

团体标准

T/CMIF XXXX—XXXX

管壳式热交换器焊接管头制造质量评价规则

Evaluation rules for manufacturing quality of welded tube-tubesheet joint of shell-and-tube heat exchangers

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2021-12）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国机械工业联合会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 材料	1
5 结构	1
6 总则	1
7 评价规则	2
7.1 材料因素	2
7.2 焊接因素	2
7.3 制造质量因素	2
附录 A（资料性） 管壳式热交换器焊接管头制造质量评价检查记录	6

前 言

本文件按照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。

本文件由中国机械工业联合会提出并归口。

本文件起草单位：甘肃蓝科石化高新装备股份有限公司、中国机械工业联合会、哈尔滨焊接研究院有限公司、哈尔滨空调股份有限公司、上海蓝滨石化设备有限责任公司、中国石油大学。

本文件主要起草人：。

本文件是首次发布。

引 言

近年来，我国制造业技术质量水平快速提升，检测方法与技术的快速发展对产品质量保证提供了强有力支撑。管壳式热交换器作为过程工业中使用量大面广的承压设备，提高其管头焊接质量稳定性，保障产品在使用阶段长周期稳定运行，成为行业共性质量提升需求。GB/T151-2014《热交换器》中关于换热管与管板焊接接头质量仅局限于质量合格要求层面，未涉及产品质量合格基础上的质量评价和质量分级，不利于引导产品质量升级。

本文件依托工信部产业技术基础公共服务能力提升和行业质量共性技术推广项目制定，首次规定管头制造质量评价规则与技术指标，引导行业提升管壳式热交换器换热管与管板焊接连接质量，以促进行业转型升级、高质量发展。

本文件不限制业界同行探寻使用新技术、新方法和新装备的可能性。使用先进方法时应作出可靠的判断，确保其满足产品安全可靠和产品质量验收的基本要求。

管壳式热交换器焊接管头制造质量评价规则

1 范围

- 1.1 本文件规定了管壳式热交换器焊接管头质量评价的规则，包括考虑因素、权重及量化评价指标。
- 1.2 本文件适用于材料为碳素钢、低合金钢和奥氏体不锈钢的管壳式热交换器焊接管头质量评价及分级。

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 151-2014 热交换器
- NB/T 47013-2015 承压设备无损检测
- NB/T 47014-2011 焊接工艺评定
- NB/T 47015-2011 压力容器焊接规程

3 术语和定义

GB/T 151界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

管头制造质量 manufacturing quality of welded tube-tubesheet joint

管壳式换热器的换热管与管板焊接连接的材料、机械加工、组装、焊接质量的集合。

3.2

管头制造质量评价 quality evaluation

依据本文件制定的规则，对换热器管头制造质量主要因素的检测数据和实物进行量化评价，判别其质量水平。

4 材料

本文件适用于碳素钢、低合金钢、奥氏体不锈钢材质制造的管壳式热交换器。

5 结构

本文件适用于换热管与管板之间在管板管程侧形成焊接连接接头的管头结构；适用的焊接管头为：GB/T 151-2014 图6-19、图6-21和附录H的管头连接结构。

如产品设计文件要求的管头连接结构与GB/T 151-2014图6-19、图6-21和附录H给定的结构不一致，可参照本文件制定适宜的质量评价指标。

6 总则

6.1 制造单位应当按照设计文件的规定和要求，结合焊接工艺评定，编制管头质量计划。质量计划中应当策划质量合格的控制要求。对需要进行质量评价的换热器，应在质量计划中增加质量评价的质量控制要求。

6.2 管头制造质量应形成记录，质量记录可采用本文件附录 A 的样式。

6.3 换热管与管板焊接管头质量评价考虑的因素和权重量化分配见表 1。

表1 换热管与管板焊接管头质量评价考虑的因素和权重量化分配表

序号	因素	代号	权重	备注
1	材料	M	100	
2	焊接技术	W	100	
3	制造质量	Q	100	
3.1	加工质量	QM	10	
3.2	组装质量	QA	10	
3.3	外观质量	QS	10	
3.4	内在质量	QB	70	

6.3.1 质量评价计分按照材料、焊接、质量三类因素求积，计分公式为，质量评价得分=材料分*焊接分*质量分。

6.3.2 质量因素的组成因素（细分因素）采用加权求和方式计分。

6.3.3 细分因素的评价按照本文件设定的评分标准，进行量化评价。

6.3.4 管头焊接质量评价分级如下：

- a) A 级产品 90 分以上（含 90 分）；
- b) B 级产品 75 分~90 分（含 75 分）；
- c) C 级产品 60 分~75 分（含 60 分）。

6.4 评价规则

6.4.1 材料因素

6.4.1.1 进行焊接管头质量评价时，应当查验换热管、管板、焊接材料的材料质量证明书；确认合格，则认定材料因素系数为 1。发现任何一项不合格时，材料因素系数为 0。

6.4.1.2 必要时可进行材料复验，当复验结果与材料质量证明属不一致时，应当进行再复验。

6.4.2 焊接因素

进行焊接管头质量评价时，应当查验焊接设备、焊接工艺、焊工技能证书；确认符合要求，则认定焊接因素系数为 1。发现任何一项不合格时，焊接因素系数为 0。

6.4.3 制造质量因素

6.4.3.1 零件尺寸与表面质量

6.4.3.1.1 管板的管孔应当符合 GB/T 151 和设计文件要求。在此基础上，每个管板应随机检查 20 个或不少于 10% 的管孔。检查包括管孔直径、管孔坡口倒角尺寸（深度和角度）、管孔表面粗糙度、管孔表面清洁度。按照表 2 的规则对管板管孔加工质量进行量化评价。

6.4.3.1.2 换热管的外径与壁厚应当符合标准和设计文件要求。在此基础上，每台换热器在管束组装前应检查 20 根或不少于 10% 的换热管。检查包括外径、壁厚、表面清洁度。按照表 3 的规则对换热管的质量进行量化评价。

表2 管板管孔质量量化评价表

序号	项目	要求及计分准则	分值	得分	备注
1	管板管孔直径尺寸及偏差	符合要求，28 分； 1) 平均尺寸等于基本设计尺寸+0.5 倍公差，且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.25 倍公差，40 分； 2) 平均尺寸等于基本设计尺寸+ (0.4~0.6) 倍公差，且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.5 倍公差，36 分； 3) 平均尺寸等于基本设计尺寸+ (0.4~0.6) 倍公差，且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.75 倍公差，32 分；	40		
2	管板管孔坡口尺寸（深度和角度）及偏差	符合要求，21 分； 1) 平均尺寸等于基本设计尺寸+0.5 倍公差，且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.25 倍公差，30 分； 2) 平均尺寸等于基本设计尺寸+ (0.4~0.6) 倍公差，且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.5 倍公差，27 分； 3) 平均尺寸等于基本设计尺寸+ (0.4~0.6) 倍公差，且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.75 倍公差，24 分；	30		
3	管孔表面粗糙度	符合要求：Ra12.5 或设计图样要求，10 分； 表面粗糙度均匀一致，15 分； 表面粗糙度均匀性较好，12 分	15		
4	管孔表面清洁程度	符合要求：无污垢，无杂物，12 分； 用白布擦拭检查，无油垢、杂物，15 分；	15		

表3 换热管尺寸与表面质量评价表

序号	项目	要求及计分准则	分值	得分	备注
1	换热管外直径尺寸及偏差	符合要求，35 分； 1) 平均尺寸等于基本设计尺寸+0.5 倍公差，且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.25 倍公差，50 分； 2) 平均尺寸等于基本设计尺寸+ (0.4~0.6) 倍公差，且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.5 倍公差，45 分； 3) 平均尺寸等于基本设计尺寸+ (0.4~0.6) 倍公差，且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.75 倍公差，40 分；	50		
2	换热管壁厚尺寸及偏差	符合要求，28 分； 1) 平均尺寸等于基本设计尺寸+0.5 倍公差，且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.25 倍公差，40 分；	40		

序号	项目	要求及计分准则	分值	得分	备注
		2) 平均尺寸等于基本设计尺寸+ (0.4~0.6) 倍公差, 且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.5 倍公差, 36 分; 3) 平均尺寸等于基本设计尺寸+ (0.4~0.6) 倍公差, 且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.75 倍公差, 32 分;			
3	换热管表面清洁程度	符合要求: 无污垢, 无杂物、锈斑, 12 分; 用白布擦拭检查, 无油垢、杂物, 15 分;	10		

6.4.3.2 组装质量

6.4.3.2.1 需要进行管头质量评价的管束, 应在焊接前、焊接后量化记录换热管伸出管板的长度。每台换热器在管束组装前应检查 20 根或不少于 10% 的换热管外伸长度。

6.4.3.2.2 按照表 4 的规则对换热管的质量进行量化评价。

表4 换热管外伸长度质量评价表

序号	项目	要求及计分准则	分值	得分	备注
1	换热管外伸长度尺寸及偏差 (焊接前)	符合要求, 35 分; 1) 平均尺寸等于基本设计尺寸+0.5 倍公差, 且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.25 倍公差, 50 分; 2) 平均尺寸等于基本设计尺寸+ (0.4~0.6) 倍公差, 且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.5 倍公差, 45 分; 3) 平均尺寸等于基本设计尺寸+ (0.4~0.6) 倍公差, 且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.75 倍公差, 40 分;	50		
2	换热管外伸长度尺寸及偏差 (焊接后)	符合要求, 35 分; 1) 平均尺寸等于基本设计尺寸+0.5 倍公差, 且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.25 倍公差, 50 分; 2) 平均尺寸等于基本设计尺寸+ (0.4~0.6) 倍公差, 且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.5 倍公差, 45 分; 3) 平均尺寸等于基本设计尺寸+ (0.4~0.6) 倍公差, 且实测最大尺寸和最小尺寸之差小于 0.75 倍公差, 40 分;	50		

6.4.3.3 焊接管头外观质量

6.4.3.3.1 换热管与管板的焊接接头外观应当饱满、均匀, 焊缝焊脚形状与尺寸符合设计文件要求。换热管与管板的焊接接头, 目视检查视检测内容包括表面裂纹, 表面气孔, 表面夹渣, 管壁烧穿, 焊缝余高或肉瘤, 弧坑缺陷, 管端熔化, 咬边, 电弧擦伤, 飞溅, 管壁减薄, 焊道布置不合理。

6.4.3.3.2 需要进行管头质量评价的管束, 应进行表面渗透检测, 检测合格。之后按照表 5 的规则对焊接管头外观质量进行量化评价。

表5 焊接管头表面质量评价表

序号	项目	要求及计分准则	分值	得分	备注
1	焊缝金属表面质量	符合要求：无裂纹、咬边、气孔等，35分 1) 100%表面检测（PT）一次合格；焊缝表面均匀性好，收弧质量好；50分 2) 100%表面检测（PT）一次合格；焊缝表面均匀性较好，收弧质量较好；45分 3) 相邻管头环缝交界处圆滑过渡，无沟槽；47分	50		
2	换热管金属表面	符合要求：端部无熔化、内壁无烧穿等，35分 1) 换热管端部形状保持清晰可见，外伸长度符合要求；内壁无氧化发黑或发蓝现象；50分 2) 内壁有轻微发黑或发蓝的氧化现象；40分	50		

6.4.3.4 焊接管头内在质量

6.4.3.4.1 需要进行管头质量评价的管束，应对换热管与管板的焊接接头施行射线检测，检测比例为每个管板端至少 20 个或 10%的管头。一次检测发现不合格时，应翻倍扩大检测比例，扩大检测比例仍发现不合格时，应再次翻倍扩大比例，直至检测合格。不合格的管头，焊补之后，应再次进行检测，确认合格。

6.4.3.4.2 射线检测合格之后，根据检测记录对焊接管头内在质量按照表 6 的规则进行量化评价。

表6 焊接管头焊缝内部质量评价表

序号	项目	要求及计分准则	分值	得分	备注
1	焊缝内在质量	不符合检测标准要求：射线检测发现裂纹、未熔合；条形气孔；局部密集气孔；0分。 符合检测标准要求：缺陷长径小于 0.5t, 且不大于 1mm；数量小于等于 3, 间距大于 2 倍长度；70分； 1) 缺陷长径小于 0.3t, 且不大于 1mm；数量小于等于 3, 间距大于 2 倍长度；80分； 2) 缺陷长径小于 0.2t, 且不大于 0.8mm；数量小于等于 2, 间距大于 2 倍长度；90分； 3) 缺陷长径小于 0.2t, 且不大于 0.5mm；数量小于等于 1；100分。	100		

附录 A

(资料性)

管壳式热交换器焊接管头制造质量评价检查记录

A.1 管壳式换热器管束的管头制造质量记录可采用表 A.1 的样式。

表A.1 管壳式热交换器焊接管头制造质量评价检查记录表

接头结构简图		管板管孔断面图						产品编号				
								产品图号				
								接头名称				
								接头编号				
								焊接工艺评定报告编号				
								焊接工艺卡编号				
管板材料				换热管材料				焊接材料				
材料质量证明书编号												
焊接工艺评定编号				焊接方法				焊接设备				
焊接参数 (电流)								焊工技能证书				
管 板 管 孔 质 量	序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
	管孔位置 (行号-列号)											
	直径											
	坡口深度											
	坡口角度											
	粗糙度											
	洁净度											
	序号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	平均
	管孔位置 (行号-列号)											
	直径											
	坡口深度											
	粗糙度											
	洁净度											

表 A.1 (续)

换 热 管 质 量	序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	外直径											
	壁厚											
	清洁度											
	序号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	外直径											
	壁厚											
	清洁度											
组 装 质 量	序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
	管孔位置 (行号-列号)											
	外伸长度 (焊接前)											
	外伸长度 (焊接后)											
	序号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	平均
	管孔位置 (行号-列号)											
	外伸长度 (焊接前)											
	外伸长度 (焊接后)											
外 观 质 量	序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	焊缝表面均匀 性											
	收弧质量											
	换热管内壁面 氧化程度											
	序号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	焊缝表面均匀 性											
	收弧质量											
	换热管内壁面 氧化程度											

表 A. 1 (续完)

内 在 质 量	序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	缺陷长径											
	数量											
	间距											
	序号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	缺陷长径											
	数量											
	间距											
质量评 价得分	管板质量			换热管质量			组装质量					
	外观质量			内在质量			总体质量					