

结构用不锈钢复合板焊接技术规程

Technical specification for welding of stainless steel clad plates for structures

目 次

| | | |
|------|-------------------|------|
| 1 | 总 则 | (1) |
| 2 | 术语和符号 | (2) |
| 2.1 | 术 语 | (2) |
| 2.2 | 符 号 | (3) |
| 3 | 基本规定 | (4) |
| 4 | 材 料 | (5) |
| 5 | 焊接工艺评定 | (7) |
| 5.1 | 一 般 规 定 | (7) |
| 5.2 | 焊接工艺评定替代规则 | (7) |
| 5.3 | 重新进行焊接工艺评定的规定 | (8) |
| 5.4 | 焊接工艺评定试验要求 | (10) |
| 5.5 | 焊接工艺评定试件取样要求 | (11) |
| 5.6 | 焊接工艺评定试件检测试样的制样要求 | (15) |
| 5.7 | 焊接工艺评定合格标准 | (19) |
| 6 | 焊接工艺 | (24) |
| 6.1 | 母 材 准 备 | (24) |
| 6.2 | 焊接材料要求 | (25) |
| 6.3 | 焊接接头的装配要求 | (29) |
| 6.4 | 定位焊与临时焊缝 | (29) |
| 6.5 | 焊 接 环 境 | (30) |
| 6.6 | 衬 垫 | (30) |
| 6.7 | 引弧板和引出板 | (30) |
| 6.8 | 预热和道间温度控制 | (30) |
| 6.9 | 焊接工艺技术要求 | (31) |
| 6.10 | 焊接变形的控制和矫正 | (32) |
| 6.11 | 焊 缝 清 理 | (33) |
| 6.12 | 返 修 焊 | (33) |
| 6.13 | 焊后热处理 | (34) |
| 7 | 焊接检验 | (35) |
| 7.1 | 一 般 规 定 | (35) |
| 7.2 | 焊缝外观检测 | (36) |
| 7.3 | 焊缝无损检测 | (37) |

| | |
|------------------------------|------|
| 附录 A 不锈钢复合板焊接工艺评定报告格式..... | (40) |
| 附录 B 不锈钢复合板焊接接头射线检测缺欠评定..... | (46) |
| 附录 C 超声检测固定回波幅度测长..... | (48) |

1 总 则

1.0.1 为在结构用不锈钢复合板焊接中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、质量可靠、技术先进、经济合理、节能环保，特制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工业或民用结构工程中以不锈钢为复层、以碳钢或低合金钢为基层的基层厚度不小于 3mm 的不锈钢复合板、管的焊接。

1.0.3 本规程适用的焊接方法包括焊条电弧焊、非熔化极气体保护电弧焊、熔化极气体保护电弧焊、埋弧焊及其他适宜焊接方法。

1.0.4 结构用不锈钢复合板的焊接除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 不锈钢复合板 stainless steel clad plates

以碳钢或低合金钢为基层，采用爆炸法、轧制法或其他方法，在其一面或两面整体连续包覆一定厚度不锈钢层的复合材料。

2.1.2 不锈钢复合管 stainless steel clad pipes

基层采用碳钢或低合金钢带，复层采用不锈钢带，紧密包覆连续成型的钢管。

2.1.3 基层 base metal

复合板、管中主要承受载荷的碳钢或低合金钢。

2.1.4 复层 cladding metal

复合板、管中接触工作介质和大气环境的不锈钢。

2.1.5 复合界面 compound contact interface

复层和基层之间的分界面。

2.1.6 过渡层 buttering

为防止基层成分对复层焊缝金属的不利影响，在焊接复层焊缝金属前预先在基层焊缝金属表面焊接的一层特殊成分的金属层。

2.1.7 焊缝成形系数 form factor of welds

单道焊缝横截面上焊缝宽度和焊缝计算厚度的比值。

2.1.8 角接和对接组合焊缝 reinforcing fillet welds

由对接焊缝和角焊缝组合而成的焊缝，通常指全熔透或部分熔透的 T 形接头或十字接头的焊缝。

2.2 符 号

B ——焊缝宽度；
 C ——焊缝余高；
 D ——管外径；
 P ——焊缝坡口钝边高度；
 R_m ——不锈钢复合板的抗拉强度；
 H ——焊缝坡口深度；
 b ——焊缝坡口根部间隙；
 h_e ——焊喉尺寸；
 h_f ——焊脚尺寸；
 a ——缺欠长度或裂纹长度；
 d ——缺欠深度或裂纹深度；
 t ——板厚或壁厚；
 α ——焊缝坡口角度；
 δ ——弯曲试样厚度；
 Δ ——对接焊缝错边量。

3 基本规定

3.0.1 承担结构用不锈钢复合板焊接工程的施工单位应符合下列规定：

- 1 具有相应的焊接质量管理体系和技术标准；
- 2 具有相应资格的焊接从业人员；
- 3 具有与所承担的焊接工程相适应的焊接设备、检验和试验设备；
- 4 检验仪器、仪表应经计量检定、校准合格且在有效期内。

3.0.2 结构用不锈钢复合板焊接从业人员的技术工作应符合下列规定：

- 1 焊接技术人员应负责组织进行焊接工艺评定，编制焊接工艺方案、焊接作业指导书或焊接工艺卡，处理施工过程中的焊接技术问题；
- 2 焊接检验人员应对焊接作业进行全过程的检测和控制，并出具检验报告；
- 3 无损检测人员应按设计文件或相关技术要求规定的检测方法和标准，对受检部位进行无损检测，并出具检测报告；
- 4 焊工应按照焊接工艺文件的要求施焊；
- 5 焊接热处理人员应按照热处理作业指导书及相应的操作规程进行作业。

3.0.3 结构不锈钢复合板焊接从业人员的资格应符合下列规定：

- 1 焊接技术人员应具备相应的技术能力，宜有一年以上焊接生产或施工实践经验；
- 2 焊接检验人员应具备相应的技术能力，宜按照现行中国工程建设标准化协会标准《钢结构焊接从业人员资格认证标准》T/CECS 331 要求取得焊接检验人员资格证书；
- 3 无损检测人员应持有符合现行国家标准《无损检测 人员资格鉴定与认证》GB/T 9445 规定的资格证书，并在资格证书范围内从事无损检测相关工作；无损检测的审核人员宜持有符合现行国家标准《无损检测人员资格鉴定与认证》GB/T 9445 规定的 3 级资格证书；
- 4 焊工应根据不锈钢复合板的钢材种类、焊接接头形式、焊接方法、焊接位置等，按照现行中国工程建设标准化协会标准《钢结构焊接从业人员资格认证标准》T/CECS 331 的要求取得焊工资格证书，并在资格证书覆盖范围内施焊；
- 5 焊接热处理人员应具备相应的技术能力、掌握用电安全知识并严格执行相关安全作业规定。

4 材 料

4.0.1 结构用不锈钢复合板及其焊接材料应符合设计文件要求，并应具有钢厂或焊接材料厂出具的产品质量证明书或检验报告，其化学成分、力学性能和其他质量要求应符合国家现行有关标准的规定。

4.0.2 结构用不锈钢复合板及其焊接材料的化学成分、力学性能等质量要求的复验应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205 的规定。

4.0.3 结构中使用的不锈钢复合板应符合现行国家标准《不锈钢复合钢板和钢带》GB/T 8165、《结构用不锈钢复合管》GB/T 18704 等标准的有关规定，常用的不锈钢复合板材料宜符合表 4.0.3 的规定。

表 4.0.3 常用不锈钢复合板材料

| 基层材料 | | | | 复层材料 |
|--------------------------------------|--|--|--|---|
| GB/T 700、GB/T 1591 标准钢材 | GB/T 19879 标准钢材 | GB/T 714 标准钢材 | GB/T 4171 标准钢材 | GB/T 3280、GB/T 4237 标准钢材 |
| Q235 Q275 | Q235GJ | - | Q235NH Q265GNH Q295NH Q295GNH | 06Cr19Ni10 022Cr19Ni10 06Cr17Ni12Mo2 022Cr17Ni12Mo2 06Cr17Ni12Mo3 022Cr17Ni12Mo3 |
| Q355 | Q345GJ | Q345q Q370q Q345qNH Q370qNH | Q310GNH Q355NH Q355GNH | 06Cr18Ni11Ti 06Cr25Ni20 022Cr23Ni5Mo3N 022Cr25Ni7Mo4N 022Cr19Ni5Mo3Si2N |
| Q390 Q420 | Q390GJ Q420GJ | Q420q Q420qNH | Q415NH | 06Cr13 06Cr13Al 1Cr13 |
| Q460 Q500 Q550 Q620 Q690 | Q460GJ Q500GJ Q550GJ Q620GJ Q690GJ | Q460q Q500q Q550q Q620q Q690q Q460qNH Q500qNH Q550qNH | Q460NH Q500NH Q550NH | |

4.0.4 选用的不锈钢复合板应具备完善的焊接性资料、指导性焊接工艺、热加工工艺参数及相应焊接接头性能数据等资料。

4.0.5 焊接材料应由焊接材料生产厂提供熔敷金属化学成分、性能鉴定资料及指导性焊接工艺参数。

4.0.6 焊条应符合现行国家标准《不锈钢焊条》GB/T 983、《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117、《热强钢焊条》GB/T 5118 和《高强钢焊条》GB/T 32533 的有关规定。

4.0.7 气体保护焊丝应符合现行国家标准《不锈钢焊丝和焊带》GB/T 29713、《不锈钢药芯焊丝》GB/T 17853、《熔化焊用钢丝》GB/T 14957、《熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝》GB/T 8110、《钨极惰性气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝》GB/T 39280 及《非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝》GB/T 10045、《热强钢药芯焊丝》GB/T 17493 和《高强钢药芯焊丝》GB/T 36233 的有关规定。

4.0.8 埋弧焊用焊丝和焊剂应符合现行国家标准《埋弧焊用不锈钢焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 17854、《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 5293、《埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 12470、《埋弧焊用高强度钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》GB/T 36034 和《埋弧焊和电渣焊用焊剂》GB/T 36037 的有关规定。

4.0.9 气体保护焊使用的氩气、二氧化碳及混合气体应符合现行国家标准《焊接与切割用保护气体》GB/T 39255 的有关规定。

4.0.10 不锈钢复合板基层的焊接材料宜按下列原则选用：

1 基层材料为同种碳钢或低合金钢时，选用焊接材料熔敷金属的力学性能应不低于基层材料标准规定的下限值或设计文件要求；

2 基层材料为异种碳钢或低合金钢时，选用焊接材料熔敷金属的力学性能应不低于两种基层材料标准规定下限值的较低者，且不高于两种基层材料标准规定上限值的较高者，或满足设计文件要求；

3 基层材料有耐候、耐火等其他功能性指标要求时，选用焊接材料熔敷金属的功能性指标应不低于基层材料标准规定下限值或设计文件要求。

4.0.11 不锈钢复合板复层的焊接材料宜按下列原则选用：

1 复层材料为同种奥氏体不锈钢或同种双相不锈钢时，焊接材料熔敷金属中 Cr、Ni 等主要合金元素含量应不低于复层材料标准规定的下限值；

2 复层材料为异种奥氏体不锈钢或异种双相不锈钢时，焊接材料熔敷金属中 Cr、Ni 等主要合金元素含量应不低于两种复层材料标准规定下限值的较低者；

3 复层材料分别奥氏体不锈钢和双相不锈钢时，焊接材料熔敷金属中 Cr、Ni 等主要合金元素含量应不低于双相不锈钢复层材料标准规定的下限值；

4 复层材料为马氏体不锈钢或铁素体不锈钢时，宜选用与复层材料组织相匹配的焊接材料或奥氏体不锈钢焊接材料；

5 复层材料分别为奥氏体不锈钢和马氏体不锈钢或铁素体不锈钢时，焊接材料熔敷金属中 Cr、Ni 等主要合金元素含量应不低于奥氏体不锈钢复层标准规定的下限值。

6 对于有晶间腐蚀性能要求的焊接接头，宜采用熔敷金属中含有 Nb、Ti 等稳定化元素的焊接材料，或熔敷金属含碳量小于 0.04% 的焊条或药芯焊丝，或熔敷金属含碳量小于 0.03% 的实心焊丝。

4.0.12 不锈钢复合板过渡层的焊接材料宜按下列原则选用：

1 复层材料为奥氏体不锈钢或分别为奥氏体不锈钢和马氏体不锈钢或铁素体不锈钢时，宜选用 Cr25Ni13 型不锈钢焊接材料；复层为含 Mo 奥氏体不锈钢或基层材料含 Mo 时，宜选用 Cr25Ni13Mo 型不锈钢焊接材料；

2 复层材料为双相不锈钢或分别为双相不锈钢和奥氏体不锈钢时，复层焊接材料可用于过渡层焊接；

3 复层材料为铁素体不锈钢或马氏体不锈钢时，可用于铁素体不锈钢焊接材料或 Cr25Ni13 型、Cr25Ni20 型奥氏体不锈钢焊接材料。

5 焊接工艺评定

5.1 一般规定

- 5.1.1** 施工单位首次采用的不锈钢复合板材料、焊接材料、焊接方法、接头形式、焊接位置、热处理等各种参数的组合条件，应在构件制作及安装施工之前进行焊接工艺评定。
- 5.1.2** 施工单位应根据所承担不锈钢复合板结构的节点形式、钢材类型、规格，采用的焊接方法，焊接位置等，制订焊接工艺评定方案，拟定相应的焊接工艺评定指导书。焊接工艺评定试件的施焊和送检应在第三方机构或监理单位的全程见证下进行。焊接工艺评定试件由第三方检测机构进行检测，并出具检测报告；由焊接工艺评定单位或第三方检验机构根据检测结果及本规程的相关规定出具焊接工艺评定报告。
- 5.1.3** 焊接工艺评定的环境应反映工程施工现场的条件。
- 5.1.4** 焊接工艺评定中的焊接电流、焊接电压、焊接速度，预热、后热等施焊参数，应根据不锈钢复合板基层材料和复层材料的焊接性制订。
- 5.1.5** 焊接工艺评定所用设备、仪表的性能应处于正常工作状态，焊接工艺评定所用的不锈钢复合板材料、焊接材料等应覆盖实际工程所用材料。
- 5.1.6** 焊接工艺评定试件应由该工程施工单位中具有相应技术能力的焊接人员施焊。
- 5.1.7** 焊接工艺评定所用的焊接方法和焊接位置分类代号应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 的要求。焊接接头的形式宜符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 和《不锈钢复合板焊接技术要求》GB/T 13148 的要求。
- 5.1.8** 焊接工艺评定结果不合格时，可从原焊接工艺评定试件上就不合格试验项目重新加倍取样进行试验。如还不能达到合格标准，应分析原因，制订新的焊接工艺评定方案，按原步骤重新评定，直到合格为止。
- 5.1.9** 焊接工艺评定文件应包括焊接工艺评定报告、焊接工艺评定指导书、焊接工艺评定记录、焊接工艺评定结果等，宜采用本规程附录 A 的格式。
- 5.1.10** 不锈钢复合板的焊接工艺应按工程项目进行评定。

5.2 焊接工艺评定替代规则

- 5.2.1** 不同焊接方法的评定结果不应互相替代。不同焊接方法组合焊接可用相应板厚的单种焊接方法评定结果替代，但弯曲试样、接头拉伸试样的切取位置应涵盖不同的焊接方法。
- 5.2.2** 不同牌号的不锈钢复合板焊接工艺评定结果不应互相替代；同种牌号、不同制造方法或不同供货状态的不锈钢复合板焊接工艺评定结果不应互相替代；同种牌号、相同制造方法、相同供货状态的不锈钢复合板中，基层材料质量等级高的复合板评定结果可替代质量等级低的复合板。
- 5.2.3** 接头形式和坡口形式变化时应重新评定。板十字接头的评定结果可替代板 T 形接头评定结果，管十字接头的评定结果可替代管 T 形接头评定结果；全熔透或部分熔透的对接接头、T 形或十字接头角接与对接组合焊缝评定结果可替代角焊缝评定结果。
- 5.2.4** 对接接头、全熔透或部分熔透的 T 形接头或十字接头评定合格的试件厚度在工程中适用的厚度范围应符合表 5.2.4 的规定。
- 5.2.5** T 形接头或十字接头角焊缝，应根据焊脚尺寸选择翼板、腹板厚度组合，试板厚度应符合

表 5.2.5 的规定。

表 5.2.4 评定合格的试件厚度与工程适用的厚度范围

| 评定合格试件的板厚或壁厚 t (mm) | 工程适用厚度范围 | |
|--------------------------|-------------------|----------|
| | 板厚或壁厚最小值 | 板厚或壁厚最大值 |
| $t \leq 16$ | $0.5t$, 且不小于 3mm | $1.5t$ |
| $16 < t \leq 25$ | $0.75t$ | $1.5t$ |
| $25 < t \leq 80$ | $0.75t$ | $1.3t$ |
| $t > 80$ | $0.75t$ | 不限 |

- 注: 1 t 为不锈钢复合板的板厚或不锈钢复合管的壁厚, 包括基层厚度和复层厚度;
2 当复层厚度变化超过 1mm 时, 应重新进行焊接工艺评定。

表 5.2.5 T 形接头或十字接头角焊缝焊脚尺寸和翼板、腹板厚度组合

| 序号 | 焊脚尺寸 (mm) | 试板厚度 (mm) | |
|----|-----------|-----------|-------|
| | | 腹板 | 翼板 |
| 1 | 6.5×6.5 | 8~12 | 12~16 |
| 2 | 8×8 | 10~16 | 16~24 |
| 3 | 10×10 | 14~24 | 20~40 |
| 4 | 12×12 | ≥20 | ≥28 |

5.2.5 评定合格的不锈钢复合管接头, 壁厚的覆盖范围应符合本规程第 5.2.4 条的规定, 直径的覆盖范围应符合下列规定:

- 1 外径小于 600mm 的管材, 其直径覆盖范围不应小于工艺评定试验管材的外径;
- 2 外径不小于 600mm 的管材, 其直径覆盖范围不应小于 600mm;
- 3 板材对接与外径不小于 600mm 的相应位置管材对接的焊接工艺评定可互相替代。

5.2.6 不同焊接位置的评定结果不应互相替代。

5.2.7 有衬垫与无衬垫的接头焊接工艺评定结果不应互相替代; 不同材质衬垫的评定结果不应互相替代。

5.2.8 预热温度比评定合格的预热温度增加或降低 20°C 以上应重新评定。

5.2.9 有无焊后热处理的焊接工艺评定结果不应互相替代。

5.3 重新进行焊接工艺评定的规定

5.3.1 当坡口尺寸发生以下变化时应重新评定:

- 1 坡口角度减少 10° 以上;
- 2 熔透焊缝的钝边增大 2mm 以上;
- 3 无衬垫的根部间隙变化 2mm 以上;
- 4 有衬垫的根部间隙变化超出 -2mm~+6mm 以上。

5.3.2 焊条电弧焊, 下列条件之一发生变化时, 应重新进行工艺评定:

- 1 焊条型号改变;
- 2 焊条规格改变;
- 3 焊接电流种类和极性改变;
- 4 多道焊和单道焊的改变;
- 5 清根焊改为不清焊根;
- 6 立焊方向改变;
- 7 立焊时, 不摆动焊接改为摆动焊接;

- 8 焊接实际采用的电流值、电压值的变化超出焊条产品说明书的推荐范围。
- 5.3.3 非熔化极气体保护焊，下列条件之一发生变化时，应重新进行工艺评定：**
- 1 单一保护气体种类的变化；混合保护气体的气体种类和混合比例的变化；
 - 2 保护气体流量增加 25%以上，或减少 10%以上；
 - 3 添加焊丝或不添加焊丝的改变；
 - 4 单丝与多丝的改变；
 - 5 焊丝型号和规格的改变；
 - 6 焊接电流种类和极性改变；
 - 7 立焊方向改变；
 - 8 立焊时，不摆动焊接改为摆动焊接；
 - 9 多道焊和单道焊的改变；
 - 10 实际采用的电流值和焊接速度的变化分别超过评定合格值的 25%和 50%；
 - 11 焊枪摆动幅度超过评定合格值的±20%。
- 5.3.4 熔化极气体保护焊，下列条件之一发生变化时，应重新进行工艺评定：**
- 1 焊丝型号的改变；
 - 2 单丝与多丝的改变；
 - 3 焊丝直径的改变；
 - 4 单一保护气体种类的变化；混合保护气体的气体种类和混合比例的变化；
 - 5 保护气体流量增加 25%以上，或减少 10%以上；
 - 6 立焊方向改变；
 - 7 立焊时，不摆动焊接改为摆动焊接；
 - 8 焊接电流种类和极性改变；
 - 9 多道焊和单道焊的改变；
 - 10 清焊根改为不清焊根。
 - 10 熔滴颗粒过渡与短路过渡的变化；
 - 12 焊接电流值、电压值和焊接速度的变化分别超过评定合格值的 10%、7%和 10%；
 - 13 焊枪摆动幅度超过评定合格值的±20%。
- 5.3.5 埋弧焊，下列条件之一发生变化时，应重新进行工艺评定：**
- 1 焊丝与焊剂型号改变；
 - 2 焊丝规格改变；
 - 3 单丝与多丝的改变；
 - 4 实心焊丝、金属芯焊丝与药芯焊丝的改变；
 - 5 添加与不添加冷丝的改变；
 - 6 焊接电流种类和极性的改变；
 - 7 焊接电流值、电压值和焊接速度变化分别超过评定合格值的 10%、7%和 15%；
 - 8 清焊根改为不清焊根。

5.4 焊接工艺评定试验要求

5.4.1 对接接头焊接工艺评定试验的试样种类和数量应符合表 5.4.1 的规定，试验应包括以下内容：

- 1 外观检测；
- 2 无损检测；
- 3 接头拉伸及焊缝金属拉伸试验；
- 4 冲击试验；
- 5 横向弯曲试验或纵向弯曲试验；
- 6 宏观金相及硬度试验；

表 5.4.1 对接接头焊接工艺评定试样种类和数量

| 板厚 t (mm) | 外观 检测 | 无损 检测 | 试样数量 (个) | | | | | | | |
|----------------|----------|----------|-----------------------|----|-----------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | 宏观 金相 ^a | 硬度 | 接头 拉伸 ^b | 焊缝金 属拉伸 ^c | 侧弯 ^d | 面弯 ^d | 背弯 ^d | 冲击 ^e |
| $t < 14$ | 要 | 要 | 3 或 1 | 1 | 2 | 1 | / | 2 | 2 | 焊缝中心 3、热影响区 3 |
| $t \geq 14$ | 要 | 要 | 3 或 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | / | / | 焊缝中心 3、热影响区 3 |

注：a 部分熔透对接接头应进行 3 个宏观金相试验，全熔透对接接头应进行 1 个宏观金相试验；

b 外径不大于 76mm 的管对接试件应增加全截面拉伸试验，试样数量为 2 个；

c 板厚小于 12mm 的全熔透对接焊缝和焊缝有效厚度小于 12mm 的部分熔透对接焊缝可不进行焊缝金属拉伸试验；

d 当母材之间或母材和焊缝金属之间存在明显差异时，可用纵向弯曲试验代替横向弯曲试验；

e 当对接接头的基层材料为异种材料时，冲击试样应在焊缝中心和两侧热影响区分别取 3 个试样。

5.4.2 T 形接头焊接工艺评定试验的试样种类和数量应符合表 5.4.2 的规定，试验应包括以下内容：

- 1 外观检测；
- 2 无损检测；
- 3 焊缝金属拉伸试验；
- 4 冲击试验；
- 5 宏观金相及硬度试验。

表 5.4.2 T 形接头焊接工艺评定试样种类和数量

| | 外观 检测 | 无损 检测 | 试样数量 (个) | | | |
|-------------|----------|----------|----------|----|---------------------|-----------------|
| | | | 宏观金相 | 硬度 | 焊缝金属拉伸 ^a | 冲击 ^b |
| 板 T 形、斜 T 形 | 要 | 要 | 2 | 1 | 1 | 焊缝中心 3、热影响区 3 |
| 管 T、K、Y 形 | 要 | 要 | 4 | 1 | / | 焊缝中心 3、热影响区 3 |

注：a 焊缝有效厚度不大于 8mm 的 T 形接头可不进行焊缝金属拉伸试验；

b 角接与对接组合的全熔透 T 形接头，当不开坡口侧的板厚或壁厚不小于 28mm 时，应进行冲击试验。

5.4.3 十字接头焊接工艺评定试验的试样种类和数量应符合表 5.4.3 的规定，试验应包括以下内容：

- 1 外观检测；
- 2 无损检测；
- 3 接头拉伸及焊缝金属拉伸试验；

- 4 冲击试验；
- 5 宏观金相及硬度试验。

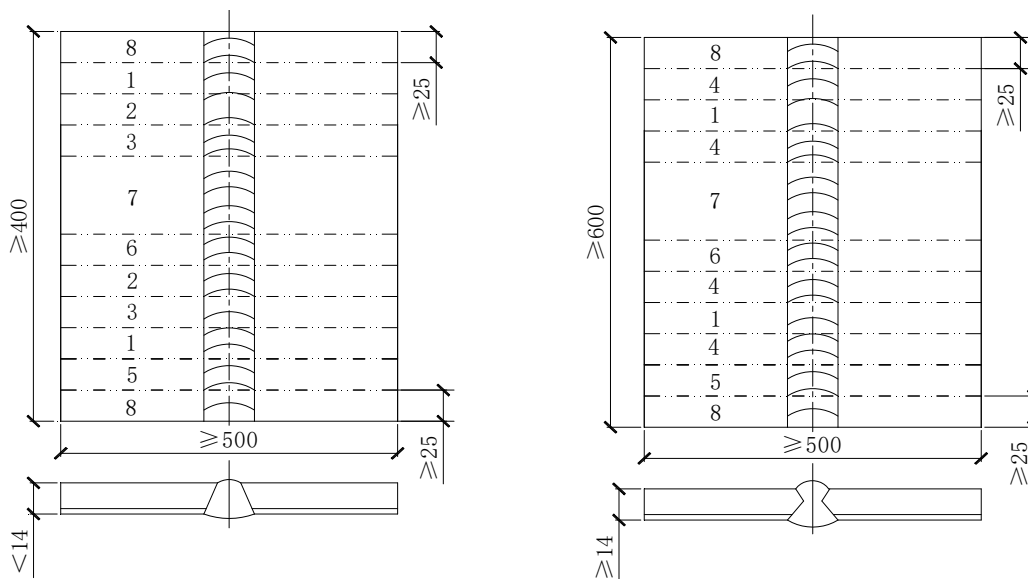
表 5.4.3 十字接头焊接工艺评定试样种类和数量

| | 外观检测 | 无损检测 | 试样数量 (个) | | | | | |
|-----|------|------|----------|----|----------------|------|----------------|-----------------|
| | | | 宏观金相 | 硬度 | 全截面拉伸 | 接头拉伸 | 焊缝金属拉伸 | 冲击 ^c |
| 板十字 | 要 | 要 | 2 | 1 | / | 2 | 1 ^b | 焊缝中心 3、热影响区 3 |
| 管十字 | 要 | 要 | 4 | 1 | 2 ^a | / | / | / |

注：a 管十字接头全截面拉伸试样适用的管径和壁厚由试验机的能力决定。
 b 焊缝有效厚度不大于 8mm 的板十字接头可不进行焊缝金属拉伸试验。
 c 角接与对接组合的全熔透板十字接头，当不开坡口侧的板厚或壁厚不小于 28mm 应进行冲击试验。

5.5 焊接工艺评定试件取样要求

5.5.1 对接接头焊接工艺评定所需检测试样的类型和数量应符合本规程表 5.4.1 的规定，试样的尺寸和取样位置应满足检测试样的制样要求（图 5.5.1-1~图 5.5.1-4）。管对接接头宏观金相试样宜覆盖起焊位置或止焊位置。



(a) 板厚 $t < 14\text{mm}$

(b) 板厚 $t \geq 14\text{mm}$

图 5.5.1-1 板对接接头焊接工艺评定试件及试样取样位置（横向弯曲）

1—接头拉伸试样；2—背弯试样；3—面弯试样；4—侧弯试样；5—冲击试样；6—金相试样；
 7—焊缝金属拉伸试样；8—舍弃

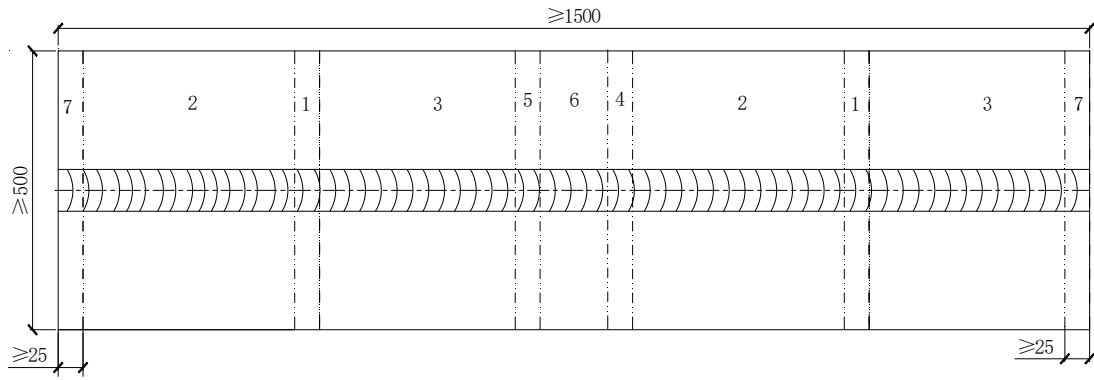


图 5.5.1-2 板对接接头焊接工艺试件及试样取样位置（纵向弯曲）

1—接头拉伸试样；2—背弯试样；3—面弯试样；4—冲击试样；5—金相试样；6—焊缝金属拉伸试样；7—舍弃

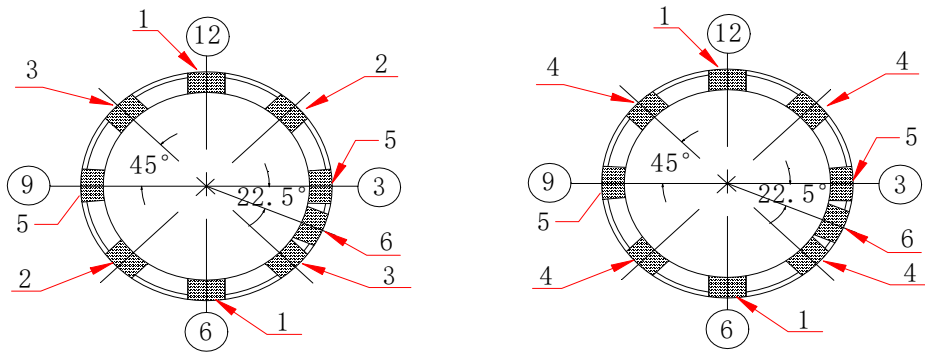


图 5.5.1-3 圆管对接接头焊接工艺评定试件及试样取样位置

③⑥⑨⑫—钟点记号，为水平固定位置焊接时的定位

1—接头拉伸试样；2—面弯试样；3—背弯试样；4—侧弯试样；5—冲击试样；6—金相试样

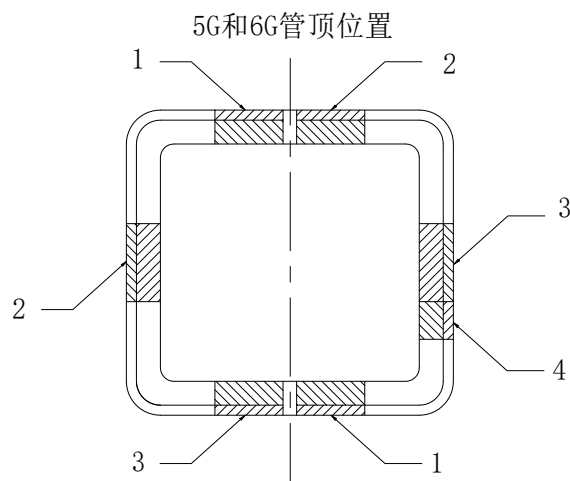


图 5.5.1-4 矩形管对接接头焊接工艺评定试件及试样取样位置

1—接头拉伸试样；2—面弯或侧弯试样、冲击试样；3—背弯或侧弯试样、冲击试样；4—金相试样

5.5.2 部分熔透对接接头焊接工艺评定所需试样的类型和数量应符合本规程表 5.4.1 的规定，应先在焊接工艺评定试件上取宏观金相试样，然后机加工去除接头底部的多余材料至焊缝根部，再取其他检测试样。当部分熔透对接接头的熔深较小导致难以进行其他试验时，可用全熔透对接接头的焊接工艺评定替代，但需再增加 2 个宏观金相试样。

5.5.3 T 形接头焊接工艺评定所需要的检测试样的类型和数量应符合表 5.4.2 的规定，试样的尺寸和取样位置应满足检测试样的制样要求（图 5.5.3-1~图 5.5.3-3）。

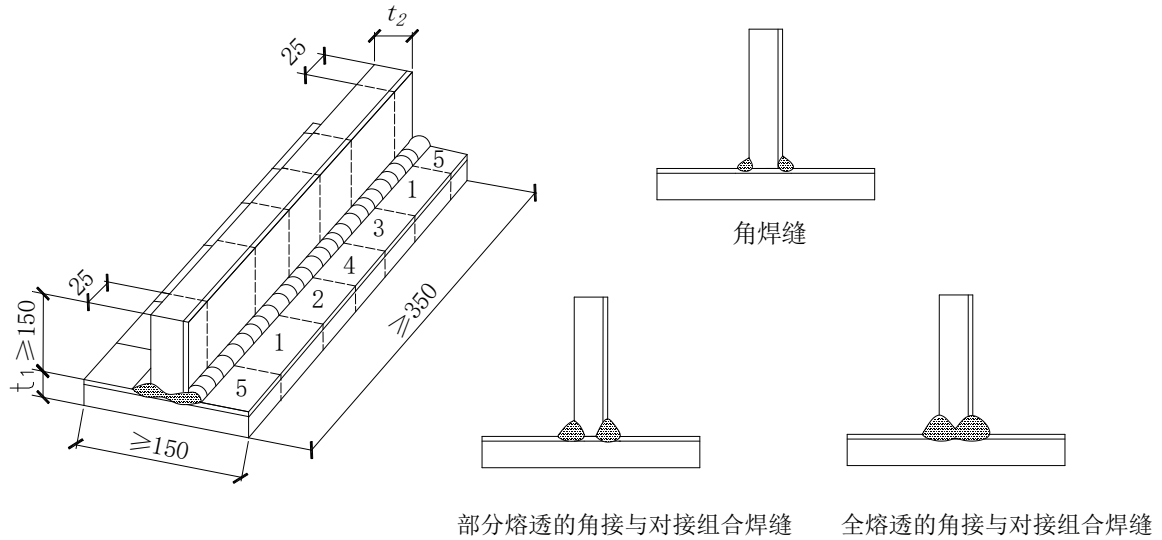


图 5.5.3-1 板 T 形接头焊接工艺评定试件及试样取样位置

1—宏观金相试样；2—焊缝金属拉伸试样；3—冲击试样；4—备用；5—舍弃

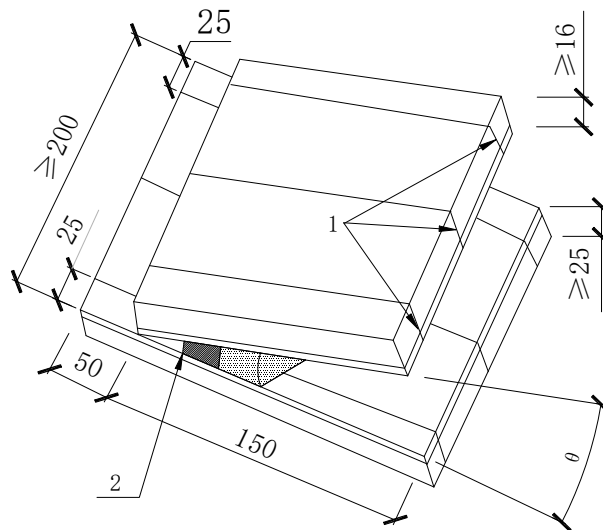


图 5.5.3-2 斜 T 形接头焊接工艺评定试件及试样取样位置（锐角根部）

1—宏观金相试样酸蚀面；2—封底焊缝区； θ —要评定的最小角度

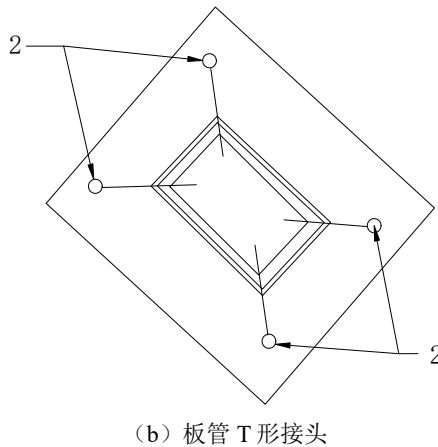
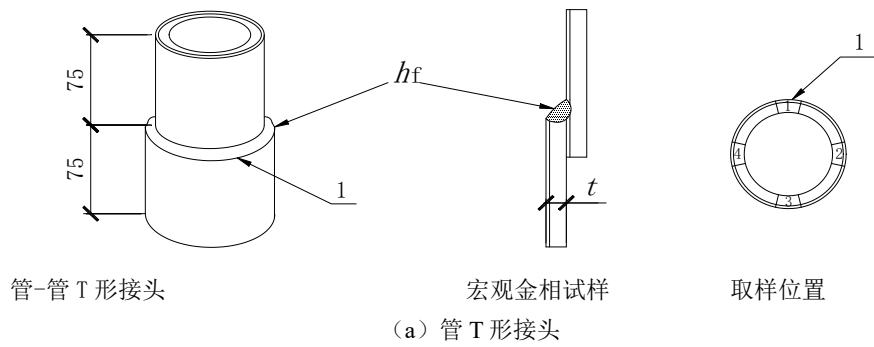


图 5.5.3-3 管 T 形和板管 T 形接头焊接工艺评定试件及宏观金相试样取样位置
1—起止焊处；2—宏观金相试样位置

5.5.4 十字接头焊接工艺评定所需要的检测试样的类型和数量应符合表 5.4.3 的规定，试样的尺寸和取样位置应满足检测试样的制样要求（图 5.5.4）。

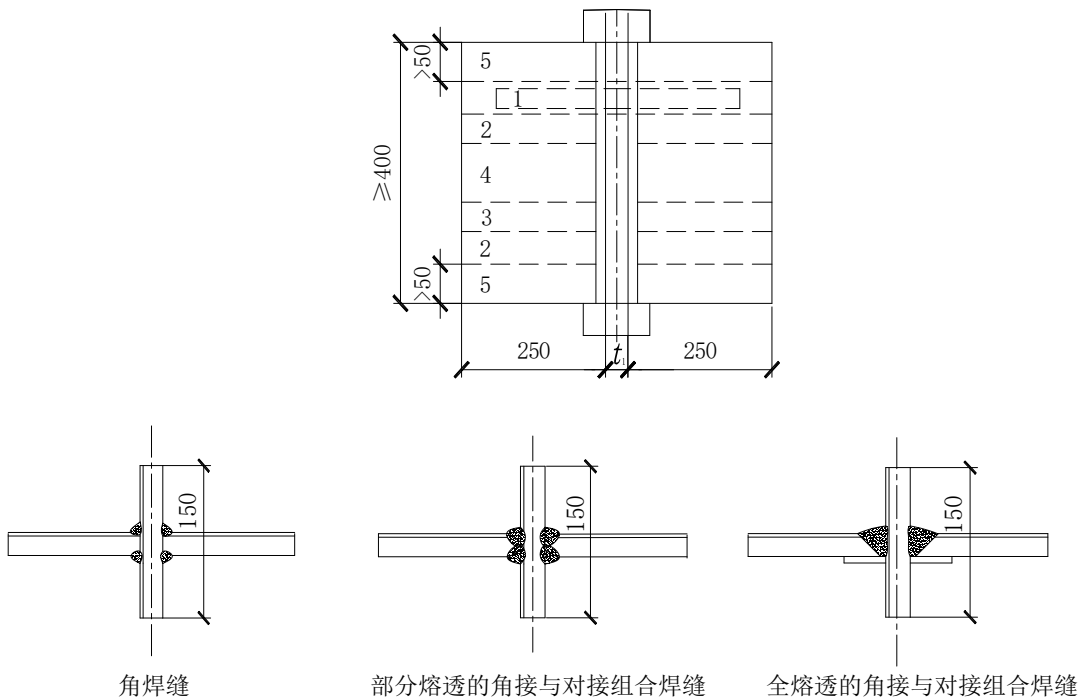


图 5.5.4 十字接头焊接工艺评定试件及试样取样位置

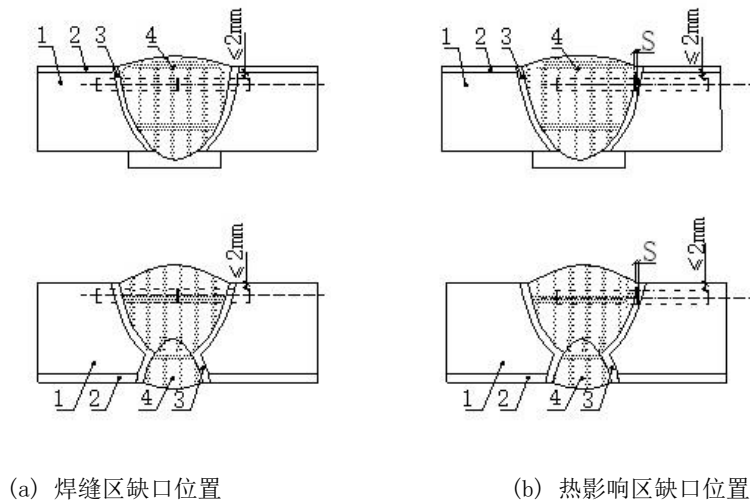
1—宏观金相试样；2—拉伸试样；3—冲击试样；4—焊缝金属拉伸；5—舍弃

5.6 焊接工艺评定试件检测试样的制样要求

5.6.1 对接接头焊接工艺评定试件检测试样的加工应以下要求：

1 对接接头拉伸试样的加工应符合现行国家标准《焊接接头拉伸试验方法》GB/T 2651 的有关规定。当复层不包括在强度计算内时，可采用全基层材料试样。当复层包括在强度计算内时，应采用全厚度试样。对接接头焊缝金属拉伸试样应取在基层焊缝中，其加工应符合现行国家标准《焊缝及熔敷金属拉伸试验方法》GB/T 2652 的有关规定。

2 对接接头冲击试样应在基层材料一侧取样。冲击试样的加工应符合现行国家标准《金属材料焊缝破坏性试验 冲击试验》GB/T 2650 的有关规定，其取样位置与基层材料表面的距离应不大于2mm（图 5.6.1-1），单面焊时取样位置应位于焊缝正面，双面焊时取样位置应位于焊面较宽侧。不同焊接方法组合的焊接接头，冲击试样宜分层取样以覆盖所有焊接方法焊接的部位。冲击试样纵轴线应垂直于焊缝轴线，缺口轴线应垂直于基层材料表面。焊缝区冲击试样不应带有过渡层，其缺口轴线应位于焊缝中心线上，热影响区冲击试样的缺口轴线至试样纵轴线与熔合线交点的距离应为0.5mm~1.0mm，且缺口应尽可能多通过热影响区。



1-复合板基层；2-复合板复层；3-热影响区；4-焊缝

图 5.6.1-1 对接接头焊接工艺评定试件冲击试样的缺口位置

S—缺口轴线至试样轴线与熔合线交点的距离

3 对接接头横向弯曲试样的加工应符合现行国家标准《焊接接头弯曲试验方法》GB/T 2653 的有关规定。面弯、背弯试样厚度 δ 应为试件厚度 t 。侧弯试样厚度 δ 应为 10mm，试件厚度 t 不大于 40mm 时，试样宽度应为试件厚度 t ；当试件厚度 t 大于 40mm 时，可分层取样，试样总厚度应覆盖试件厚度，当使用两个弯曲试样组合时，每个弯曲试样的宽度不应小于 $t/2$ ；当使用三个或三个以上弯曲试样组合时，每个弯曲试样的宽度不应小于 40mm。若采用双面焊接，应使焊缝根部位于某弯曲试样的中心。焊缝余高应采用机械方法去除至与母材齐平，试样受拉面应保留母材原轧制表面。基层为异种材料的不锈钢复合板对接接头，可用纵向弯曲试验代替横向弯曲试验，纵向弯曲的试样应按照图 5.5.1-2 和现行国家标准《焊接接头弯曲试验方法》GB/T 2653 的有关规定制作。

4 每块宏观金相试样应取一个面进行检测，不应将同一切开的两个侧面作为两个检测面（图 5.6.1-2）。

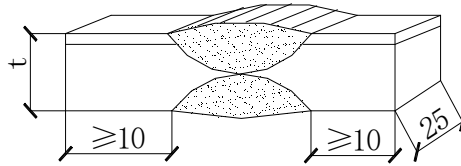


图 5.6.1-2 对接接头焊接工艺评定试件的宏观金相试样

5.6.2 T形接头焊接工艺评定试件检测试样的加工应以下要求：

1 T形接头焊接工艺评定试件的焊缝金属拉伸试样应取自接头基层材料的焊缝上，其加工应符合现行国家标准《焊缝及熔敷金属拉伸试验方法》GB/T 2652 的有关规定。

2 全熔透角接与对接组合的 T形接头焊接工艺评定试件的冲击试样应在基层材料一侧取样。冲击试样的加工应符合现行国家标准《金属材料焊缝破坏性试验 冲击试验》GB/T 2650 的有关规定，其取样位置与基层材料表面的距离应不大于 2mm（图 5.6.2-1）。冲击试样纵轴线应垂直于焊缝轴线，缺口轴线应垂直于基层材料表面。热影响区冲击试样的缺口轴线至试样纵轴线与熔合线交点的距离应为 0.5mm~1.0mm，且缺口应尽可能多通过热影响区；焊缝区冲击试样不应带有过渡层。

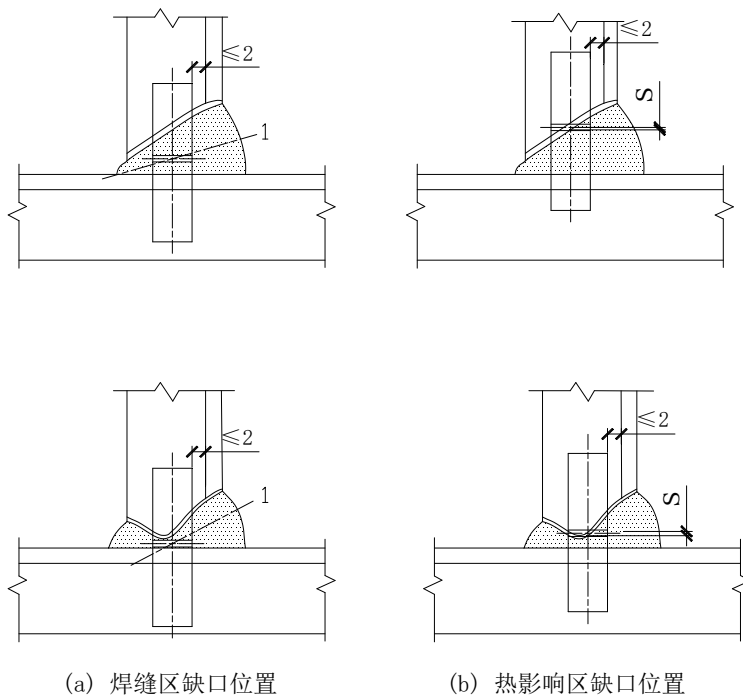


图 5.6.2-1 全熔透角接与对接组合的 T形接头焊接工艺评定试件的冲击试样缺口加工位置
1—焊缝中心线；S—缺口轴线至试样轴线与熔合线交点的距离

3 T形接头焊接工艺评定试件的宏观金相试样检验面的选取应符合本标准第 5.6.1 条第 4 款的要求，并应在焊缝的一侧或两侧留不小于 10mm 的母材（图 5.6.2-2）。

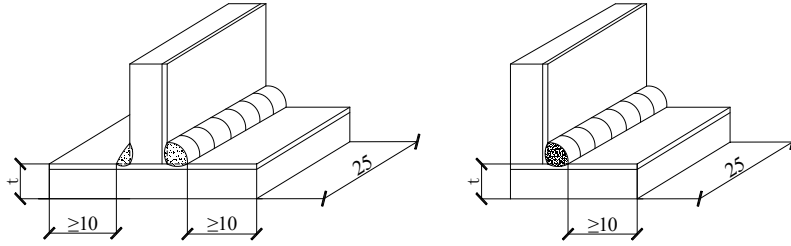


图 5.6.2-2 T形接头焊接工艺评定试件的宏观金相试样

5.6.3 十字接头焊接工艺评定试件检测试样的加工应以下要求：

1 板十字接头焊接工艺评定试件的拉伸试样加工应符合现行国家标准《钢结构十字接头试验方法》GB/T 37789的有关规定（图 5.6.3-1）。管十字接头全截面拉伸试样的加工应符合现行国家标准《焊接接头拉伸试验方法》GB/T 2651的有关规定。焊缝金属拉伸试样应取在基层焊缝中，其加工应符合现行国家标准《焊缝及熔敷金属拉伸试验方法》GB/T 2652的有关规定。

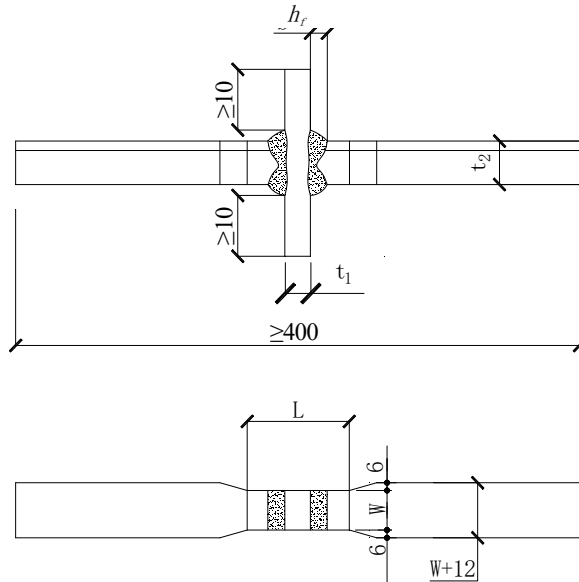


图 5.6.3-1 板十字接头焊接工艺评定试件的拉伸试样

t_2 —十字接头翼板厚度； h_f —焊脚尺寸； $t_2 < 36\text{mm}$ 时 $W = 35\text{mm}$ ， $t_2 \geq 36$ 时 $W = 25\text{mm}$ ；平行区长度 $L \geq t_1 + 2h_f + 12\text{mm}$

2 板十字接头焊接工艺评定试件的冲击试样应在基层材料侧取样。当十字接头翼板厚度不大于 25mm 时，冲击试样应在翼板板厚中心处取样；当翼板板厚大于 25mm 时，冲击试样应在距基层表面或基层与复层界面不大于 2mm 处取样（图 5.6.3-2）。试样加工应符合现行国家标准《金属材料焊缝破坏性试验 冲击试验》GB/T 2650的有关规定，冲击试样的缺口应垂直于翼板轧制面，焊缝区冲击试样缺口开在焊缝中心，热影响区冲击试样缺口轴线至试样轴线与熔合线的交点距离为 0.5mm~1mm。

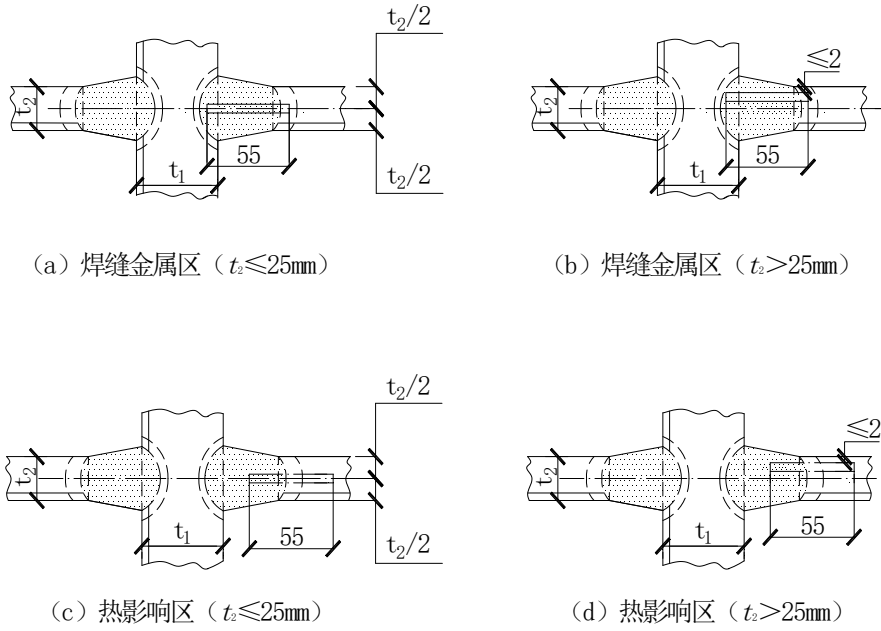


图 5.6.3-2 十字形接头焊接工艺评定试件的冲击试样
 t_1 -腹板板厚; t_2 -翼板板厚

3 十字接头宏观金相检验面的选取应符合本标准第 5.6.1 条第 4 款的要求 (图 5.6.3-3)。

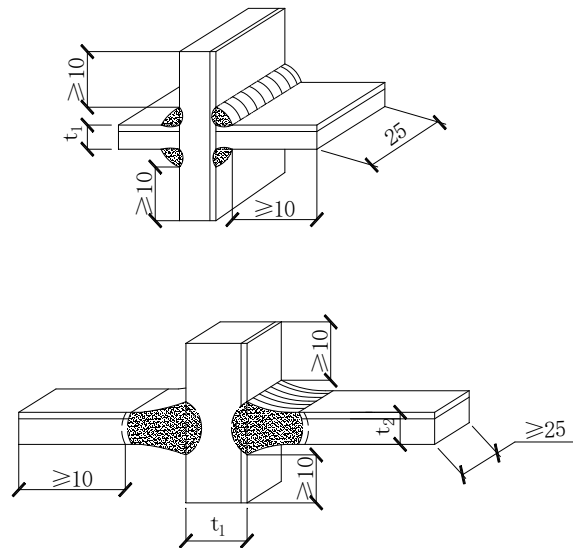


图 5.6.3-3 十字形接头焊接工艺评定试件的宏观金相试样

5.7 焊接工艺评定合格标准

5.7.1 焊接工艺评定试件的外观检测应符合下列规定：

- 1 用不小于 5 倍的放大镜检查试件表面，不应有裂纹、未焊满、未熔合、气孔、夹渣、弧坑、焊瘤等缺陷；
- 2 复层侧焊缝不应有咬边；基层侧焊缝的咬边深度应不大于基层厚度的 5%，且不大于 0.3mm，咬边的连续长度应不大于 100mm，且焊缝两侧的咬边总长度应不大于焊缝总长度的 10%；
- 3 焊缝的外观尺寸应符合本规程表 7.2.4 的规定。

5.7.2 焊接工艺评定试件的无损检测应符合下列规定：

- 1 试件的无损检测应在外观检验合格后进行，无损检测方法应根据设计要求确定；
- 2 射线检测应符合现行国家标准《焊缝无损检测 射线检测 第 1 部分 X 和伽玛射线的胶片技术》GB/T 3323.1 中 B 级检测技术的有关规定；射线底片的质量评级应符合本标准附录 B 的规定，焊缝内部质量等级不应低于 II 级；
- 3 超声检测应符合本规程第 7 章的相关规定，焊缝质量应不低于一级焊缝的质量要求。

5.7.3 拉伸试验应符合下列规定：

- 1 接头拉伸试验和焊缝金属拉伸应按现行国家标准《金属材料 拉伸试验 第 1 部分 室温拉伸方法》GB/T 228.1 的规定进行；
- 2 焊缝金属拉伸试样的抗拉强度和延伸率应不小于基层材料标准规定的下限值；当设计文件允许焊接接头采用低强匹配时，拉伸试样的抗拉强度应不小于焊接材料熔敷金属标准规定抗拉强度的下限值；
- 3 当复层包括在强度计算内时，每个接头拉伸试样的抗拉强度应不小于所连接不锈钢复合板抗拉强度下限值的较低者，不锈钢复合板抗拉强度的下限值 R_m 应按下式计算：

$$R_m = \frac{R_{m1}t_1 + R_{m2}t_2}{t_1 + t_2}$$

式中：

R_m ——不锈钢复合板抗拉强度的下限值，单位为 MPa；

R_{m1} ——标准规定基层材料抗拉强度的下限值，单位为 MPa；

R_{m2} ——标准规定复层材料抗拉强度的下限值，单位为 MPa；

t_1 ——基层材料厚度，单位为 mm；

t_2 ——复层材料厚度，单位为 mm。

4 当复层不包括在强度计算内时，接头拉伸试样的合格标准应符合下列规定：

- 1) 当基层材料为相同牌号时，每个接头拉伸试样的抗拉强度应不小于该基层材料标准中规定的下限值；
- 2) 当基层材料为不同牌号时，每个接头拉伸试样的抗拉强度应不小于两种基层材料标准中规定下限值的较低者；
- 3) 当设计文件允许焊接接头采用低强匹配时，每个接头拉伸试样的抗拉强度应不小于焊接材料熔敷金属标准规定抗拉强度的下限值。

5.7.4 冲击试验应符合下列规定：

- 1 冲击试验应按现行国家标准《金属夏比缺口冲击试验方法》GB/T 229 的规定进行，试验温度应不高于基层材料标准规定的冲击实验温度；

2 焊缝及热影响区各三个试样的冲击功平均值应不高于的基层材料标准规定值或设计要求的最低值，并允许一个试样低于以上规定值，但不应低于规定值的 70%。

5.7.5 弯曲试验应符合下列规定：

1 对接接头的弯曲试验应按现行国家标准《焊接接头弯曲试验方法》GB/T 2653 的规定进行。弯心直径应为弯曲试样厚度的 4 倍，弯曲角度应为 180°。

2 对接接头弯曲试件弯至 180° 后，弯曲试件应符合以下规定：

1) 试样受拉面上复层焊层和过渡层焊层任何方向上单个缺欠的长度应不大于 1.5mm，其他位置单个缺欠的长度应不大于 3mm；

2) 各试样上任何方向不大于 3mm 的裂纹及其他缺欠的总长度应不大于 7mm；

3) 四个试样各种缺欠的总长度应不大于 24mm。

5.7.6 宏观金相试验应符合下列规定：

1 宏观金相试验按现行国家标准《钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法》GB/T 226 的有关规定进行；

2 评定合格的宏观金相试样应符合以下要求：

1) 焊缝和热影响区应无肉眼可见的裂纹、未熔合、未焊满等缺陷；

2) 角焊缝应熔合至接头根部；

3) 焊脚尺寸、两侧焊脚尺寸差、焊缝余高、咬边深度等应符合设计要求或本规程表 7.2.4 条的规定；

4) 单道焊缝的成形系数不宜小于 1.1。

5.7.7 硬度试验应符合下列规定：

1 硬度试样应按照现行国家标准《金属材料 维氏硬度试验 第 1 部分：试验方法》GB/T 4340.1 的有关规定制样；

2 焊接接头中基层焊层的硬度试验应按现行国家标准《焊接接头硬度试验方法》GB/T 2654 中标线测定的有关规定进行，宜采用维氏硬度 HV10。基层焊层各区域的硬度应测 3 点（图 5.7.7-1~图 5.7.7-2），其中部分熔透角接与对接组合焊缝在焊缝区和热影响区测点可为 2 点，若热影响区狭窄不能并排分布时，该区域测点可平行于熔合线排列；

3 当设计文件对复层焊缝或过渡层焊缝的硬度有要求时，复层焊缝、过渡层焊缝宜分别测 3 点。

4 基层焊缝及热影响区的硬度应符合以下规定：

1) 基层材料的名义屈服强度不大于 295MPa 时，焊缝及热影响区的硬度应不大于 HV280；

2) 基层材料的名义屈服强度大于 295MPa 且不大于 370MPa 时，焊缝及热影响区的硬度应不大于 HV350；

3) 基层材料的名义屈服强度大于 370MPa 时，焊缝及热影响区的硬度应根据设计文件要求进行评定，当设计文件无明确要求时，焊缝及热影响区的硬度应不大于 HV380。

5 复层焊缝及过渡层焊缝的硬度应符合设计文件的要求。

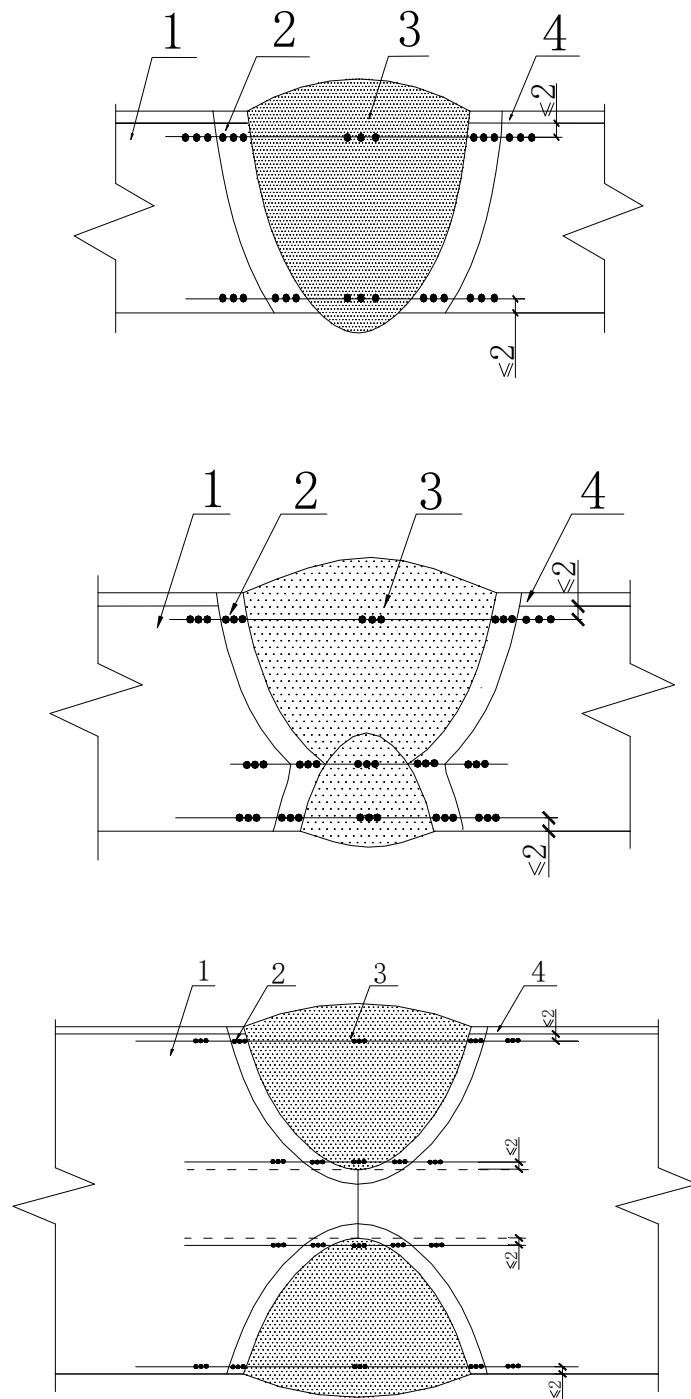


图 5.7.7-1 对接接头焊接工艺评定试件硬度试样的检测点
1-基层材料；2-基层热影响区；3-基层焊缝；4-复层材料

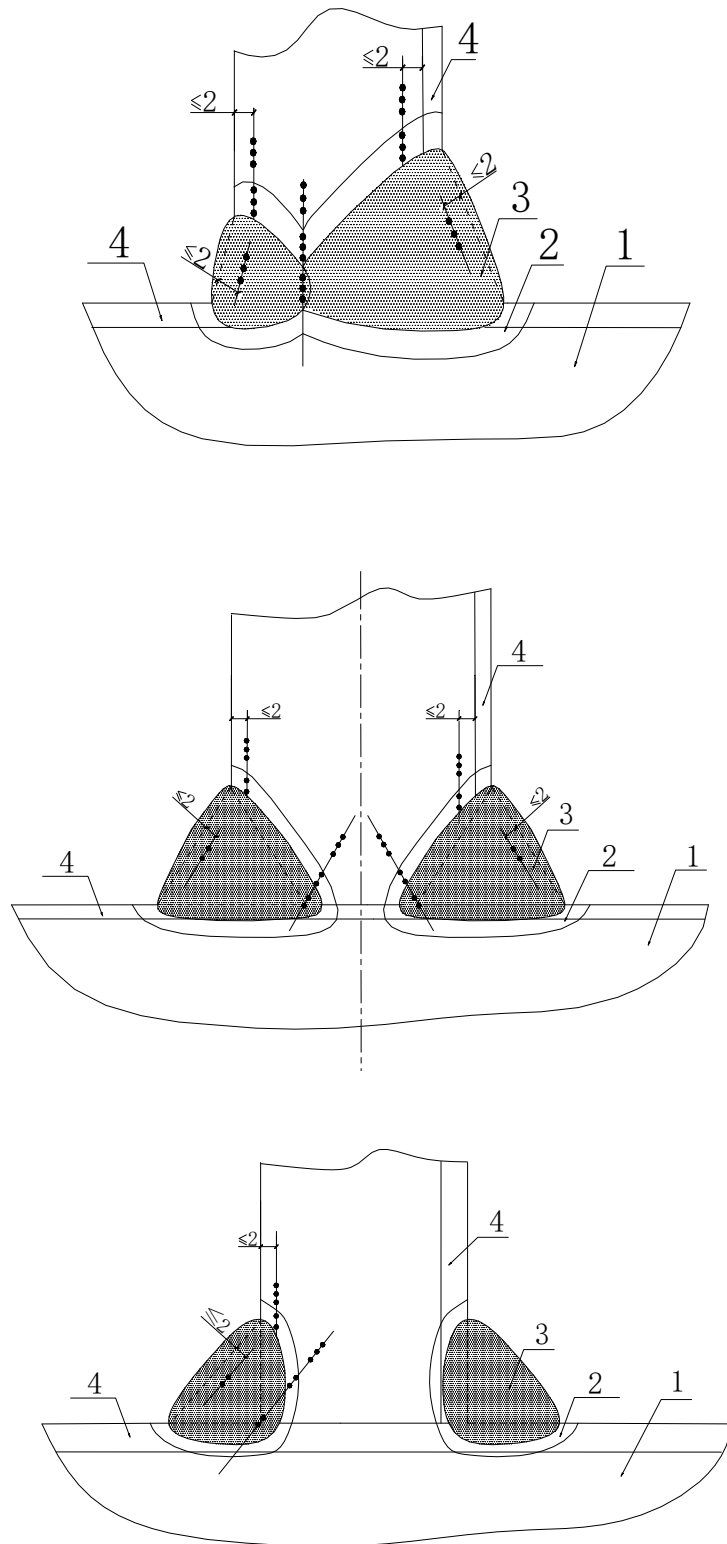


图 5.7.7-2 T 形接头和十字接头焊接工艺评定试件硬度试样的检测点
 1-基层材料；2-基层热影响区；3-基层焊缝；4-复层材料

5.7.8 当设计文件对复层焊缝耐腐蚀性、化学成分或铁素体含量以及基层焊缝功能性指标等有要求时，应在工艺评定中增加相关试验，合格标准应依据符合设计文件的要求。

1 复层焊缝耐腐蚀性能的测试应依据符合设计文件的要求。如设计文件中未注明，可按照现行国家标准《金属和合金的腐蚀 奥氏体及铁素体-奥氏体（双相）不锈钢晶间腐蚀试验方法》GB/T 4334 中的方法 E 进行。

2 复层焊缝化学成分可采用任何适宜的分析方法。

3 复层焊缝的铁素体含量测量可按现行国家标准《铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量测量方法》GB/T 1954 的规定进行。

4 基层焊缝的耐大气腐蚀性能评估可按现行国家标准《桥梁用结构钢》GB/T 714 附录 C 的规定进行。

6 焊接工艺

6.1 母材准备

6.1.1 不锈钢复合板上待焊接的表面及其两侧应均匀光滑，无毛刺、裂纹和其他对焊缝质量有不利影响的缺欠，待焊接的表面及距坡口边缘位置 30mm 范围内不应有影响正常焊接和焊缝质量的氧化皮、锈蚀、油脂、水等杂质。复层表面可涂防飞溅涂料。

6.1.2 焊接坡口的加工和缺陷的清除宜采用机械方法。当不锈钢复合板厚度较大时也可采用等离子切割，切割熔渣不应落在复层上，切割后应用机械方法去除影响焊接质量的表面层。

6.1.3 采用热切割方法加工的坡口表面质量应符合现行行业标准《热切割 质量几何技术规范》JB/T 10045 的有关规定。不锈钢复合板的厚度不大于 100mm 时，割纹深度不应大于 0.2mm；厚度大于 100mm 时，割纹深度不应大于 0.3mm。

6.1.4 割纹以及坡口表面上影响正常焊接的缺口和凹槽，应采用机械加工或打磨清除，经打磨或机械加工的表面应以不超过 1/4 的坡度向周围表面过渡。

6.1.5 坡口表面切割缺陷需要进行焊接修补时，应按照本规程 6.12 节的要求制订焊接修补工艺，并应记录存档。

6.1.6 基材轧制缺欠的检测应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定，焊接修补应符合本规程 6.12 节的规定，并应记录存档。

6.1.7 复合界面未结合区的检测和修补应符合下列规定：

1 距焊接坡口边缘不小于 50mm 或 1/2 板厚的范围内，复合界面不应存在未结合区。未结合区的确定按照现行国家标准《不锈钢复合钢板和钢带》GB/T 8165 附录 A 的方法进行。

2 未结合区的修复应符合本规程 6.12 节的规定。

6.2 焊接材料要求

6.2.1 焊接材料贮存场所应干燥、通风良好，温度宜在 5℃~50℃范围，相对湿度不应大于 60%；焊接材料应由专人保管、烘干、发放和回收，并应有详细记录。

6.2.2 焊条的保存、烘干应符合下列规定：

- 1 焊条应采取有效的防潮措施；
- 2 焊条使用前应按制造厂家提供的使用说明书进行烘干，累计烘干次数不宜超过 2 次；
- 3 烘干后的焊条应放入温度在 120℃~150℃的烘箱中储存，使用时应置于保温筒中，随用随取。

6.2.3 焊剂的烘干应符合下列规定：

- 1 埋弧焊焊剂应干燥且未受油、氧化皮或其他外来物的污染；
- 2 焊剂使用前应按制造厂家要求的温度进行烘干，烘干后的焊剂宜立即使用，在大气中放置时间不应超过 4 小时；
- 3 已经受潮或结块的焊剂不应使用。

6.2.4 熔化极、非熔化极气体保护焊用焊丝表面应无油污、锈蚀。

6.2.5 常用不锈钢复合板的焊接材料可按表 6.2.5-1~表 6.2.5-2 选用。

表 6.2.5-1 常用不锈钢复合板基层焊接材料推荐表

| 基层材料 | | | | 焊接材料 | | | |
|------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--|---|---|---|---|
| GB/T 700 和 GB/T 1591 标准钢材 | GB/T 19879 标准钢材 | GB/T 714 标准钢材 | GB/T 4171 标准钢材 | 焊条电弧焊 SMAW | 实心焊丝气体保 护焊 GMAW | 药芯焊丝气体保护焊 FCAW | 埋弧焊 SAW |
| Q235 Q275 | Q235GJ | - | Q235NH Q265GNH Q295NH Q295GNH | GB/T 5117 E43XX | GB/T 8110 G43AXXX GB/T 39280 W43AXXX | GB/T 10045 T43XX-XXX-X | GB/T 5293 S43XX-X |
| Q355 Q390 | Q345GJ Q390GJ | Q345q Q370q Q345qNH Q370qNH | Q310GNH Q355NH Q355GNH | GB/T 5117 E50XX GB/T5118 E50XX、E52XX | GB/T 8110 G49AXXX GB/T 39280 W49AXXX | GB/T 10045 T49XX-XXX-X GB/T 17493 T49X-XX-XX | GB/T 5293 S49XX-X GB/T 12470 S49XX-X |
| Q420 Q460 | Q420GJ Q460GJ | Q420q Q420qNH Q460q Q460qNH | Q415NH Q460NH | GB/T 5117 E55XX GB/T 5118 E55XX | GB/T 8110 G55AXXX GB/T 39280 W55AXXX | GB/T 10045 T55XX-XXX-X GB/T 17493 T55X-XX-XX | GB/T 5293 S55XX-X GB/T 12470 S55XX-X |
| Q500 Q550 | Q500GJ Q550GJ | Q500q Q500qNH Q550qNH | Q500NH Q550NH | GB/T 5117 E57XX GB/T 5118 E62XX GB/T 32533 E59XX、E62XX | GB/T 8110 G57AXXX GB/T 39280 W57AXXX | GB/T 10045 T57XX-XXX-X GB/T 17493 T62X-XX-XX GB/T 36233 T59X-XX-XX T62X-XX-XX | GB/T 5293 S57XX-X GB/T 12470 S62XX-X GB/T 36034 S59XX-X S62XX-X |
| Q620 | Q620GJ | / | / | GB/T 5118 E62XX GB/T 32533 E62XX E69XX | / | GB/T 17493 T62X-XX-XX T69X-XX-XX GB/T 36233 T69X-XX-XX | GB/T 12470 S62XX-X S69XX-X GB/T 36034 S62XX-X S69XX-X |
| Q690 | Q690GJ | / | / | GB/T 32533 E69XX E76XX | / | GB/T 17493 T69X-XX-XX GB/T 36233 T69X-XX-XX T76X-XX-XX | GB/T 12470 S69XX-X GB/T 36034 S69XX-X S76XX-X |

注：1 基层材料有冲击要求时，熔敷金属的冲击功不应低于母材规定或设计要求；
 2 不锈钢复合板厚度不小于 25mm 时，宜采用低氢型焊接材料；
 3 耐候钢的焊接材料除力学性能外，还应满足与母材相匹配的耐候要求。

表 6.2.5-2 常用不锈钢复合板复层及过渡层焊接材料推荐表

| 复层材料 | 过渡层焊接材料 | | | 复层焊接材料 | | | |
|----------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|
| | 焊条电弧焊 GB/T 983 | 实心焊丝气体保 护焊 GB/T 29713 | 药芯焊丝气体保护焊 GB/T 17853 | 焊条电弧焊 GB/T 983 | 实心焊丝气体保护 焊 GB/T 29713 | 药芯焊丝气体保护焊 GB/T 17853 | 埋弧焊 GB/T 17854 |
| 06Cr19Ni10 | E309-XX E309L-XX | 309 309L | TS309-XX TS309L-XX | E308-XX E308L-XX | 308 308L | TS308-XX TS308L-XX | SF308 SF308L |
| 022Cr19Ni10 | E309L-XX | 309L | TS309L-XX | E308L-XX | 308L | TS308L-XX | SF308L |
| 06Cr17Ni12Mo2 | E309Mo-XX E309LMo-XX | 309Mo 309LMo | TS309Mo-XX TS309LMo-XX | E316-XX E316L-XX | 316 316L | TS316-XX TS316L-XX | SF316 SF316L |
| 022Cr17Ni12Mo2 | E309LMo-XX | 309LMo | TS309LMo-XX | E316L-XX | 316L | TS316L-XX | SF316L |
| 06Cr17Ni12Mo3 | E309Mo-XX E309LMo-XX | 309Mo 309LMo | TS309Mo-XX TS309LMo-XX | E317-XX E317L-XX | 317 317L | TS317-XX TS317L-XX | SF317 SF317L |
| 022Cr17Ni12Mo3 | E309LMo-XX | 309LMo | TS309LMo-XX | E317L-XX | 317L | TS317L-XX | SF317L |
| 06Cr18Ni11Ti | E309-XX E309L-XX | 309 309L | TS309-XX TS309L-XX | E347-XX E347L-XX | 347 347L | TS347-XX TS347L-XX | SF347 SF347L |
| 06Cr25Ni20 | E310-XX | 310 | TS310-XX | E310-XX | 310 | TS310-XX | SF310 |
| 022Cr23Ni5Mo3N | E2209-XX | 2209 | TS2209-XX | E2209-XX | 2209 | TS2209-XX | SF2209 |
| 022Cr25Ni7Mo4N | E2594-XX | 2594 | TS2594-XX | E2594-XX | 2594 | TS2594-XX | SF2594 |

| | | | | | | | |
|-------------------|----------|------|-----------|----------|------|-----------|--------|
| 022Cr19Ni5Mo3Si2N | E2209-XX | 2209 | TS2209-XX | E2209-XX | 2209 | TS2209-XX | SF2209 |
| 06Cr13 | E430-XX | 430 | TS430-XX | E410-XX | 410 | TS410-XX | SF410 |
| | E309-XX | 309 | TS309-XX | E308-XX | 308 | TS308-XX | SF308 |
| | E310-XX | 310 | TS310-XX | E309-XX | 309 | TS309-XX | SF309 |
| 06Cr13Al | E430-XX | 430 | TS430-XX | E430-XX | 430 | TS430-XX | SF430 |
| | E309-XX | 309 | TS309-XX | E308-XX | 308 | TS308-XX | SF308 |
| | E310-XX | 310 | TS310-XX | E309-XX | 309 | TS309-XX | SF309 |
| 1Cr13 | E430-XX | 430 | TS430-XX | E410-XX | 410 | TS410-XX | SF410 |
| | E309-XX | 309 | TS309-XX | E308-XX | 308 | TS308-XX | SF308 |
| | E310-XX | 310 | TS310-XX | E309-XX | 309 | TS309-XX | SF309 |

6.3 焊接接头的装配要求

6.3.1 焊接坡口尺寸宜符合本规程附录 A 的规定。组装后焊接接头尺寸允许偏差应符合表 6.3.1 的规定。

表 6.3.1 组装后焊接接头尺寸允许偏差值

| 序号 | 项 目 | 偏差值 |
|----|----------------|-----------|
| 1 | 接头钝边 | -1mm~+1mm |
| 2 | 无衬垫接头根部间隙 | -1mm~+1mm |
| 3 | 带衬垫接头根部间隙 | -2mm~+6mm |
| 4 | 坡口角度 | -5°~+5° |
| 5 | U 形和 J 形坡口根部半径 | 0mm~+3mm |
| 6 | U 形和 J 形坡口倾角 | -2°~+2° |

6.3.2 当坡口根部间隙超过本规程表 6.3.1 的要求，但不大于较薄板厚度的 2 倍或 12mm 两值中较小值时，可按照正式焊接工艺在坡口单侧或两侧堆焊。

6.3.3 当坡口根部间隙大于本规程第 6.3.2 条规定的上限值时，可采用坡口单侧或两侧堆焊并修磨的方法达到本标准要求的坡口尺寸，但应重新进行焊接工艺评定，并经设计、业主或监理工程师的认可后方可执行，但其数量不应超过同批次中同类焊缝数量的 20%。

6.3.4 本规程 6.3.2 和 6.3.3 的焊接接头应增加焊缝两侧坡口堆焊区域的无损检测，合格标准应与正式焊缝要求相同。

6.3.5 对接接头的组对应以复层为基准，错边量不应大于较薄复层厚度的 50%，且不大于 2mm。当不等厚部件对接接头的错边量超过上述值时，较厚部件应按不大于 1:2.5 坡度平缓过渡。

6.3.6 采用角焊缝及部分熔透焊缝连接的 T 形接头，母材宜贴紧对齐，并符合下列规定：

1 根部间隙不应大于 1mm；

2 根部间隙大于 1mm 且不小于 5mm 时，焊脚尺寸应根据根部间隙值予以增加；

3 根部间隙超过 5mm 时，应在待焊板端表面堆焊并修磨平整使其间隙符合要求，并增加堆焊区域的无损检测。在设计允许时，可将角焊缝改为角接与对接组合焊缝，或将部分熔透焊缝连接的 T 形接头改为全熔透焊缝连接的 T 形接头。

6.3.6 搭接接头接触面之间的间隙不应超过 0.5mm。

6.4 定位焊与临时焊缝

6.4.1 定位焊缝应由持相应资格证书的焊工按照与正式焊缝相同的焊接工艺规程施焊，所用焊接材料应与正式焊缝的焊接材料相同。

6.4.2 定位焊缝宜焊在基层材料上，并与正式焊缝的质量要求相同。

6.4.3 不熔入正式焊缝或与正式焊缝熔合不良的定位焊缝应清除。

6.4.4 定位焊缝距焊缝端部应不小于 30mm，且应距焊缝交叉处或焊缝转角处应不小于 50mm。

6.4.5 定位焊缝长度应不小于 50mm，间距宜为 500mm~600mm。

6.4.6 不锈钢复合板的板厚不大于 20mm 时，定位焊缝厚度应不小于复层厚度的 70%，且不小于 6mm；当不锈钢复合板的板厚大于 20mm 时，定位焊缝厚度应不小于 8mm。定位焊缝的焊脚尺寸不

应大于设计焊脚尺寸的 1/2，且不小于 4mm。

6.4.7 临时焊缝应由持相应资格证书的焊工按照与正式焊缝相同的焊接工艺规程施焊。临时焊缝应焊在基层材料上，质量要求与正式焊缝相同。

6.4.8 临时焊缝应清除，清除临时焊缝时应不伤及母材，并应将临时焊缝区域修磨平，并应采用目视检测或其他无损检测方法检测，临时焊缝区域不应存在缺口、凹槽、裂纹等缺陷。

6.5 焊接环境

6.5.1 焊接作业区最大风速不宜超过 2m/s，如果超出上述要求，应采取有效措施以保障焊接电弧区域不受影响。

6.5.2 当焊接作业处于下列情况之一时不应焊接：

- 1 焊件表面潮湿或暴露于雨、冰、雪中；
- 2 焊接作业区的相对湿度大于 80%；
- 3 焊接作业条件不符合现行国家标准《焊接与切割安全》GB 9448 的有关规定。

6.5.3 焊接环境温度应符合以下要求：

- 1 焊接环境温度不宜低于 5℃；
- 2 当焊接环境温度低于 5℃ 但不低于 -10℃ 时，应采取加热及防护措施，焊接接头各方向大于等于 2 倍板厚且大于等于 100mm 范围内的母材温度，不应低于 20℃ 和规定的最低预热温度二者较高值，且在焊接过程中不应低于这一温度。

3 当焊接环境温度低于 -10℃ 时，应进行相应焊接环境下的焊接工艺试验，评定合格后经过设计或监理认可后方可再进行焊接。

6.6 衬 垫

6.6.1 衬垫宜在基层材料侧使用。衬垫材质可采用金属、焊剂、玻璃纤维、陶瓷等。

6.6.2 钢衬垫的材质应与衬垫侧不锈钢复合板的材质相同。

6.6.3 钢衬垫应与接头母材贴合良好，间隙不应大于 0.5mm，且应在整个焊缝长度内保持连续。

6.6.4 用于焊条电弧焊、气体保护焊方法的钢衬垫厚度不应小于 4mm；用于埋弧焊接方法的钢衬垫厚度不应小于 6mm。

6.6.5 应保证钢衬垫与焊缝金属熔合良好。

6.6.6 焊接后应清除非钢衬垫，并进行目视检测或用其他无损检测方法检测。

6.7 引弧板和引出板

6.7.1 不应在焊缝区域外的母材上引弧和熄弧，宜在焊接接头的端部设置焊缝引弧板和引出板。

6.7.2 引弧板、引出板的材质、板厚和坡口应与不锈钢复合板母材相同。

6.7.3 焊条电弧焊、气体保护电弧焊的引弧板、引出板的长度应大于 30mm，埋弧焊的引弧板、引出板长度应大于 80mm。

6.7.4 引弧板和引出板宜采用热切割或机械加工方法去除，去除时不得伤及母材并将割口处修磨至与焊缝端部平齐。

6.7.5 不应使用锤击去除引弧板和引出板。

6.8 预热和道间温度控制

6.8.1 不锈钢复合板焊接的预热温度应通过焊接工艺评定试验确定，并应考虑不锈钢复合板基

层和复层的化学成分、焊接接头的拘束状态、热输入大小、熔敷金属含氢量水平及所采用的焊接方法等因素。

6.8.2 不锈钢复合板基层的预热温度宜通过焊接工艺评定试验确定，基层材料最低预热温度应符合表 6.8.2 的要求。

表 6.8.2 常用不锈钢复合板基层材料最低预热温度要求 (°C)

| 基层材料屈服强度 | 不锈钢复合板厚度 t (mm) | | | | |
|--|--------------------|------------------|------------------|------------------|----------|
| | $t \leq 20$ | $20 < t \leq 40$ | $40 < t \leq 60$ | $60 < t \leq 80$ | $t > 80$ |
| $\leq 300\text{MPa}$ | - | - | 40 | 50 | 80 |
| $> 300\text{MPa}$ 且 $\leq 370\text{MPa}$ | - | 20 | 60 | 80 | 100 |
| $> 370\text{MPa}$ 且 $\leq 420\text{MPa}$ | 20 | 60 | 80 | 100 | 120 |
| $> 420\text{MPa}$ | 根据焊接工艺评定试验确定最低预热温度 | | | | |

- 注： 1 本表采用的焊接热输入为 $15\text{kJ/cm} \sim 25\text{kJ/cm}$ ，当热输入超出此范围时，可通过焊接工艺评定试验确定最低预热温度；
- 2 当采用非低氢焊接材料或焊接方法焊接时，预热温度应比表中规定的温度提高 20°C ；
- 3 “-”表示焊接环境在 5°C 以上时，可不采取预热措施；
- 4 当施焊处环境温度低于 5°C 时，应根据焊接作业环境、钢材牌号及板厚的具体情况适当增加预热温度，且在整个焊接过程中道间温度不应低于这一温度。

6.8.3 复层为奥氏体不锈钢或双相不锈钢，焊接时可不预热；复层为铁素体不锈钢或马氏体不锈钢，且采用与复层组织相同的焊接材料焊接时，预热温度不宜低于 150°C 。

6.8.4 当基层或复层焊接需要预热时，过渡层焊接应进行预热；当基层和复层均需要预热时，过渡层焊接的预热温度应选用预热温度较高者。

6.8.5 基层焊接时道间温度不宜高于 200°C ，奥氏体不锈钢复层焊接的道间温度不宜高于 150°C ，双相不锈钢复层焊接的道间温度不宜高于 100°C 。

6.8.6 预热及道间温度控制应符合下列规定：

- 1 焊前预热及道间温度的保持宜采用电加热法，并应采用专用的测温仪器测量；
- 2 预热的加热区域应在焊缝坡口两侧，宽度应大于焊件施焊处板厚的 1.5 倍，且不应小于 100mm ；预热温度宜在焊件受热面的背面测量，测量点应在离电弧经过前的焊接点各方向不小于 75mm 处。

6.9 焊接工艺技术要求

6.9.1 焊接施工前，施工单位可依据本规程第 5 章规定的焊接工艺评定结果制定焊接工艺文件。焊接工艺文件应至少包括下列内容：

- 1 焊接方法或焊接方法的组合；
- 2 不锈钢复合板的材质和规格；
- 3 焊接材料的规格和型号；
- 4 焊接接头形式、坡口形式、尺寸及其允许偏差；
- 5 焊接位置；
- 6 焊接电源的种类和电流极性；
- 7 清根处理；
- 8 焊接工艺参数，包括焊接电流、焊接电压、焊接速度、焊层和焊道分布等；

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/666124242124010041>