



团 体 标 准

T/ZZB 2097—2021

焊接用压电超声换能器

Piezoelectric ultrasonic transducer for welding



2021 - 04 - 24 发布

2021 - 05 - 01 实施

浙江省品牌建设联合会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 结构和分类 2

5 基本要求 2

6 技术要求 3

7 试验方法 4

8 检验规则 5

9 标志、包装、贮存、运输 6

10 质量承诺 7

附录 A（资料性） 换能器总电容 8



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这些专利的责任。

本文件由浙江省品牌建设联合会提出并归口。

本文件由杭州成功超声设备有限公司牵头组织制定。

本文件主要起草单位：杭州成功超声设备有限公司。

本文件参与起草单位（排名不分先后）：宁波新芝生物科技股份有限公司、北京国标联合认证有限公司杭州分公司。

本文件主要起草人：陈元平、华大成、陈川、林兵。

本文件评审专家组长：周树华。

本文件由杭州成功超声设备有限公司负责解释。



焊接用压电超声换能器

1 范围

本文件规定了焊接用压电超声波换能器（以下简称“换能器”）的术语与定义、结构和分类、基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、贮存、运输、质量承诺。

本文件仅适用于标称频率范围为15 kHz~70 kHz换能器。

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 1184 形状和位置公差 未标注公差
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 2040 铜及铜合金板材
- GB/T 2054 镍及镍合金板
- GB/T 2414.1 压电陶瓷材料性能试验方法 圆片径向伸缩振动模式
- GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）的检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3089.1 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
- GB/T 3191 铝及铝合金挤压棒材
- GB/T 3388 压电陶瓷材料型号命名方法
- GB/T 3389.1 铁电压电陶瓷词汇
- GB/T 3620.1 钛和钛合金牌号及化学成分
- GB/T 3947 声学名词术语
- GB/T 7965 水声换能器测量
- GB/T 17252 100kHz以下超声压电换能器的特性和测量
- JB/T 5944 工程机械 热处理件通用技术条件

3 术语和定义

GB/T 2414.1、GB/T 3388、GB/T 3389.1、GB/T 3947 和 GB/T 17252 以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

压电超声换能器

一种通过压电元件，将电能转换为超声能量的器件。

3.2

换能器总电容

换能器静态电容和换能器动态电容的总和。

4 结构和分类

4.1 换能器结构一般由螺帽、后盖板、压电陶瓷、电极片、中心螺杆、前盖板组成。

4.2 换能器按形状可分为：

——柱型换能器；

——倒喇叭型换能器。

4.3 换能器按陶瓷片材料可分为：

——M1\M2 型换能器（压电陶瓷材料为 PZT-8 系列）；

——L1 型换能器（压电陶瓷材料为 PZT-4 系列）。

5 基本要求

5.1 设计研发

采用有限元分析法设计换能器的谐振频率、形状及尺寸结构和振动模态等性能。

5.2 原材料及配件

5.2.1 金属件

以铝合金、合金钢、钛合金、不锈钢、铜合金、镍合金等金属作为前盖板、后盖板、中心螺杆、电极片、螺帽等的原材料。中心螺杆一般用高强度，抗疲劳的金属作为原材料，也有用钛合金作为中心螺杆的材料。原材料选择详见表1。

表1 换能器结构材料要求

结构件名称	原材料选择	质量要求
前盖板	钛合金、铝合金	铝合金牌号：GB/T 3191规定的2024，6061或7075 3191牌号
后盖板	合金钢、不锈钢、钛合金、铝合金	钛合金牌号：GB/T 3620.1规定的TC4牌号 中心螺杆强度：GB/T 3089.1规定的不低于12.9级
中心螺杆	合金钢、钛合金	铜合金牌号：GB/T 2040规定的 QSn6.5-0.1或QSn6.5-0.4牌号
电极片	铜合金、镍合金	镍合金牌号：GB/T 2054规定的 N6，N7，NCu28-2.5-1.5牌号
螺帽	合金钢、不锈钢、钛合金	钢材牌号：GB/T 3077规定的 40Cr牌号 钢材热处理要求：JB/T 5944规定的调质处理，HRC28~32 不锈钢牌号：GB/T 1220规定的 06Cr19Ni10，022Cr17Ni12Mo2 牌号

5.2.2 压电陶瓷

5.2.2.1 采用 GB/T 3388 所规定的压电陶瓷作为有源材料，宜采用 PZT-4 和 PZT-8。

5.2.2.2 压电陶瓷的厚度方向上，两个端面平行度公差应不大于 0.025 mm。

5.3 工艺及装备

5.3.1 应具备数控车床、CNC 加工中心、自动老化装置等自动化设备。

5.3.2 应具备确保形位公差的工艺加工能力，加工精度应达到 GB/T 1184 规定的 7H 级及以上精度。

5.3.3 应具备换能器空载老化工序，老化时间不小于 15 min。

5.4 检验检测

5.4.1 应具备谐振频率、等效电阻、总电容偏差、绝缘电阻、电气强度等项目的检测能力。

5.4.2 应具备阻抗分析仪、振动位移幅度测量仪、绝缘电阻测量仪和绝缘耐压仪等检测设备。

6 技术要求

6.1 外观

6.1.1 外表无毛刺、无锈蚀、无污物，电镀层无脱落。

6.1.2 同极性电极片的垂直投影偏差应不大于 9° ，不同极性的电极片应成 $180^\circ \pm 9^\circ$ 。

6.1.3 压电陶瓷和电极片的错位偏差应不大于 0.5 mm。

6.2 性能参数

6.2.1 谐振频率及同批极差应符合表 2 的规定。

表2 谐振频率和同批极差

单位：kHz

标称频率	15	18	20	25	28	30	35	40	50	60	70
实际频率	14.5~ 15.1	17.4~ 18.1	19.3~ 20.1	24.3~ 25.1	27.2~ 28.2	29.2~ 30.2	34.2~ 35.2	39.0~ 40.5	49.0~ 51.0	57.5~ 60.5	69.0~ 72.0
同批极差	≤0.4	≤0.4	≤0.4	≤0.5	≤0.6	≤0.6	≤0.6	≤0.6	≤1.0	≤1.5	≤1.5

6.2.2 谐振时的动态电阻

谐振时的动态电阻应符合表3的规定。

表3 动态电阻

压电陶瓷直径/mm		≤35			>35		
压电陶瓷片数/片		2	4	6	2	4	6
频率段所 对应电阻 值/Ω	15 kHz/18 kHz/20 kHz	≤50	≤20	≤15	≤20	≤8	≤5
	25 kHz/28 kHz/30 kHz/35 kHz/40 kHz	≤50	≤25	≤15	≤30	≤15	≤10
	50 kHz/60 kHz	≤80	≤50	≤35	/	/	/
	70 kHz	≤150	≤100	/	/	/	/
注：“/”标示无此类型换能器。							

6.2.3 换能器总电容

换能器总电容应符合附录A要求。

6.2.4 绝缘电阻

在1 000 V测试条件下，换能器绝缘电阻不少于100 M Ω 。

6.2.5 电气强度

换能器应能承受1 500 V的试验电压，试验电压波形为正弦波，频率为50 Hz，试验时间1 min，试验期间不应发生闪络或击穿。

6.2.6 温升

换能器的温升应不大于40 K。

7 试验方法

7.1 试验条件

本文件所使用的测量方法，在环境温度为 (25 ± 5) ℃，标准气压的条件下进行。

7.2 外观检验

7.2.1 自然光下目测。

7.2.2 用长爪游标卡尺测量压电陶瓷、电极片的错位偏差，用角度尺测量电极片投影角度。

7.3 性能参数试验

7.3.1 谐振频率

将仪器测量端的正负极，分别对应连接到换能器的正负电极上，用阻抗分析仪（在标称频率 ± 2 kHz频率段内）进行测量，应测算阻抗分析仪测试过程的不确定度（ U_{95} ），读取阻抗分析仪谐振频率数值。

7.3.2 共振时的动态电阻

将仪器测量端的正负极，分别对应连接到换能器的正负电极上，用阻抗分析仪进行测量，应测算阻抗分析仪测试过程的不确定度（ U_{95} ），读取阻抗分析仪动态电阻数值。

7.3.3 总电容

将仪器测量端的正负极，分别对应连接到换能器的正负电极上，用阻抗分析仪进行测量，应测算阻抗分析仪测试过程的不确定度（ U_{95} ），读取阻抗分析仪的总电容数值。

7.3.4 绝缘电阻

将仪器测量端的正负极，分别对应连接到换能器的正负电极上，用绝缘电阻仪进行测量，应测算绝缘电阻仪测试过程的不确定度（ U_{95} ），读取绝缘电阻仪的绝缘电阻数值。

7.3.5 电气强度

使用绝缘耐压仪进行测试，将试验电压在不短于10 s的时间从零逐渐升高至1 500 V，保持电压状态下1 min，查看换能器的状态。

7.3.6 温升

使用千分表、振动位移幅度测量仪或显微镜法，测量换能器输出端面的振动位移幅度，通过匹配调试，将换能器的输出振幅调整到符合表4内的振动位移幅度的要求。再使用红外线测温仪，在空载条件下，根据表4的测试时间，试验压电陶瓷的温升。

表4 换能器压电陶瓷温升和振动位移幅度关系要求

换能器标称频率 (kHz)	压电陶瓷直径 (mm)	换能器形状	测试时间 (min)	振动位移幅度 (峰峰值 μm)	压电陶瓷温升 (K)
15	≥ 60	倒喇叭型	30	20~22	≤ 40
		柱型	30	16~18	≤ 40
	< 60	倒喇叭型	30	22~24	≤ 40
		柱型	30	18~20	≤ 40
18和20	≥ 50	倒喇叭型	30	10~12	≤ 40
		柱型	30	8~10	≤ 40
	< 50	倒喇叭型	30	12~14	≤ 40
		柱型	30	10~12	≤ 40
25	≤ 50	柱型	30	10~12	≤ 40
28	≥ 38	倒喇叭型	15	8~10	≤ 40
		柱型	15	6~8	≤ 40
	< 38	倒喇叭型	15	10~12	≤ 40
		柱型	15	8~10	≤ 40
30	≤ 30	倒喇叭型	15	8~10	≤ 40
		柱型	15	6~8	≤ 40
35	≤ 30	倒喇叭型	15	8~10	≤ 40
		柱型	15	6~8	≤ 40
40	≤ 30	倒喇叭型	15	7~9	≤ 40
		柱型	15	5~6	≤ 40
60	≤ 15	柱型	15	4~6	≤ 40
70	≤ 10	柱型	15	12~14	≤ 40

8 检验规则

8.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。检验项目见表5。

表5 产品检验项目表

检验项目	要求	试验方法	检验分类	
			出厂检验	型式检验
外观	6.1.1	7.2.1	▲	▲
	6.1.2	7.2.2	△	▲

表5 （续）

检验项目	要求	试验方法	检验分类	
			出厂检验	型式检验
外观	6.1.3	7.2.2	△	▲
谐振频率	6.2.1	7.3.1	▲	▲
动态电阻	6.2.2	7.3.2	▲	▲
总电容	6.2.3	7.3.3	▲	▲
绝缘电阻	6.2.4	7.3.4	△	▲
电气强度	6.2.5	7.3.5	△	▲
温升	6.2.6	7.3.6	▲	▲
注：“▲”表示实施全检；“△”表示实施抽检。				

8.2 出厂检验抽样和判定准则

根据检验批的批量大小，按照GB/T 2828.1正常检验一次抽样方案，一般检验水平II，接收质量限（AQL）值2.5。

8.3 型式检验

8.3.1 通则

通常有下列情况之一时，一般应进行型式试验，也可根据产品实际情况进行型式试验：

- 新产品或老产品转厂生产的试制定型检验；
- 正式生产后，如结构、材料、工艺、生产设备有较大的改变，可能影响产品质量及性能时；
- 正式生产时，定期或积累一定产量后，应每三年进行一次型式检验；
- 产品长期停产（6个月以上）后，恢复生产时；
- 本次出厂检验结果与上一次型式试验结果有较大差异时；
- 国家行政机构提出进行型式试验要求时。

8.3.2 抽样

在出厂检验合格的产品中随机抽取同批次产品5只作为抽样，若该批次数小于5只，则全部抽取作为抽样。

8.3.3 判定

抽样换能器全部项目合格为该型式检验合格。出现任何一个或任何项目不合格时则判定为型式检验不合格。

9 标志、包装、贮存、运输

9.1 标志

标志至少应包括以下内容：

- 厂名、品牌；
- 产品名称；

- 产品规格（类别、尺寸等）；
- 产品标准编号；
- 产品质量检验合格证。

9.2 包装

换能器宜使用塑料薄膜、泡沫塑料、纸箱等材料进行包装。

9.3 贮存和运输

- 9.3.1 产品贮存应防潮、防暴晒、防腐蚀，产品包装件应在仓库内堆放，存放处应干燥通风、清洁。
- 9.3.2 产品在运输中应保证产品质量不受影响，应做到安全稳妥，防水、防腐、防暴晒、防雨淋、小心装卸、不得沾污。

10 质量承诺

- 10.1 换能器质量有异议在 24 小时内做出响应处理。
- 10.2 在正常运输和贮存的情况下，12 个月内产品出现质量问题免费更换。



附 录 A
(资料性)
换能器总电容

表A. 1规定了文件中换能器类型及其总电容。

表A. 1 换能器总电容

换能器频率 (kHz) 及形状	压电陶瓷直径 (mm)	片数	换能器分类及电容		
			M1 (pF)	M2 (pF)	L1 (pF)
15柱型	70	6	/	/	25 000-29 000
	70	4	/	12 500-14 000	17 000-19 000
	65	4	/	11 000-12 000	/
	60	4	10 000-11 000	9 000-10 000	12 500-13 500
	60	6	/	13 500-14 500	19 500-21 000
	50	4	13 000-14 300	11 000-13 000	15 000-17 000
	40	4	/	7 500-8 500	/
18柱型	50	6	19 000-21 000	16 500-18 000	21 500-23 500
20柱型	60	4	14 000-16 000	/	/
	55	4	10 500-11 500	10 000-11 500	14 300-15 300
	55	6	/	18 500-20 000	26 000-27 000
	50	6	/	18 000-21 500	21 500-23 500
	50	4	13 000-14 000	11 000-12 200	14 500-16 000
	50	2	5 500-6 500	6 000-6 500	8 000-9 000
	40	4	9 500-11 000	9 500-11 000	/
	40	2	5 000-6 000	6 000-8 500	/
	38	4	/	6 500-7 500	/
	30	6	/	6 000-7 000	/
25柱型	50	2	/	5 000-6 000	6 500-7 500
	50	4	/	10 000-12 000	/
28柱型	38	4	/	7 200-8 200	10 000-12 000
	38	2	/	3 700-4 200	/
	30	4	6 000-7 000	5 500-6 200	/
	30	2	3 300-3 800	2 800-3 300	/
	25	4	/	3 600-4 200	/
	25	2	2 300-2 600	1 800-2 100	/
30柱型	30	4	6 200-7 200	/	/
	30	2	/	2 650-3 100	/
35柱型	30	4	/	5 500-6 200	/
	30	2	/	2 700-3 100	/

表A.1 (续)

换能器频率 (kHz) 及形状	压电陶瓷直径 (mm)	片数	换能器分类及电容		
			M1 (pF)	M2 (pF)	L1 (pF)
35柱型	25	2	1 800-2 100	1 900-2 050	/
40柱型	30	2	/	2 000-2 300	/
	30	4	/	5 100-5 800	6 500-7 500
	25	2	2 200-2 600	2 000-2 300	/
	20	2	/	/	1 500-1 700
60柱型	15	2	700-800	/	750-850
70柱型	10	2	/	/	850-950
15倒喇叭型	70	4	/	12 500-14 000	17 000-19 000
	65	4	13 000-14 000	/	/
	60	6	/	19 000-20 500	23 000-25 000
	60	4	10 000-11 000	9 000-10 000	/
	50	6	/	17 000-19 000	23 000-25 000
	50	4	/	9 000-10 000	14 500-15 500
20倒喇叭型	50	4	12 300-13 500	10 500-11 500	13 600-14 600
	50	6	/	18 000-20 000	21 000-23 000
	40	6	12 000-13 000	13 500-15 000	/
	40	4	10 000-11 000	9 000-10 000	10 500-11 500
	30	6	/	8 000-9 000	/
	30	4	/	9 000-10 000	/
30倒喇叭型	30	4	6 000-7 000	5 000-6 000	/
35倒喇叭型	50	4	/	11 000-12 000	/
	35	4	/	6 600-7 400	9 000-10 000
	35	2	/	/	4 500-5 000
	30	4	/	5 500-6 200	9 200-10 200
	30	2	/	/	4 600-5 200
35倒喇叭型	25	4	/	3 900-4 600	/
40倒喇叭型	30	2	3 400-3 800	/	/
	25	4	/	3 500-4 000	4 100-5 000
	20	4	/	/	4 600-5 000
50倒喇叭型	20	2	/	/	1 800-1 900
注：“/” 标示无此型号换能器。					