Q235B B1 m 6/30×1 000×3 000 GB/T 8547—2019

## 示例 2:

复材厚度为 2 mm 的 TA1G、基材厚度为 10 mm 的 Q235B 钢生产的宽度为 1 100 mm、长度为 3 500 mm、2 类爆炸-轧制复合板标记为:

TA1G/Q235B BR2 2/10×1 100×3 500 GB/T 8547—2019

## 4.2 化学成分

4.2.1 复材的化学成分应符合 GB/T 3620.1 的规定。

4.2.2 基材的化学成分应符合相应基材标准的规定。

## 4.3 外形尺寸及允许偏差

4.3.1 复合板复材厚度允许偏差应不大于复材名义厚度的±10%，但最大不超过±1.0 mm。

4.3.2 复合板基材厚度允许偏差应不大于基材标准允许正负偏差各减 0.5 mm。

4.3.3 复合板的厚度允许偏差应不大于复材厚度允许偏差与基材厚度允许偏差之和。

4.3.4 复合板的宽度(或直径)和长度允许偏差应符合相应基材标准的规定。

4.3.5 复合板的不平度应符合表 3 的规定。

表 3 不平度

复合板分类	规定厚度范围的不平度	
	厚度≤30 mm	厚度>30 mm
0 类	≤8 mm/m	≤6 mm/m
1 类	≤8 mm/m	≤6 mm/m
2 类	≤15 mm/m	≤15 mm/m

注：基材为锻钢的复合板不平度由双方协商确定。

## 4.4 力学性能

4.4.1 当复材金属不作为设计强度部分时,复合板只做基材拉伸性能试验,试验结果应符合相应基材标准的规定。

4.4.2 当复材金属作为设计强度部分时,复合板的拉伸性能应符合表 4 的规定,其中抗拉强度理论下限值  $R_{mj}$  按式(1)计算。

$$R_{mj} = \frac{t_1 R_{m1} + t_2 R_{m2}}{t_1 + t_2} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$t_1$  ——基材厚度,单位为毫米(mm);

$t_2$  ——复材厚度,单位为毫米(mm);

$R_{m1}$  ——基材抗拉强度标准下限植,单位为兆帕(MPa);

$R_{m2}$  ——复材抗拉强度标准下限植,单位为兆帕(MPa)。

表 4 拉伸性能

抗拉强度 $R_m$ MPa	断后伸长率 $A$ %
大于 $R_{mj}$	不小于复材或基材标准中规定的较低断后伸长率

4.4.3 复合板的剪切强度应符合表 5 的规定。复材厚度小于 1.5 mm 时,可用拉剪试样进行剪切试验;复材厚度不小于 1.5 mm 时,可用剪切试样进行剪切试验。

表 5 剪切强度

复合板分类	剪切强度 $\tau$ MPa
0 类	$\geq 196$
1 类	$\geq 140$
2 类	$\geq 140$

4.4.4 当相应基材标准规定测试冲击性能时,复合板的基材冲击性能要求应符合相应基材标准的规定。

4.5 弯曲性能

复合板的弯曲性能应符合表 6 的规定。在试样弯曲部分的外表面不应产生裂纹,复合界面不应分层。

表 6 弯曲性能

弯曲类别	弯曲角 $\alpha$ (°)	弯曲直径 $D$ mm
内弯曲	180	按基材标准的规定执行,不够 2 倍时按 2 倍执行
外弯曲	105	复合板厚度的 3 倍
注: 基材为锻制品或复合板作为管板使用时,不进行弯曲试验。		

4.6 结合面积

复合板的结合面积应符合表 7 的规定。

表 7 结合面积

复合板分类	0 类	1 类	2 类
结合面积	面积结合率为 100%,但不包括不大于 25 mm 的起爆点缺陷	面积结合率大于 98%;单个不结合区的长度不大于 75 mm,其面积不大于 45 cm <sup>2</sup>	面积结合率大于 95%;单个不结合区面积不大于 60 cm <sup>2</sup>

## 4.7 复合板的修复

4.7.1 除非另有规定,对于复材和基材表面的非穿透性缺陷可采用焊接方法修复。

4.7.2 焊接修复区域应进行渗透检测和超声检测,渗透检测结果应符合 NB/T 47013.5—2015 表 6 中 II 级的规定,超声检测结果应符合 4.6 的要求。

4.7.3 焊接修复区域的位置、范围和检测结果应作为质量证明书的一部分提交给需方。

## 4.8 表面质量

4.8.1 复合板以喷砂、酸洗或抛光表面交货。

4.8.2 复合板复材的表面不应有裂纹、起皮、压折、金属或非金属夹杂物等缺陷,允许有不超出复材厚度公差之半的划伤、凹坑、压痕等缺陷。

4.8.3 允许沿加工方向清除复材表面的局部缺陷,但清理后复材的厚度不得小于其最小允许厚度。

## 5 试验方法

5.1 复材化学成分的仲裁分析按 GB/T 4698 的规定进行,基材化学成分的仲裁分析按 GB/T 223 的规定进行。

5.2 复材厚度允许偏差按 GB/T 6396 进行,厚度应在距顶角不小于 100 mm 和距边部不小于 20 mm 部位进行测量,其他尺寸允许偏差采用相应精度的量具进行。

5.3 复合板的拉伸性能、剪切强度和弯曲性能按 GB/T 6396 进行。

5.4 复合板的结合面积按附录 A 的规定进行,超出附录 A 时双方协商。

5.5 复合板的表面质量用目视检验。

5.6 渗透检测按 NB/T 47013.5—2015 进行。

5.7 射线检测按 NB/T 47013.2—2015 进行。

## 6 检验规则

### 6.1 检查和验收

6.1.1 产品应由供方进行检验,并保证产品质量符合本标准的要求。

6.1.2 需方应对收到的产品按本标准的规定进行复验。复验结果与本标准及订货单(或合同)的规定不符时,应以书面形式向供方提出,由供需双方协商解决。属于外形尺寸及表面质量的异议,应在收到产品之日起一个月内提出,属于其他性能的异议,应在收到产品之日起三个月内提出。如需仲裁,应由供需双方协商确定。

### 6.2 组批

复合板应成批提交验收,每批应由同一牌号(复材和基材)、类别、规格(复材和基材)、状态、加工工艺的产品组成。对于大批量供货时,组批方式可由供需双方协商确定。

### 6.3 检验项目

每批产品的检验项目应符合表 8 的规定。

表 8 产品检验项目

检验项目	复合板代号						
	B0	B1	B2	BR1	BR2	R1	R2
外形尺寸及允许偏差	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
拉伸性能	▲	△	△	▲	△	▲	△
剪切强度	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△
内弯曲	▲	▲	△	△	△	△	△
外弯曲	△	△	×	△	×	△	×
结合面积	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
表面质量	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

注：“▲”表示必检项目，“△”表示当需方要求并在合同中注明时的检验项目，“×”表示不检项目。

#### 6.4 取样位置与取样数量

- 6.4.1 复材的化学成分以原铸锭的化学成分或原板材合格证报出,基材的化学成分按原合格证报出。
- 6.4.2 复合板的外形尺寸及允许偏差应逐张进行检查,复材厚度的测量允许每批取一张板材进行。
- 6.4.3 复合板的拉伸性能和剪切强度应从每批产品中任取一张,按测试项目各取一个横向试样(剪切试样不做规定)。允许从同一生产周期、同一工艺的试板或余料中切取试样。
- 6.4.4 复合板的弯曲性能检验从每批产品中任取一张,取一个横向试样。允许从同一生产周期、同一工艺的试板或余料中切取试样。
- 6.4.5 复合板的结合面积应逐张进行检验,检验位置应符合表 9 的规定。
- 6.4.6 复合板的表面质量应逐张进行检查。

表 9 结合面积检验位置

复合板分类	0类和1类	2类
检验位置	全面探伤	周边按 50 mm 宽的范围内连续探伤,其余沿 200 mm 距离的网格探伤,但起爆点应进行探伤

#### 6.5 检验结果的判定

- 6.5.1 化学成分检验结果不合格时,允许对不合格元素进行一次重复检验。若重复检验仍不合格,则判该批产品不合格。
- 6.5.2 拉伸性能、剪切强度和弯曲性能检验中,如果有一个试样的检验结果不合格,则从该批产品上取双倍数量的试样进行该不合格项的重复检验。若重复检验仍有一个试样不合格,判该批产品不合格。但允许供方逐张对不合格项进行检验,合格者重新组批。
- 6.5.3 外形尺寸及允许偏差、结合面积和表面质量检验结果不合格时,判单张不合格。

### 7 交货重量

- 7.1 复合板均按理论重量交货。

7.2 复合板的理论重量按复材和基材的厚度、复合板的长度和宽度计算。1 mm 厚的钛板和钢板的理论重量分别为 4.51 kg/m<sup>2</sup> 和 7.85 kg/m<sup>2</sup>。

## 8 标志、包装、运输、贮存及质量证明书

### 8.1 产品标志

在检验合格的产品上应做如下标志(或贴标签):

- a) 供方名称或代号;
- b) 产品牌号、规格和状态;
- c) 产品批号;
- d) 复合板的起爆点(当需方要求并在合同中注明时)。

### 8.2 包装、运输和贮存

8.2.1 复合板采用裸装。复材两面相对,中间衬以防潮纸,外部用金属丝捆紧。对包装有特殊要求时由供需双方协商。

8.2.2 产品在运输和贮存时要防止碰撞、受潮和活性化学物品的侵蚀。

### 8.3 质量证明书

每批产品应附有与本批产品相符的质量证明书,其上注明:

- a) 供方名称或代号;
- b) 产品名称或代号;
- c) 产品牌号(复材和基材)、规格和状态;
- d) 产品的批号及基材批号、复材炉号;
- e) 批重和件数;
- f) 各项分析检验结果及检验部门的印记;
- g) 本标准编号;
- h) 包装日期。

## 9 订货单(或合同)内容

订购本标准所列材料的订货单(或合同)应包括下列内容:

- a) 产品名称;
- b) 牌号;
- c) 状态;
- d) 尺寸规格;
- e) 重量或张数;
- f) 本标准编号;
- g) 增加本标准以外内容时的协商结果。

附 录 A  
(规范性附录)  
钛-钢复合板的超声检测方法

### A.1 范围

本方法是以钢为基材,钛为复材,总厚度大于 4 mm,多层复合的爆炸、爆炸-轧制和轧制复合板的超声检测方法。

### A.2 一般要求

#### A.2.1 目的

主要用于探测复合板的复材与基材之间的贴合程度。

#### A.2.2 方法类别

本标准规定采用纵波脉冲反射法(或多次脉冲反射法)进行超声检测。接触法或水浸法均可使用。

#### A.2.3 对探伤人员的要求

探伤操作人员应达到部级或与此相当的学会 I 级及以上无损检测人员水平;签发及解释检验报告人员应达到部级或与此相当的学会 II 级及以上无损检测人员水平。

#### A.2.4 探伤表面

A.2.4.1 复合板表面不得有影响探伤的氧化皮、油污及锈蚀等其他污物。

A.2.4.2 探伤表面粗糙度  $Ra$  应不大于  $5\ \mu\text{m}$ 。

A.2.4.3 在规定的探伤灵敏度下,材料的噪声电平不大于 5%。

### A.3 探伤设备

#### A.3.1 探伤仪器

使用脉冲反射式超声波探伤仪。探伤仪应符合 JB/T 10061 中规定的技术性能指标。

#### A.3.2 探头

A.3.2.1 使用晶片为圆柱形或矩形的直探头。也可使用双晶探头。

A.3.2.2 圆柱形晶片尺寸一般为  $\Phi 10\ \text{mm}\sim\Phi 30\ \text{mm}$ ,矩形晶片尺寸可选用长(15 mm~30 mm)×宽(10 mm~20 mm),频率为 2 MHz~5 MHz。

#### A.3.3 耦合剂

接触法探伤时,可采用清洁的自来水作耦合剂,也可使用机油、溶性油等其他物质。

#### A.3.4 对比试块

A.3.4.1 对比试块应采用与被探复合板的材料厚度、声学性能和表面状态相同或相似的复合板材料

制成。

A.3.4.2 对比试块 A 及试块 B 的形式及尺寸如图 A.1 所示。

#### A.4 探伤

##### A.4.1 探伤面的选择

根据被探板材表面状态、复材厚度、声阻抗及外观形状,决定从复材面或从基材面进行探测。

##### A.4.2 探伤灵敏度

A.4.2.1 探伤灵敏度根据被探板材的复层厚度调节。

A.4.2.2 复层厚度较大时,按如下要求利用对比试块调节探伤灵敏度:

单位为毫米

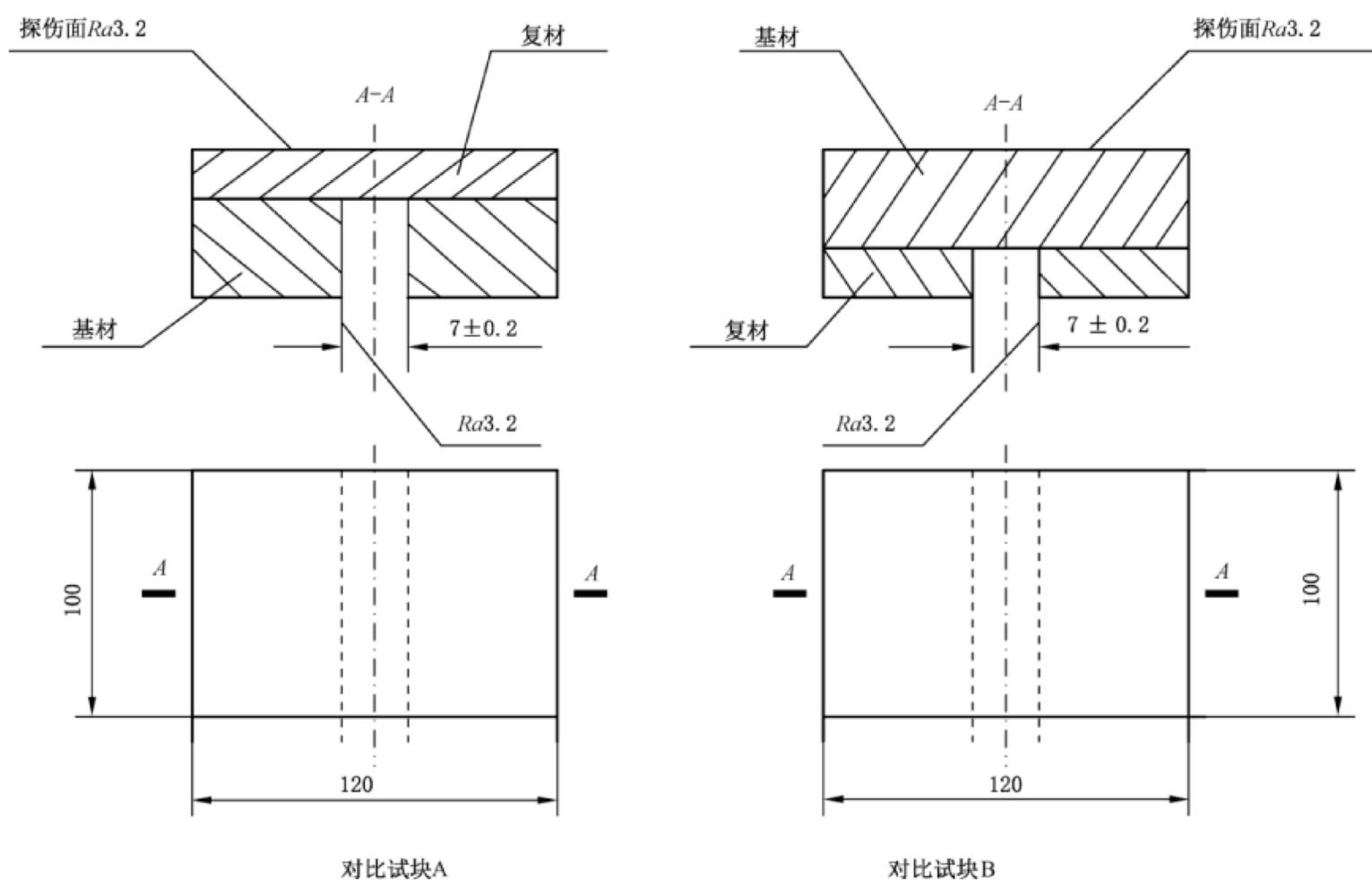


图 A.1 对比试块的形式

- 从复材面探测时,将探头置于对比试块 A 的缺陷部位,缺陷反射波出现在荧光屏上,将其幅度调至荧光屏满刻度的 80%。
- 从基材面探测时,将探头置于对比试块 B 的缺陷中心部位,使缺陷反射波出现在荧光屏上,将其幅度调至荧光屏满刻度的 80%。

A.4.2.3 复层厚度较小时,利用底波采用多次脉冲反射法调节探伤灵敏度。将探头置于被检板材的完全结合部位,使探伤仪荧光屏水平基线出现至少三次底面回波,将三次底面回波的幅度调至荧光屏满刻度的 80%。

##### A.4.3 非贴合区的确定

###### A.4.3.1 非贴合区的定义

在探测过程中,若出现始脉冲信号增宽底脉冲消失或缺陷脉冲的增宽增高前移时,则该区域为非贴

合区。

#### A.4.3.2 非贴合区的判定

当从复材面探测时,若来自基材底面的反射回波完全消失,并伴随有来自复材与基材交界面的重复反射信号时,则该部位可以认为是非贴合区。

当从基材面探测时,若来自复材底面的反射回波完全消失,并伴随有来自基材与复材交界面的反射信号(即缺陷波)时,则该部位可以认为是非贴合区。

#### A.4.3.3 非贴合区的范围

将一次底面回波或一次缺陷回波波高调至荧光屏满刻度的 80%,随着探头任意移动方位,底面反射波或缺陷波下降至 40%时,就是非贴合区的范围。

非贴合区的宽度和长度如图 A.2 所示。

测定探头移动的距离,晶片中心移动距离  $L$  即为非贴合区的长度或宽度。

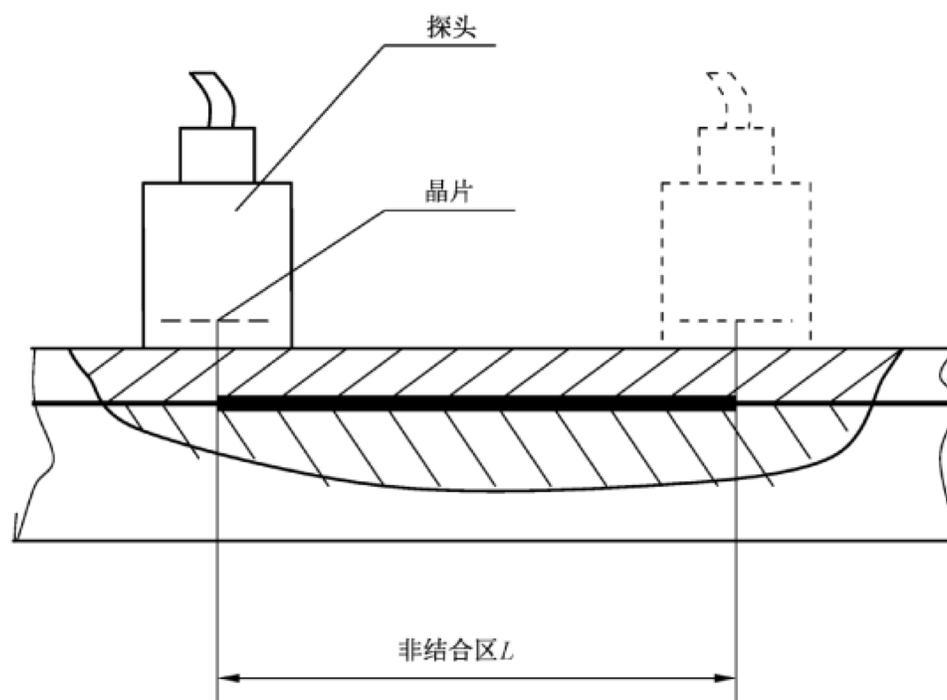


图 A.2 非结合区范围示意图

#### A.4.4 探伤灵敏度的校正

在探伤过程中,由于某种原因的影响,底面回波或缺陷回波的高度与 A.4.2.2、A.4.2.3 的调试状态不同时,可校正探伤仪灵敏度,使底面回波或缺陷回波幅度达到荧光屏满幅度的 80%。

#### A.4.5 探伤速度

手动探测时,探头扫查速度不得超过 100 mm/s。

#### A.4.6 缺陷记录

A.4.6.1 对于扫查中发现的底面回波低于 50%(不包括因表面状态所造成的接触不良所引起的降低)的连续或不连续点进行记录,并以相应的几何图形在板面上表示,并计算其面积。对于基材或复材因其内部缺陷造成的底面回波的降低应不予考虑。

A.4.6.2 非贴合区面积的计算采用近似计算。

A.4.6.3 贴合率按式(A.1)计算:

$$t = \frac{S - S_F}{S} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

$t$  ——贴合率；

$S$  ——复合板总面积,单位为平方厘米( $\text{cm}^2$ )；

$S_F$  ——非贴合区总面积,单位为平方厘米( $\text{cm}^2$ )。

A.4.6.4 非贴合率按式(A.2)计算：

$$f = \frac{S_F}{S} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

$f$  ——非贴合率；

$S_F$  ——非贴合区总面积,单位为平方厘米( $\text{cm}^2$ )；

$S$  ——复合板总面积,单位为平方厘米( $\text{cm}^2$ )。

#### A.4.7 探测报告

A.4.7.1 对探伤情况做好详细记录,并填写探伤报告。

A.4.7.2 探伤报告包括：

- a) 委托单位、委托日期、委托编号、合同号、材料名称、规格、状态、类别及探伤条件；
  - b) 非贴合区的大小及位置；
  - c) 未探测的区域；
  - d) 应该说明的各种情况；
  - e) 探伤日期；
  - f) 探伤人员签名或盖章。
-