



中华人民共和国国家标准

GB/T 43321—2023

铜及铜合金钎焊推荐工艺规范

Recommended brazing procedure specification for copper and copper alloys

2023-11-27 发布

2024-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号 3

5 一般要求 3

6 设计要求 4

7 质量要求 7

8 工艺要求 8

9 生产要求 13

10 钎缝缺欠修补 15

附录 A（资料性） 铜及铜合金硬钎焊典型接头设计推荐 16

附录 B（资料性） 试验检验方法 20

附录 C（资料性） 硬钎焊工艺评定报告（格式） 24

附录 D（资料性） 硬钎焊工艺规程（格式） 27

附录 E（资料性） 基于硬钎焊简化工作试件的试验方法 30

参考文献 33

前 言

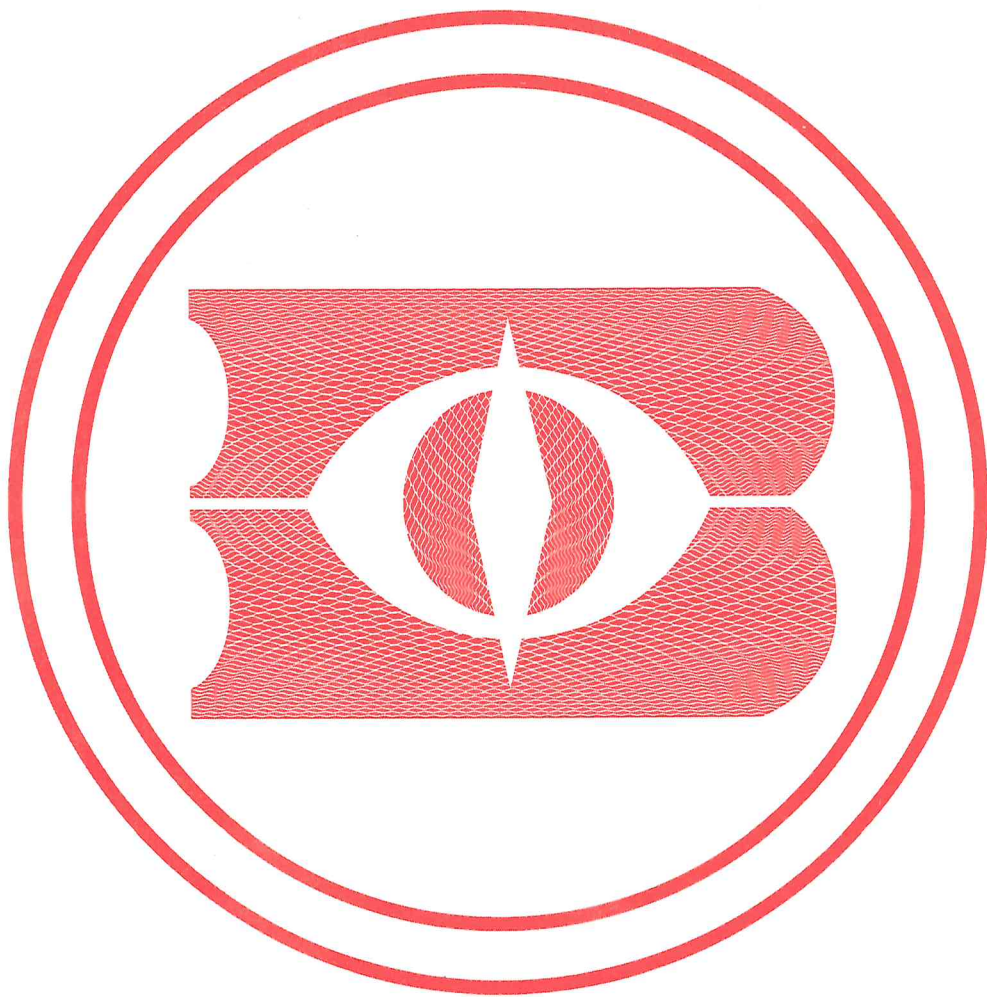
本标准按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国焊接标准化技术委员会(SAC/TC 55)提出并归口。

本文件起草单位：中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中国机械总院集团哈尔滨焊接研究所有限公司、郑州机械研究所有限公司、金华市金钟焊接材料有限公司、浙江银轮机械股份有限公司、中车永济电机有限公司、中国机械总院集团宁波智能机床研究院有限公司、杭州华光焊接新材料股份有限公司、浙江永旺焊材制造有限公司、浙江亚通新材料股份有限公司、浙江新锐焊接科技股份有限公司、成都润博科技有限公司。

本文件主要起草人：张志毅、韩晓辉、龙伟民、孙晓梅、麦小波、刘勇、骆静宜、张雷、黄世盛、盛永旺、刘平、王水庆、谢贵生、杜广、宋鸿宇、周明军。



铜及铜合金钎焊推荐工艺规范

1 范围

本文件规定了铜及铜合金硬钎焊推荐工艺规范的要求,包括一般要求、设计要求、质量要求、工艺要求、生产要求和钎缝缺欠修补等。

本文件适用于铜及铜合金的火焰硬钎焊、感应硬钎焊和电阻硬钎焊。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 2653 焊接接头弯曲试验方法
GB/T 3323(所有部分) 焊缝无损检测 射线检测
GB/T 3375 焊接术语
GB/T 6418 铜基钎料
GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证
GB/T 10046 银钎料
GB/T 11345 焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定
GB/T 11363 钎焊接头强度试验方法
GB/T 18851.1 无损检测 渗透检测 第1部分:总则
GB/T 25343.1 铁路应用 轨道车辆及其零部件的焊接 第1部分:总则
GB/T 25343.3 铁路应用 轨道车辆及其零部件的焊接 第3部分:设计要求
GB/T 26955 金属材料焊缝破坏性试验 焊缝宏观和微观检验
GB/T 33148 钎焊术语
GB/T 33219 硬钎焊接头缺欠
GB/T 41113 硬钎焊工和硬钎焊操作工技能评定
JB/T 6045 硬钎焊用钎剂

3 术语和定义

GB/T 3375、GB/T 33148、GB/T 41113、GB/T 25343.1 和 GB/T 25343.3 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

硬钎焊 brazing

使用钎料的液相线温度高于 450 °C,但低于母材固相线温度进行的钎焊。

[来源:GB/T 41113—2021,3.3]

3.2

硬钎焊工 brazer

用手操作焊枪、焊炬等装置进行手工或半自动硬钎焊的人员。

[来源:GB/T 41113—2021,3.1]

3.3

硬钎焊操作工 **brazing operator**

操作机械或自动硬钎焊设备进行硬钎焊,其操作可直接影响硬钎焊接头质量的人员。

[来源:GB/T 41113—2021,3.2]

3.4

硬钎焊工艺规程 **brazing procedure specification;BPS**

提供硬钎焊工艺要求变量的评定文件。

注: BPS 可保证硬钎焊产品质量的再现性。

[来源:GB/T 41113—2021,3.4,有修改]

3.5

硬钎焊工艺评定报告 **brazing procedure qualification record;BPQR**

记录评价硬钎焊工艺过程中有关试验数据及结果的文件。

3.6

考官 **examiner**

被指定评估硬钎焊工艺是否符合规定要求的人。

[来源:GB/T 41113—2021,3.7]

3.7

考试机构 **examining body**

被指定评估硬钎焊工艺是否符合规定要求的机构。

[来源:GB/T 41113—2021,3.8]

3.8

硬钎焊工艺预规程 **preliminary brazing procedure specification;pBPS**

待评定的硬钎焊工艺规程(3.4)。

[来源:GB/T 41113—2021,3.5]

3.9

钎缝质量等级 **brazing seam performance class**

依据钎焊接头应力等级和安全等级而确定的钎焊接头的性能要求。

注: 钎缝质量等级用“CP”表示。

3.10

钎缝检验等级 **brazing seam inspection class**

根据钎缝质量等级而确定的钎缝检验级别。

注: 钎缝检验等级用“CT”表示。

3.11

许用疲劳应力 **admissible fatigue stress**

考虑到特定系数,钎焊结构件能够承受的最大应力。

[来源:GB/T 25343.1—2010,3.16,有修改]

3.12

应力等级 **stress category**

由应力系数确定的等级。

[来源:GB/T 25343.1—2010,3.14]

3.13

应力系数 **stress factor**

钎焊接头的计算疲劳应力与许用疲劳应力的比值。

注：应力系数可通过合适的安全系数对其进行调整。

[来源：GB/T 25343.1—2010, 3.15, 有修改]

3.14

简化工作试件 simplified working specimen

用于验证硬钎焊人员操作技能或硬钎焊可实施性的简化硬钎焊接头试件。

4 符号

下列符号适用于本文件。

a ——试件长度；
 B ——试样宽度；
 B_1 ——矩形横截面试样平行长度的宽度；
 b ——钎缝间隙；
 b_1 ——试件宽度；
 d ——板材直径；
 D_1 、 D_2 ——管外径；
 K ——钎角尺寸；
 L ——试样总长度；
 L_c ——试样平行长度；
 l ——钎缝长度；
 N ——相同钎缝数量；
 S ——钎缝有效厚度；
 t ——板材厚度；
 t_1 、 t_2 ——管壁厚度。

5 一般要求

5.1 概述

铜及铜合金的硬钎焊，除满足本文件规定外，还需要遵循相关产品标准要求。

5.2 人员资格

5.2.1 产品组装人员

产品组装人员应了解硬钎焊技术知识，上岗操作前应通过工艺培训考核。

5.2.2 硬钎焊人员

硬钎焊工和硬钎焊操作工应按 GB/T 41113 的要求考试合格后持证上岗。

5.2.3 检验检测人员

无损检测和目视检测人员应按照 GB/T 9445 的要求进行资格评定，若检测时使用了未包含在 GB/T 9445 中的方法，则制造商应负责参照 GB/T 9445 的要求提供培训、书面操作规程、考核和现场操作演示，以保证检验检测人员对指定检验检测方法具备操作能力。

5.2.4 破坏性试验人员

破坏性试验人员应通过相应试验操作培训考核。

5.3 硬钎焊装备

5.3.1 硬钎焊设备

新设备或改良的设备在安装之后,应进行相应的试验,以验证设备的功能与状态,并出具书面报告。同时具有设备维护的书面计划,确保设备中控制硬钎焊工艺参数的部件得到维护和检查,保证设备处于良好状态。

5.3.2 工装夹具

硬钎焊工装应确定工件的装配精度、硬钎焊作业环境及硬钎焊位置等因素,硬钎焊区域优先选用不锈钢、陶瓷等导热较慢的材料,正式生产前应通过实物验证。

5.4 工件和试件

5.4.1 材料

母材的性能应符合相应的设计要求,钎料应符合 GB/T 10046 或 GB/T 6418 的要求,钎剂应符合 JB/T 6045 的要求。

材料的运输和存放过程中为避免损坏,应分类存放并做清晰的标识。

5.4.2 加工要求

加工后的工件或试件须清除切口处残留毛刺。

工件或试件的尺寸公差、形状公差等应符合设计要求,并满足硬钎焊组装的精度要求。

工件或试件应按照要求进行焊前清理,待焊接头表面可用干净纱布或清洗剂清除油渍及污物。

5.5 环境与安全要求

硬钎焊作业场地应保持清洁,环境温度不低于 5℃。

硬钎焊作业用气瓶的存放应符合相应的安全要求,并有必要的防护隔离措施。

6 设计要求

6.1 一般原则

产品的设计文件和图样应按产品用途确定设计要求,如结构形式、力学性能、外观质量等,图 1 为常见典型硬钎焊接头类型。

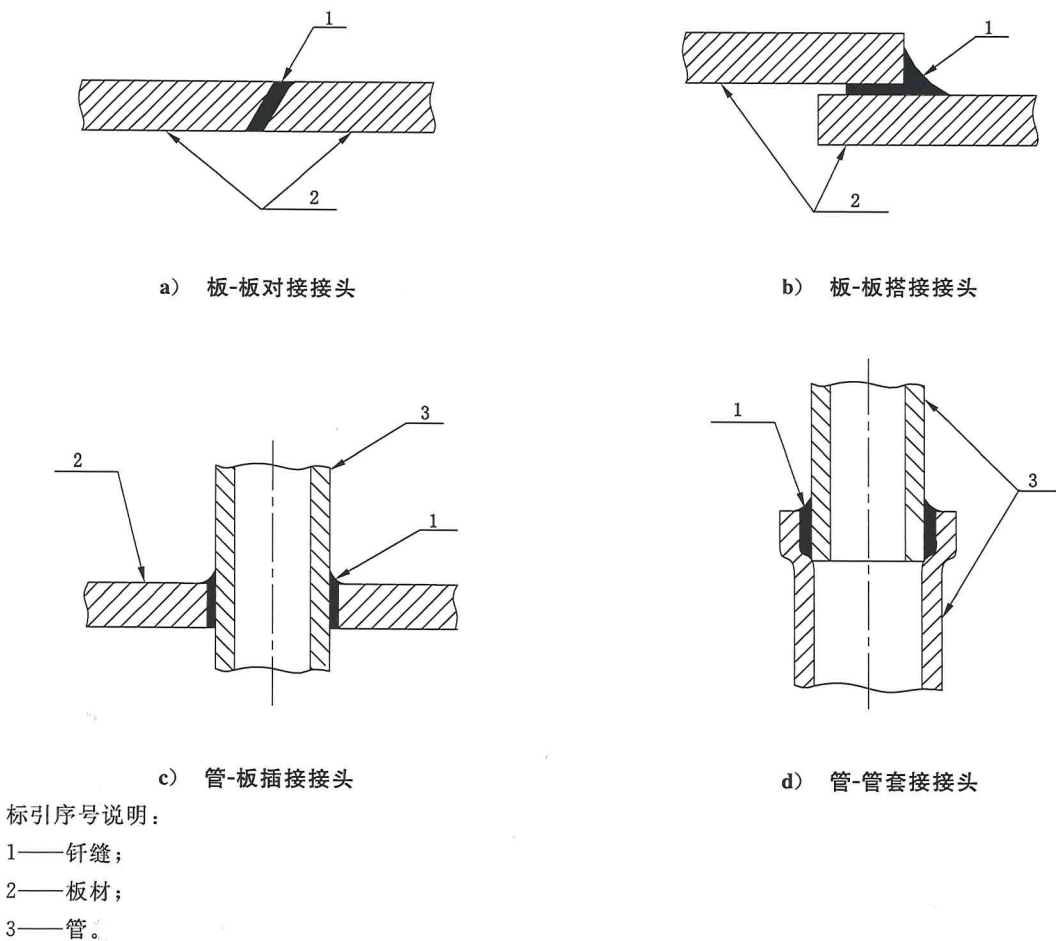


图 1 常见典型硬钎焊接头类型

6.2 接头设计

在设计图纸上宜标注硬钎焊接头的钎缝有效厚度、根部间隙、钎角尺寸和钎缝长度。图 2 为硬钎焊接头标注示例。硬钎焊接头设计应确定接头的结构条件、钎焊的可靠性及承载的应力状态，铜及铜合金硬钎焊典型接头设计推荐见附录 A。

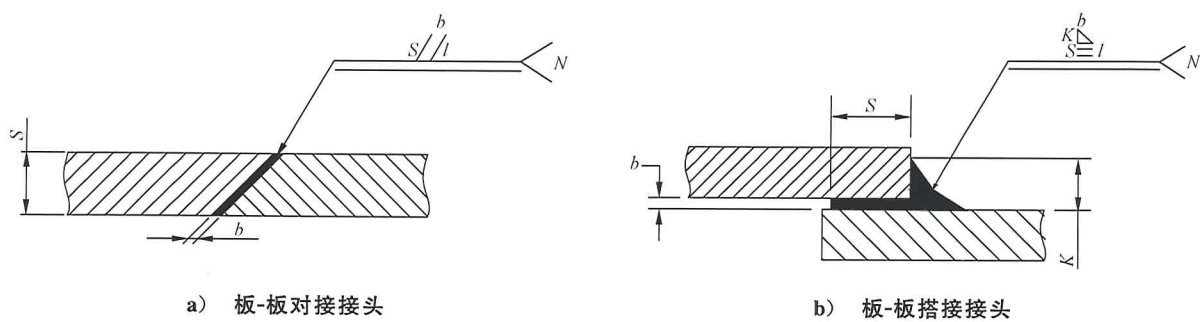
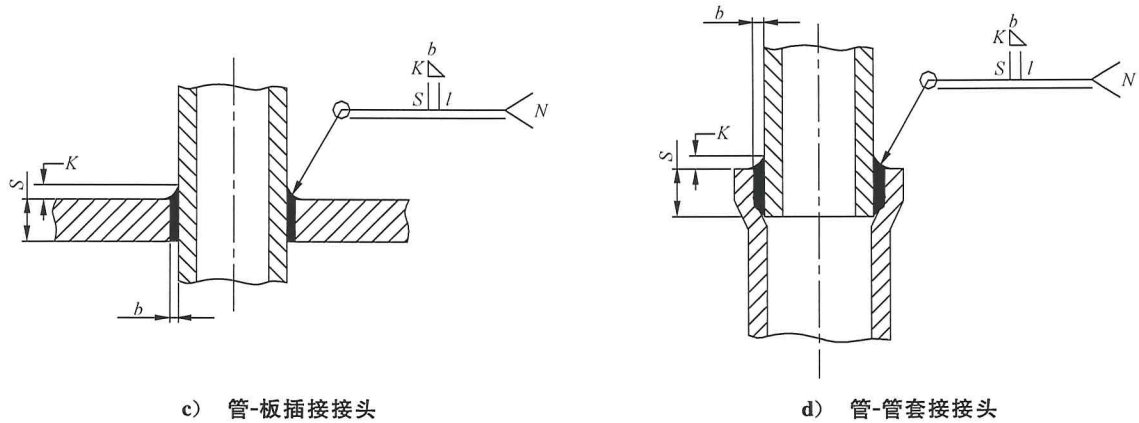


图 2 硬钎焊接头标注示例



标引符号说明：
 b —— 钎缝间隙；
 K —— 钎角尺寸；
 S —— 钎缝有效厚度；
 l —— 钎缝长度；
 N —— 相同钎缝数量。

图 2 硬钎焊接头标注示例（续）

6.3 应力等级

应力等级根据应力系数确定，应力系数为接头的计算疲劳应力与许用疲劳应力之比。
应力等级分为：
a) 低，硬钎焊接头的计算疲劳应力远低于许用疲劳应力值；
b) 中，硬钎焊接头的计算疲劳应力低于许用疲劳应力值；
c) 高，硬钎焊接头的计算疲劳应力接近于许用疲劳应力值。

6.4 安全等级

安全等级定义了单个硬钎焊接头失效的后果对人员、设备和环境造成的影响。
安全等级分为：
a) 低，硬钎焊接头的失效不会导致整体功能的任何直接损害，不可能造成人身伤害事件；
b) 中，硬钎焊接头的失效会直接影响整体功能受损或可能造成人身伤害事件；
c) 高，硬钎焊接头的失效会导致人身伤害和整体功能的下降。

6.5 钎缝质量等级

钎缝质量等级应在设计阶段根据应力等级和安全等级进行定义，钎缝质量等级按应力等级和安全等级分为 CP C1、CP C2、CP C3 和 CP D 四级，见表 1。钎缝质量等级要求应在图纸中或相关文件中给出。

表 1 钎缝质量等级

应力等级	安全等级		
	高	中	低
高	—	—	CP C2
中	—	CP C2	CP C3
低	CP C1	CP C3	CP D

6.6 钎缝检验等级

钎缝检验等级根据接头的钎缝质量等级确定,钎缝检验等级按照钎缝质量等级分为 CT2、CT3、CT4 三级,钎缝质量等级对应钎缝检验等级最低要求关系见表 2。钎缝检验等级要求应在图纸中或相关文件中给出。

表 2 钎缝质量等级与钎缝检验等级最低要求对应关系

钎缝质量等级	钎缝检验等级最低要求
CP C1	CT2
CP C2	CT3
CP C3	CT4
CP D	CT4

6.7 钎缝质量检验要求

钎缝质量等级、应力等级、安全等级、缺欠质量分级、钎缝检验等级与检验要求见表 3。缺欠质量分级要求和检验要求应在图纸中或相关文件中给出。

表 3 钎缝质量检验要求对照

钎缝质量等级	应力等级	安全等级	缺欠质量分级	钎缝检验等级	射线或超声检测	渗透检测	目视检测
CP C1	低	高	C	CT2	10%	10%	100%
CP C2	高	低	C	CT3	—	10%	100%
CP C2	中	中	C	CT3	—	10%	100%
CP C3	中	低	C	CT4	—	—	100%
CP C3	低	中	C	CT4	—	—	100%
CP D	低	低	D	CT4	—	—	100%
注:缺欠质量分级见 GB/T 33219—2016。							

7 质量要求

7.1 缺欠分类

各种接头缺欠的分类及说明应符合 GB/T 33219 的规定。

7.2 接头缺欠验收准则

对硬钎焊接头的各种缺欠分别进行评估,具体的验收准则参照 GB/T 33219。

8 工艺要求

8.1 硬钎焊工艺评定

8.1.1 试件

8.1.1.1 一般原则

试件应采用标准试件,其加工应符合 8.1.1.2 的规定;标准试件不适用时,允许采用模拟实际生产条件的试件进行工艺评定试验。试件制备所采用的硬钎焊工艺应与硬钎焊工艺预规程一致。试验量较多时(如需要进行附加试验或复试),可制备附加试件(或尺寸更长的试件),见 8.1.2.7。

8.1.1.2 试件的形状和尺寸

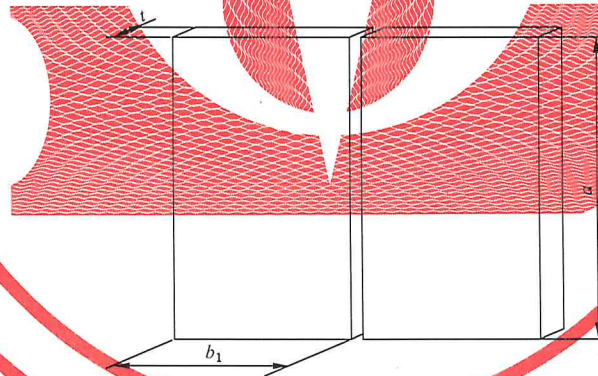
8.1.1.2.1 一般原则

试件应具有足够的尺寸(或数量),以确保进行所有要求的试验。

试件的形状和尺寸应符合 8.1.1.2.2~8.1.1.2.5 的规定。

8.1.1.2.2 板-板对接接头

试件应按图 3 制备,接头制备及组装按硬钎焊工艺预规程(pBPS)。



标引符号说明:

a —— 试件长度,推荐值 200 mm;

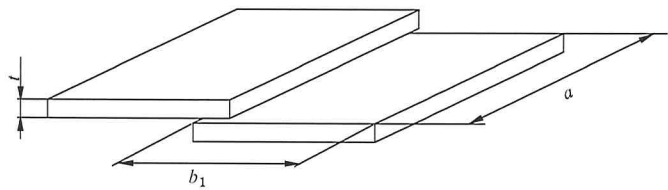
b_1 —— 试件宽度,推荐值 100 mm;

t —— 板材厚度。

图 3 板-板对接接头试件

8.1.1.2.3 板-板搭接接头

试件应按图 4 制备,接头制备及组装按硬钎焊工艺预规程(pBPS)。

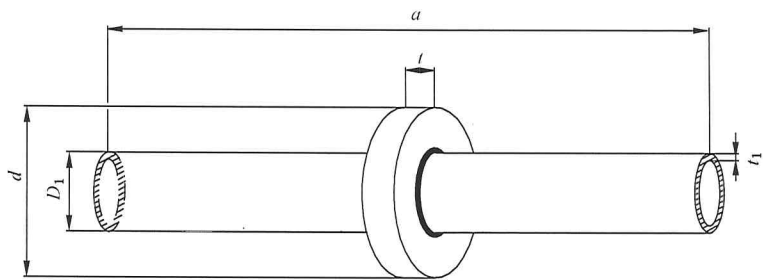


标引符号说明：
 a ——试件长度，推荐值 200 mm；
 b_1 ——试件宽度，推荐值 100 mm；
 t ——板材厚度。

图 4 板-板搭接接头试件

8.1.1.2.4 管-板插接接头

试件应按图 5 制备，接头制备及组装按硬钎焊工艺预规程(pBPS)。

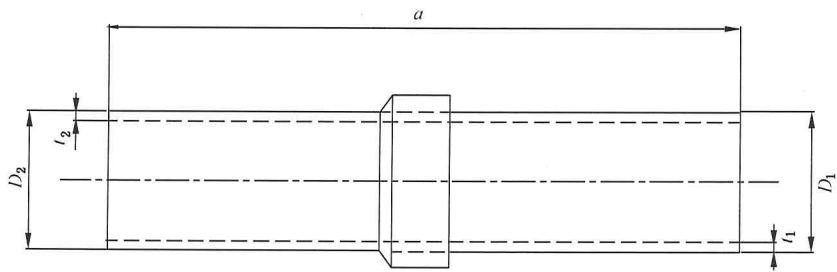


标引符号说明：
 a ——试件长度，推荐值 150 mm；
 t_1 ——管壁厚度；
 D_1 ——管外径；
 t ——板材厚度；
 d ——板材直径。

图 5 管-板插接接头试件

8.1.1.2.5 管-管套接头

试件应按图 6 制备，接头制备及组装按硬钎焊工艺预规程(pBPS)。



标引符号说明：
 a ——试件长度，推荐值 150 mm；
 $t_1、t_2$ ——管壁厚度；
 $D_1、D_2$ ——管外径。

图 6 管-管套接接头试件

8.1.1.3 试件的硬钎焊

试件的制备和硬钎焊应按照硬钎焊工艺预规程,在与实际生产相近的温湿度条件下进行。
试件的硬钎焊及试验应由考官或考试机构监督。

8.1.2 试验及检验

8.1.2.1 试验内容

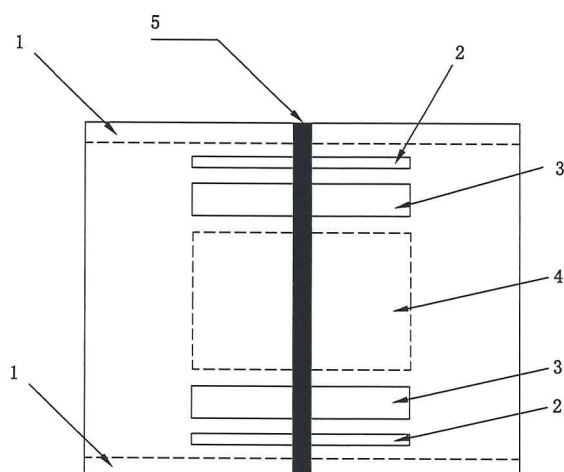
硬钎焊工艺评定试件按表 4 做相应的试验及检验。

表 4 试件的试验及检验

试件	试验和检验项目	试验和检验内容
板-板对接接头	目视检测	100%
	渗透检测	100%
	射线检测或超声检测	100%
板-板对接接头	金相检验	2 个试样
	横向弯曲试验	2 个正弯试样和 2 个背弯试样
	拉伸试验	2 个试样
	附加试验	有要求时 ^a
板-板搭接接头 管-管套接头 管-板插接头	目视检测	100%
	渗透检测	100%
	射线检测或超声检测	有要求时
	金相检验	2 个试样
	剪切试验	2 个试样
	附加试验	有要求时 ^a
^a 附加试验有要求时进行,其中疲劳试验、密封试验见附录 B。		

8.1.2.2 试样的取样位置

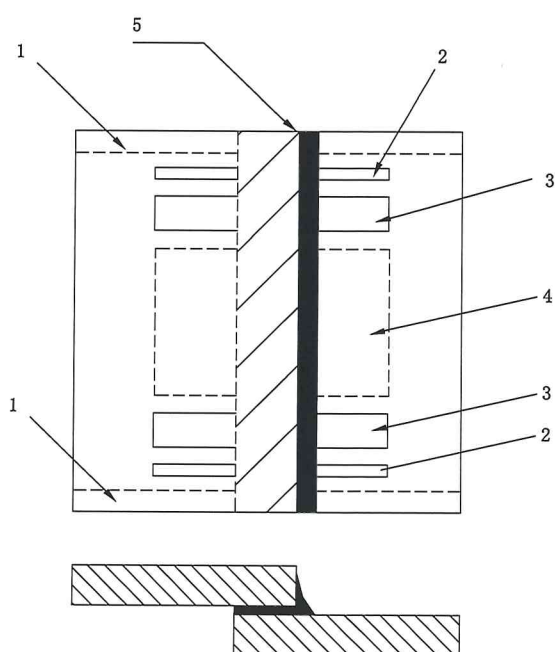
应按照图 7~图 10 的要求截取试样。
截取试样时,允许避开试件的缺欠部位。



标引序号说明:

- 1——端部去除,推荐值 10 mm;
- 2——该部位取 2 个金相试样;
- 3——该部位取 2 个拉伸试样,4 个弯曲试样;
- 4——该部位取附加试样(必要时);
- 5——钎缝。

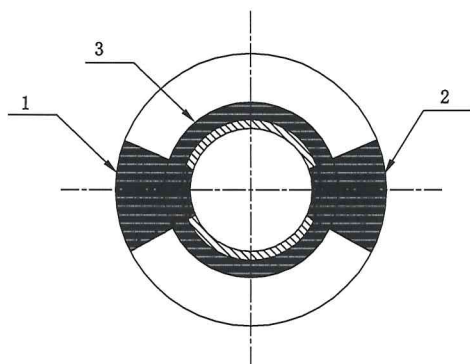
图 7 板-板对接接头试样位置



标引序号说明:

- 1——端部去除,推荐值 10 mm;
- 2——该部位取 2 个金相试样;
- 3——该部位取 2 个剪切试样;
- 4——该部位取附加试样(必要时);
- 5——钎缝。

图 8 板-板搭接接头试样位置



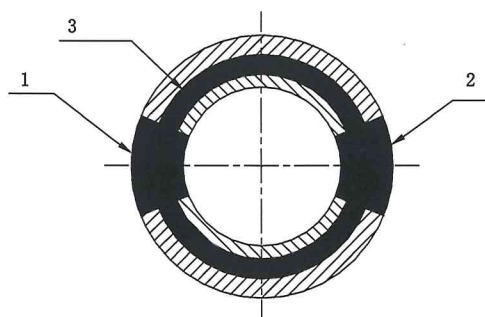
标引序号说明：

1——钎焊起始部位取 1 个金相试样；

2——该部位取 1 个金相试样；

3——钎缝。

图 9 管-板插接接头试样位置



标引序号说明：

1——钎焊起始部位取 1 个金相试样；

2——该部位取 1 个金相试样；

3——钎缝。

图 10 管-管套接头试样位置

8.1.2.3 目视检测(VT)

目视检测的检验方法及验收要求按照 GB/T 41113—2021 中附录 C 的规定进行。

8.1.2.4 无损检测

8.1.2.4.1 渗透检测(PT)

渗透检测应按照 GB/T 18851.1 的规定进行。

8.1.2.4.2 射线检测(RT)

射线检测应按照 GB/T 3323(所有部分)的规定进行。

8.1.2.4.3 超声检测(UT)

若无其他规定,超声检测应按照 GB/T 11345 的规定进行。

8.1.2.5 破坏性试验

8.1.2.5.1 拉伸及剪切试验

板-板对接接头的拉伸试验、板-板搭接接头的剪切试验应按照 GB/T 11363 的规定进行；管-板插接头、管-管套接头剪切试验见附录 B。试样的拉伸或拉剪强度应符合设计文件和客户合同的相关要求。

8.1.2.5.2 弯曲试验

若无其他规定，弯曲试验应按照 GB/T 2653 的规定进行。

8.1.2.5.3 金相试验

硬钎焊接头的金相检验应按照 GB/T 26955 的规定进行。

8.1.2.5.4 密封试验

密封试验可参照附录 B 的相应方法进行。

8.1.2.5.5 疲劳试验

疲劳试验可参照附录 B 的相应方法进行。

8.1.2.6 验收要求

除非另有规定，否则按本文件规定的无损检测和金相试验发现的缺欠，其验收要求参照第 7 章的规定进行评估。如果缺欠限度处于 GB/T 33219—2016 的 B 级质量等级内且没有贯穿接头的缺欠，则判定硬钎焊工艺合格。

8.1.2.7 复试

如果试件不符合目视检测或无损检测的要求，应再焊制一块试件并进行同样的试验。如果附加试件仍无法满足要求，则硬钎焊工艺评定不合格。

如果试样仅因钎焊缺陷不符合破坏性试验要求，每个不符合项应附加两块试样。附加试样可取自同一试件，或取自新焊制的试件。附加试样中的任何一个不符合要求，则硬钎焊工艺评定不合格。

8.2 硬钎焊工艺评定报告(BPQR)

硬钎焊工艺评定报告应记录每个试件(包括附加试件)的评估结果。报告应包含硬钎焊工艺参数，以及按照 8.1.2 要求评定的详细情况。

当所有试验全部合格时，则硬钎焊工艺评定报告(BPQR)合格。合格的硬钎焊工艺评定报告(BPQR)应由考官或考试机构签字确认，硬钎焊工艺评定报告(BPQR)的推荐格式见附录 C。

8.3 硬钎焊工艺规程(BPS)

应依据评定合格的硬钎焊工艺评定报告(BPQR)编制硬钎焊工艺规程，用于指导实际生产，硬钎焊工艺规程(BPS)的推荐格式见附录 D。

9 生产要求

9.1 硬钎焊前准备

开工前按照生产计划配置人员、装备、物料、图纸、工艺文件。人员上岗前培训内容中除了包含钎焊

操作注意事项、施工安全、产品结构特点外,还应根据第 6 章要求对设计图纸中的接头设计要求、钎缝质量等级、缺欠质量分级、钎缝检验等级等内容对相关人员进行专业培训。

9.2 硬钎焊过程

9.2.1 工件装配

对工件进行装配,工件装配状态符合产品作业指导书和硬钎焊工艺规程的要求,常见的不正确装配间隙示例见图 11。

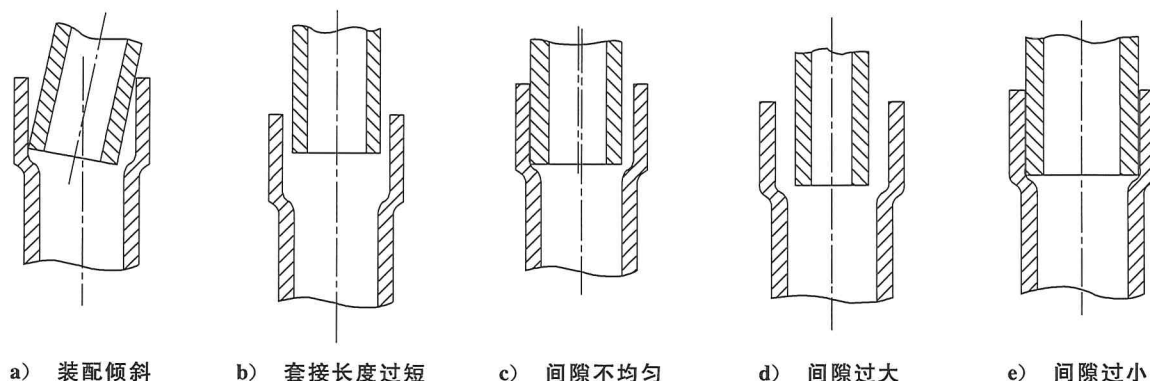


图 11 常见的不正确装配间隙示例

9.2.2 硬钎焊实施

硬钎料填充优先选用水平填充、向下填充两种位置。硬钎焊过程中应观察钎料的熔化和流动状态,出现异常现象时应及时中止工作,排查原因,并采取对应措施。

9.3 硬钎焊后处理

硬钎焊后用湿的钢丝球或湿布擦去钎缝表面的氧化皮、钎剂残留物等污染物,处理干净后用高压风吹干或用白布擦干。

铜管硬钎焊后,用高压风清扫管路内部,观察出风口的通风情况,确认管路无堵塞。

9.4 生产过程检查

9.4.1 硬钎焊前

硬钎焊开始作业前应确认以下各项,必要时根据相关文件要求进行记录:

- 硬钎焊人员资格证书适用性和有效性;
- 硬钎焊工艺规程(BPS)的适用性;
- 母材和硬钎料状态;
- 接头的准备(例如装配间隙和尺寸);
- 接头装配、紧固;
- 根据硬钎焊工艺规程(BPS)设置的钎焊参数;
- 为保证硬钎焊质量,可采用硬钎焊简化工作试件评定硬钎焊工况条件,试验方法可参照附录 E 的规定进行。

9.4.2 硬钎焊中

硬钎焊过程中应对硬钎焊位置、硬钎焊工艺参数进行跟踪和检查。

9.4.3 硬钎焊后

硬钎焊完成后,硬钎焊接头应按照第7章的规定进行外观检查和产品图纸符图性检查,并保留检查记录。

检验记录应至少包含以下内容:

- 接头的外观检查记录;
- 产品图纸符图性检查,包含产品基本尺寸、形状公差和位置公差;
- 无损检测报告;
- 检验人员签字。

10 钎缝缺欠修补

10.1 修补原则

钎缝外观缺欠(如飞溅、钎剂残留、表面粗糙等)优先采用机械方法清除,但应符合相应的钎缝质量要求。

钎缝缺欠(如裂纹、贯穿性气孔、针孔、未钎透、钎角不足等)不符合质量要求时,应按相关文件要求进行补钎或作报废处理。

钎缝修补工艺应进行工艺评定。

10.2 修补方法

对于存在钎料未填满、钎角不足等外观缺欠的钎缝,加热后添加钎料进行补钎,并按照9.4.3要求进行检查。

对于存在内部气孔、裂纹等内部缺欠的钎缝,加热缺欠区域直至钎料完全熔化后,添加钎料进行补钎,并按照9.4.3要求进行检查。

附录 A
(资料性)
铜及铜合金硬钎焊典型接头设计推荐

A.1 接头形式设计

表 A.1 给出了铜及铜合金硬钎焊的典型接头形式及其不同应力等级的推荐接头示意图。

表 A.1 典型接头形式及其不同应力等级的推荐接头

序号	接头形式	接头示意图			
		许用疲劳应力差(不推荐使用)	许用疲劳应力低	许用疲劳应力中	许用疲劳应力高
1	板-板搭接接头				
2	板-板对接接头				
3	薄板对接接头				
4	薄板 T 型接头				

表 A.1 典型接头形式及其不同应力等级的推荐接头（续）

序号	接头形式	接头示意图			
		许用疲劳应力差(不推荐使用)	许用疲劳应力低	许用疲劳应力中	许用疲劳应力高
5	管-板插接接头				
6	管-管套接接头				
7	管轴接头				
注：图中箭头代表受到外力作用的方向。					

A.2 接头工艺参数设计

表 A.2 给出了铜及铜合金硬钎焊典型接头推荐工艺参数。

表 A.2 典型接头推荐工艺参数

序号	接头类型	横截面示意图	钎缝标注示例图	接头设计参数			感应硬钎焊推荐工艺参数			火焰硬钎焊推荐工艺参数			电阻硬钎焊推荐工艺参数		
				板材厚度 t 管外径 D_1 mm	钎缝间隙 b mm	钎缝有效厚度 S mm	感应电流 A	加热时间 s	感应线圈高度 mm	火焰类型	焰芯长度 mm	硬钎焊温度 ℃	焊接电流 A	焊接时间 s	电极压力 N
1	板-板 对接 接头			$0.5 \leq t \leq 3$	$b \leq 0.15$	$S \leq t$	80~120	12~25	3~10	中性焰	30~40	750~850	—	—	—
2				$3 < t \leq 10$	$b \leq 0.15$	$S \leq t$	100~140	15~29	5~12	中性焰	30~40	750~850	—	—	—
3				$10 < t$	$b \leq 0.25$	$S \leq t$	120~150	18~35	8~20	中性焰	30~40	750~850	—	—	—
4	板-板 搭接 接头			$0.1 \leq t_1 \leq 3$	$b \leq 0.15$	—	80~120	12~25	3~10	中性焰	30~40	750~850	100~5 000	50~200	1~10
5				$3 < t_1 \leq 10$	$b \leq 0.15$	—	100~140	15~29	5~12	中性焰	30~40	750~850	3 000~1 500 000	100~2 000	5~40
6				$10 < t_1$	$b \leq 0.25$	—	120~150	18~35	8~20	中性焰	30~40	750~850	5 000~20 000	1 000~5 000	15~60

表 A.2 典型接头推荐工艺参数 (续)

序 号	接头 类型	横截面示意图	钎缝标注示例图	接头设计参数			感应硬钎焊推荐工艺参数				火焰硬钎焊推荐工艺参数				电阻硬钎焊推荐工艺参数		
				板材 厚度 t 管外 径 D_1 mm	钎缝 间隙 b mm	钎缝 有效 厚度 S mm	感应 电流 A	加热 时间 s	感应 线圈 高度 mm	火焰 类型	焰芯 长度 mm	硬钎焊 温度 $^{\circ}\text{C}$	焊接 电流 A	焊接 时间 s	电极 压力 N		
7	管~ 板插 接头			$3 \leq D_1 \leq 6$	$b \leq 0.10$	$S \leq t_1$	100~140	15~29	10~12	中性焰	30~40	750~850	—	—	—		
8				$6 < D_1 \leq 10$	$b \leq 0.15$	$S \leq t_1$	100~140	10~24	10~12	中性焰	30~40	750~850	—	—	—		
9				$10 < D_1 \leq 15$	$b \leq 0.18$	$S \leq t_1$	100~140	13~27	10~12	中性焰	30~40	750~850	—	—	—		
10				$15 < D_1 \leq 22$	$b \leq 0.18$	$S \leq t_1$	100~140	12~33	8~10	中性焰	30~40	750~850	—	—	—		
11	管-管 套接 接头			$5 \leq D_1 \leq 10$	$b \leq 0.10$	—	60~70	16~25	—	中性焰	30~40	750~850	—	—	—		
12				$10 < D_1 \leq 15$	$b \leq 0.15$	—	70~90	20~27	—	中性焰	30~40	750~850	—	—	—		
13				$15 < D_1 \leq 22$	$b \leq 0.18$	—	90~110	22~27	—	中性焰	30~40	750~850	—	—	—		

附 录 B
(资料性)
试验检验方法

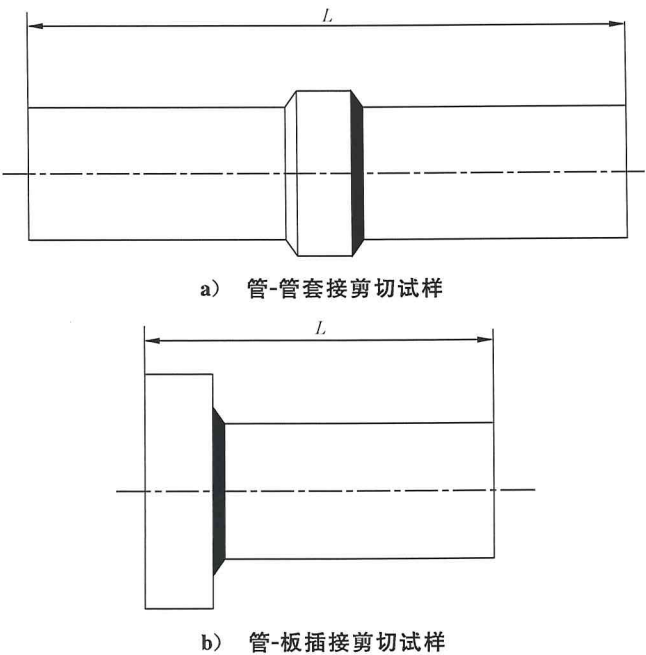
B.1 剪切试验

对于外径 ≤ 50 mm 的铜管,采用整截面管进行剪切试验,管-管套接头剪切试样的形状如图 B.1 a) 所示,试样长度 L 符合试验要求,推荐值 150 mm;管-板插接接头剪切试样的形状如图 B.1 b) 所示,试样长度 L 符合试验要求,推荐值 100 mm,试样截取时不宜采取热切割的方式。

对于外径 > 50 mm 的铜管,采用条状试样进行剪切试验。

参照 GB/T 2651 规定的方法进行试验。

评定标准:试样的拉剪强度符合设计文件和客户合同的相关要求。



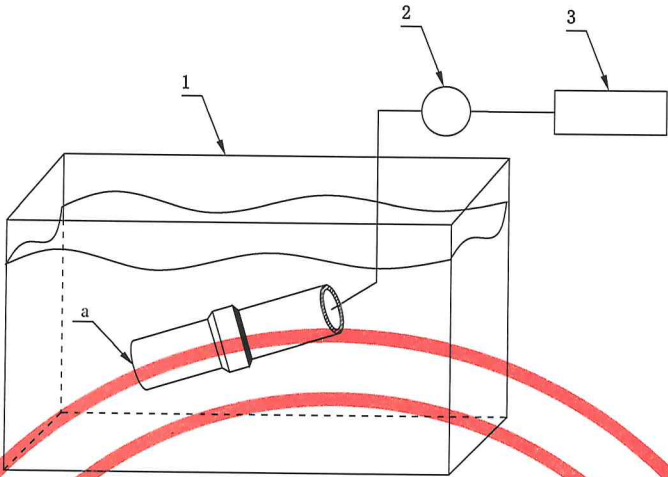
标引符号说明:
 L ——试样总长度。

图 B.1 剪切试样

B.2 密封试验

密封试验装置示意图如图 B.2 所示,试样的长度符合试验要求,推荐值 150 mm。试验时将铜管的一端进行封堵,另一端连接加压装置。然后将铜管完全浸没在水箱中,待压力达到规定值后停止加压并保压一定时间,观察和记录压力值。

评定标准:当压力及保压时间达到规定值时,压力稳定,无明显压降。



标引符号说明：
1——水箱；
2——压力表；
3——加压设备
a——断口连接封堵装置。

图 B.2 密封试验装置示意图

B.3 疲劳试验

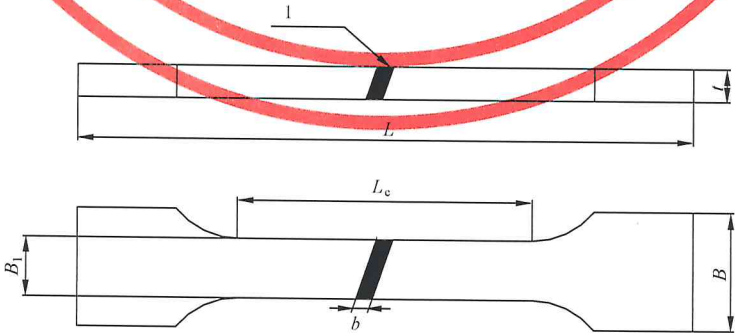
如无其他规定,为提高硬钎焊工艺评定试验效率,可采用简化疲劳试验方法。

板-板对接接头疲劳试验试样如图 B.3 a) 所示,矩形横截面试样平行长度的宽度 B , 推荐值 18 mm; 试样总长度 L 推荐值 200 mm; 试样宽度 $B > 1.5B_1$; 试样平行长度 $L_e \geq b + 2B_1$, 其中 $B_1/t \geq 2$ 。

板-板搭接接头疲劳试验试样如图 B.3 b) 所示,试样宽度 B 推荐值 30 mm; 试样总长度 L 推荐值 150 mm。

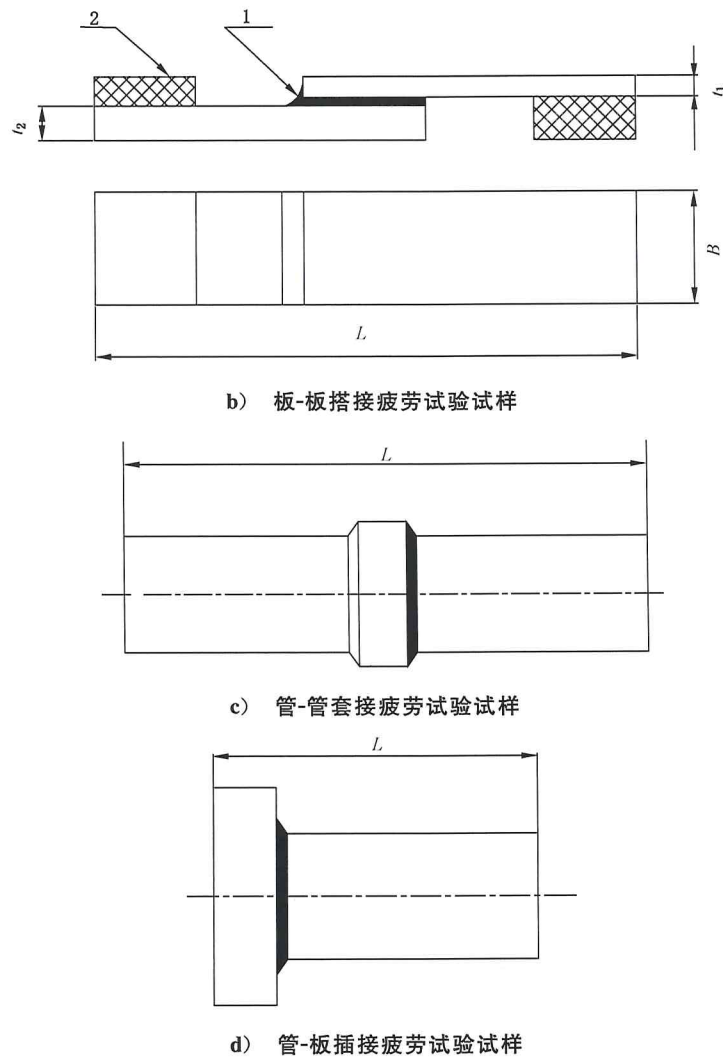
管-管套接头疲劳试验试样如图 B.3 c) 所示,试样总长度 L 推荐值 150 mm。

管-板插接接头疲劳试验试样如图 B.3 d) 所示,试样总长度 L 推荐值 100 mm。试样截取时不宜采取热切割的方式,推荐采用线切割等加工方式。



a) 板-板对接疲劳试验试样

图 B.3 疲劳试验试样的尺寸



标引符号说明：

1 —— 钎缝；

2 —— 垫块；

B_1 —— 矩形横截面试样平行长度的宽度；

L —— 试样总长度；

B —— 试样宽度；

L_c —— 试样平行长度；

t —— 板材厚度；

b —— 钎缝间隙。

图 B.3 疲劳试验试样的尺寸（续）

在试验机上安装试样，确保试验机的加载轴及试样的中心轴对中，然后固定夹持端，保证试样在试验时不松动。试验时循环施加脉动拉伸力，以获得 S-N 曲线，采用不同等级应力进行试验，当达到所规定的循环次数或试样断裂，试验结束。具体试验条件见表 B.1。

表 B.1 疲劳试验条件及其内容

试验条件	试验内容
试验环境	在室内自然条件下进行
试验温度	室温(20℃~25℃)
试验装置	电—液伺服疲劳试验机
载荷种类	正弦波轴向拉伸载荷
应力比	$R(\sigma_{\min}/\sigma_{\max})=0.1$
应力等级	6个~8个应力级
试样数量	每个应力等级采用3个~5个试样
振动频率	30 Hz~140 Hz
疲劳寿命	10^5 次~ 10^7 次(根据产品要求确定)
注： $\sigma_{\min}$ 为最大应力； $\sigma_{\max}$ 为最小应力。	

试样在规定的等级应力下,连续试验至达到规定的疲劳寿命,试样未断裂且无裂纹产生,且最大等级应力下获得的试验结果不小于设计要求的疲劳强度,则判定疲劳试验结果合格。

试验结果
无损检测

试验类型	检验结果	备注
VT		
PT		
RT		
UT		

拉伸试验

试样编号	试样尺寸 mm	S_0 mm ²	F_m N	R_m N/mm ²	拉伸强度 平均值 N/mm ²	破断位置及 断面状态	备注

剪切试验

试样编号	试样尺寸 mm	S_0 mm ²	τ_m N	R_m N/mm ²	剪切强度 平均值 N/mm ²	破断位置及 断面状态	备注

弯曲试验

试样编号	试样尺寸 mm	压头直径 mm	弯曲角度	弯曲类型	缺欠类型及尺寸

金相检验

试样编号	
金相图片	
检验结果	

附加试验：

备注：

完成试验的要求：

试验报告编号：

试验结果符合/不符合：

完成试验的人员或单位：

考官姓名或考试机构名称、日期及签名

附录 D
(资料性)
硬钎焊工艺规程(格式)

火焰硬钎焊工艺规程示例如表 D.1 所示,感应硬钎焊工艺规程示例如表 D.2 所示,电阻硬钎焊工艺规程示例如表 D.3 所示。

表 D.1 火焰硬钎焊工艺规程

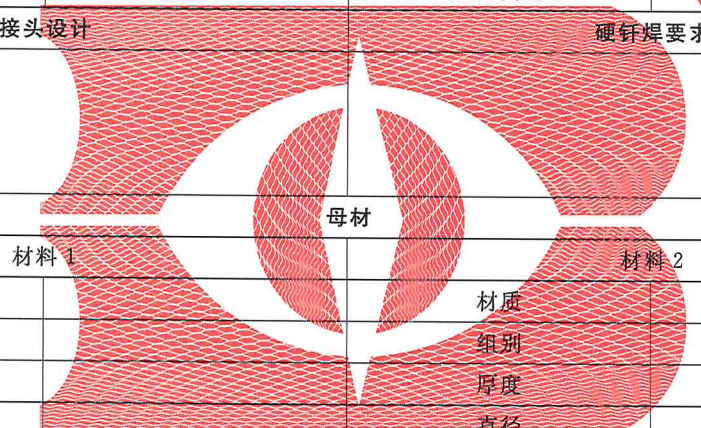
硬钎焊工艺规程(BPS)			
BPS 编号			
制造商名称和地址			
BPQR 编号			
硬钎焊方法		接头制备方法	
接头类型		硬钎焊位置	
接头设计		硬钎焊要求	
			
材料 1		材料 2	
材质		材质	
组别		组别	
厚度		厚度	
直径		直径	
硬钎料			
型号		规格	
填充位置		添加方式	
硬钎剂			
型号		规格	
填充位置		添加方式	
硬钎焊参数			
燃气类型		燃气压力	
氧气压力		火焰类型	
焊枪火焰/mm		硬钎焊温度/℃	
冷却方式		环境温度/℃	
喷嘴尺寸		机械化程度	
硬钎焊前清理方法			
硬钎焊后清理方法			
注意事项			
签名及日期		制定	校核
		批准	

表 D.2 感应硬钎焊工艺规程

硬钎焊工艺规程(BPS)			
BPS 编号			
制造商名称和地址			
BPQR 编号			
硬钎焊方法		接头制备方法	
接头类型		硬钎焊位置	
接头设计		硬钎焊要求	
母材			
材料 1		材料 2	
材质		材质	
组别		组别	
厚度		厚度	
直径		直径	
钎料			
型号		规格	
填充位置		添加方式	
钎剂			
型号		规格	
填充位置		添加方式	
设备信息			
设备名称		设备编号	
电源型号		机械化程度	
硬钎焊参数			
程序编号		感应电流/A	
加热时间/s		感应线圈高度/mm	
冷却方式		环境温度/℃	
硬钎焊前清理方法			
硬钎焊后清理方法			
注意事项			
签名及日期	制定	校核	批准

表 D.3 电阻硬钎焊工艺规程

硬钎焊工艺规程(BPS)			
BPS 编号			
制造商名称和地址			
BPQR 编号			
硬钎焊方法		接头制备方法	
接头类型		硬钎焊位置	
接头设计		硬钎焊要求	
母材			
材料 1		材料 2	
材质		材质	
组别		组别	
厚度		厚度	
直径		直径	
钎料			
型号		规格	
填充位置		添加方式	
钎剂			
型号		规格	
填充位置		添加方式	
设备信息			
设备名称		设备编号	
电源型号		电极直径/宽度	
电极材料		机械化程度	
硬钎焊参数			
程序编号		焊接电流/A	
电流种类		电极压力/N	
焊接时间/s		环境温度/℃	
硬钎焊前清理方法			
硬钎焊后清理方法			
注意事项			
签名及日期	制定	校核	批准

附 录 E
(资料性)

基于硬钎焊简化工作试件的试验方法

E.1 概述

硬钎焊生产前和生产过程中设备运行状态异常、在硬钎焊工艺规程范围内调整相关参数可使用硬钎焊工作试件进行试验,评定合格后方可正式生产。

E.2 试验人员

试验由硬钎焊人员进行操作,试验人员操作前宜通过相应试验培训考核。

E.3 试验步骤

E.3.1 硬钎焊设备点检

设备开启进行状态点检,确认工作状态良好。

E.3.2 试验材料

硬钎焊试验试件在材质、管径、板厚、热处理和表面状态等方面,可与实际生产中所使用的材料相同。

E.3.3 试验过程

试件的制备与实际生产保持一致,按照硬钎焊工艺规程(BPS)进行钎焊。

E.3.4 检验条件

E.3.4.1 检验内容

简化工作试件的检验内容见表 E.1。

表 E.1 简化工作试件的检验内容

试件	检验项目	检验内容
板-板对接接头	目视检测 金相试验 ^a	100 % 2 个试样
板-板搭接接头	目视检测 金相试验 ^a	100 % 2 个试样
管-管套接头	目视检测 金相试验 ^a	100 % 2 个试样
管-板插接接头	目视检测 金相试验 ^a	100 % 2 个试样
^a 有要求时		

E.3.4.2 取样部位

试件的接头形式及试样取样位置及尺寸见图 E.1～图 E.4。

单位为毫米

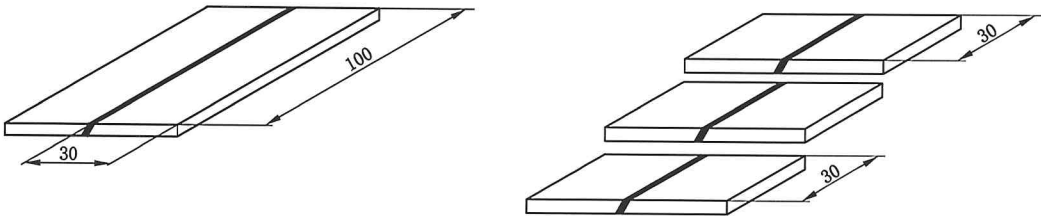


图 E.1 板-板对接接头形式及试样截取方式

单位为毫米

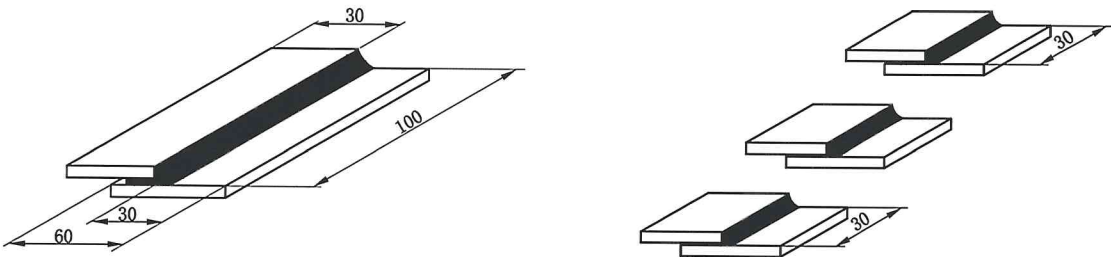


图 E.2 板-板搭接接头形式及试样截取方式

单位为毫米

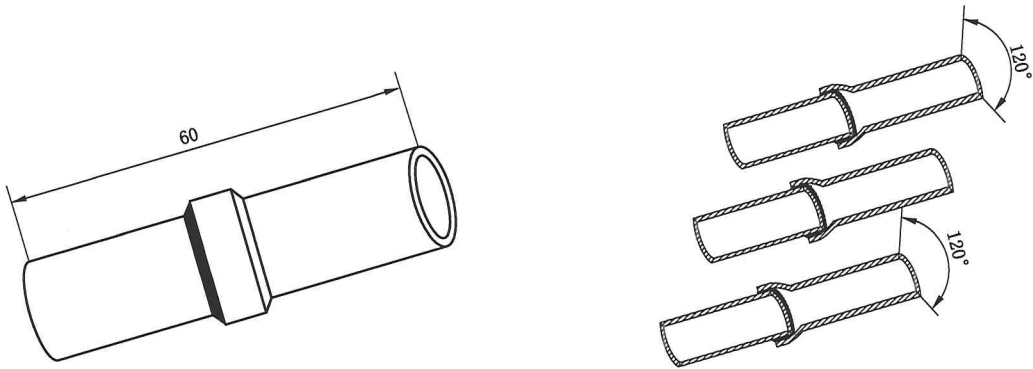


图 E.3 管-管套接头形式及试样截取方式

单位为毫米

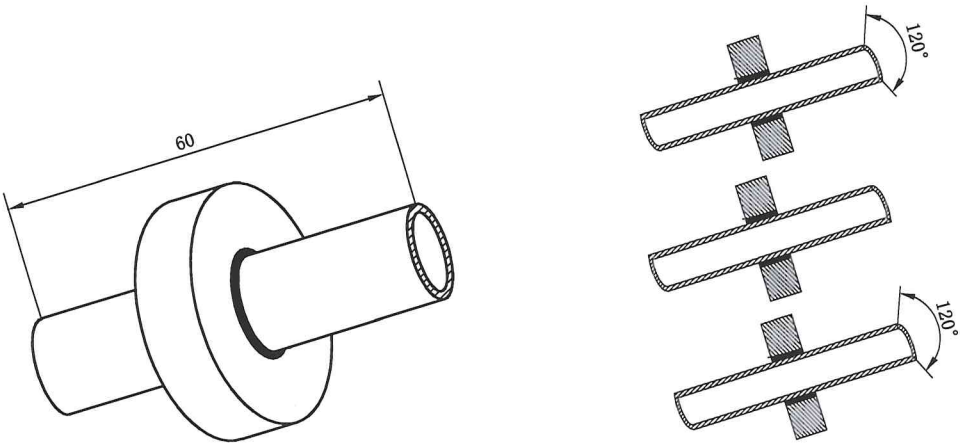


图 E.4 管-板插接头形式及试样截取方式

E.3.4.3 检验方法与验收条件

检验方法及验收条件参照第 8 章的要求进行。

E.3.4.4 复验

任何一项检验不合格时,检查设备状态是否异常、试件是否符合要求。排除异常后,可重新做两次试验,全部符合要求后则可正常生产;如复验结果仍不符合要求,可对硬钎焊工艺参数在工艺规程规定范围内进行适当调整后,重新进行试验。

E.4 试验报告

硬钎焊工作试件的试验报告记录以下信息,并存档:

- a) 产品图号;
- b) 产品批号;
- c) 硬钎焊设备编号;
- d) 硬钎焊接头组合形式、金相照片等。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2651 焊接接头拉伸试验方法
 - [2] GB/T 33219—2016 硬钎焊接头缺欠
 - [3] GB/T 41113—2021 硬钎焊工和硬钎焊操作工技能评定
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
铜及铜合金钎焊推荐工艺规范
GB/T 43321—2023

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2.5 字数 72 千字
2023年11月第一版 2023年11月第一次印刷

*

书号: 155066 • 1-74173 定价 65.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 43321—2023

