

值明显, 因此要求电发生器的激振频率必须合适, 否则将严重影响效率, 而通常在高声强超声应用中, 电发生器的工作频率处于换能器系统(包括匹配网络)输入电阻抗值的最小处或相位相同处, 即电压传输系数最大处, 而此时的效率是相对较低的, 而喇叭型或直棒型换能器系统, 如清洗换能器, 工作频带较宽, 在一定频率范围内效率较高, 但仍有最佳点, 而这些最佳点比我们通常所选择的工作点频率高, 即高于空载共振频率; 对聚能型的换能器系统, 只要找准最佳点, 其效率并不比扩展型的换能器系统低。高

声强液体处理中, 由于空化会导致辐射阻抗降低, 使换能器辐射效果降低, 这是液体处理应用、设备设计时应考虑的一个问题。

参考文献

1 Eiji Mori, Sadayuki Ueha et, al. Conference Proceedings. Ultrasonics International 83, 154 ~ 159.
2 林仲茂等. 中国科学院声学研究所研究报告. 1981年 10 月
3 颜志余, 林仲茂. 应用声学 1993, 12(4): 21 ~ 27
4 L. D. Rozenberg. High Intensity Ultrasound Fields (Ed. L. D. Rozenberg). 1971: 379 ~ 381

A5 T-1 型压电超声换能器的设计特点及其在工业上的应用和新应用探索

罗曾义 石文安 彭福臣

(中国科学院声学研究所 北京 · 100080)

1 引言

自郎之万发明夹心式压电换能器以来已有几十年历史, 经过前人的不断研究和完善, 已达相当水平, 并广泛用于声呐, 超声检测、加工、清洗等各个方面, 然而, 这种换能器在大功率超声的应用方面仍然有工作性能不够稳定、过热、碎片等问题, 其中以碎片尤为严重和危害最大, 影响用户正常使用。为此, 我们针对上述问题, 采取了一些相应措施, 设计有 T-1 型压电超声换能器, 较好地解决了上述问题, 经使用证明, 工作性能良好, 稳定, 能经受较为苛刻的使用条件(如: 处理高温介质等), 使用寿命较长等等, 受到用户欢迎和采用。另外, 我们还进行了一些新应用探索, 并取得较好效果, 可明显提高产品质量和生产率, 甚至有某些突破性进展, 受到用户的重视和关注, 意义深远。下面就有关情况作一简单介绍, 以求抛砖引玉, 进一步促进夹心式压电超声换能器的研究和应用, 更好地为国民经济和国防建设服务。

2 T-1 型压电超声换能器的设计特点

T-1 型压电超声换能器是为实验室小样处理而

设计, 但增加一些附件, 经过装配也可用于工业化连续生产。换能器是采用传统的夹心式结构, 并相应配有变幅器, 其设计主要有 3 大特点: 一是采用带金属夹紧环压电片, 因而可限制压电片的径向振动, 有利于改善压电片的散热状况和换能器工作性能, 并能有效地防止压电片在大功率条件下工作而可能产生的碎裂现象。二是在换能器的后夹紧块和阶梯形变幅器的变截面处设计有铝夹套, 可供换能器和变幅器通水冷却。这对要求在大功率条件下连续工作的换能器尤为重要, 这对要求处理高温或低温介质时也是使能实现的重要条件和措施。三是采用大直径螺钉($\geq M18$)直接将换能器固紧在阶梯形变幅器的大端面处, 使压电片受到很强的夹紧预应力, 并且使压电片与夹紧金属及电极间有良好接触, 因此, 即使在无粘结情况下, 也能很好工作, 这对需要更换压电片和其它零件时尤为方便。以上设计三大特点已经实用考验, 证明是可行和优越的, 所制 T-1 型压电超声换能器已为国内许多科研和生产单位试用和采用。主要工作参数见表 1。

表 T-1 型压电换能器工作参数

参 数 型 号	T-1 型 (基本型)	T-1A 型 (加一级圆锥变幅器)	T-1B 型 (加一级扁形变幅器)	T-1C 型 (加一级小直径变幅器)	T-1D 型 (变幅器有内孔)
频率 (kHz)	18.0 ± 0.5	18.0 ± 0.5	16.0 ± 0.5	18.0 ± 0.5	18.0 ± 0.5
功率 (W)	0 ~ 250	0 ~ 250	0 ~ 250	0 ~ 250	0 ~ 250
效率 (%)	≥ 80 ~ 90	≤ 80 ~ 90	≤ 80 ~ 90	≤ 80 ~ 90	≤ 80 ~ 90
工作方式	间断或连续	间断或连续	间断或连续	间断或连续	间断或连续

3 T-1 型压电超声换能器在工业上的应用和新应用探索

3.1 超声强化化学反应

(1) 超声强化氰化法浸出黄金的研究

常规氰化法浸金过程时间较长,可达 8 至 24 小时或更长,为缩短浸金时间,提高提取金的效率,强化浸金过程已越来越受到各国重视和开展。我们采用 T-1 型压电超声换能器进行了超声强化浸出黄金的研究,在适当的工艺条件下,浸出率达 95%(对精矿)和 70%(对原矿)以上所需浸出时间,可缩短至 30 分(对精矿)和 15 分(对原矿),比原有搅拌方法可提高浸出速度十几倍至几十倍。另外,采用超声强化浸金还可提高浸金深度,并有可能降低污染,甚至采用无氰浸出试剂(如硫脲等)而彻底消除污染,这对环保将有重大意义。

(2) 超声强化异丙醇铝水解反应的研究

超声强化化学反应的明显作用正促使声化学作为一个独立学科分支而兴起和发展。我们采用 T-1 型压电超声换能器进行了超声强化异丙醇铝水解反应的研究,考察超声强度对异丙醇铝水解反应速度及产物形貌粒径的影响,实验结果表明:超声空化效应强化了水解后产物的扩散过程,加快了反应速度,并使一水合氧化铝产物的形貌由不规则的粒状转化为球状或椭圆球颗粒,在采用高强度超声处理时,不仅可提高反应速度几十倍,而且促使水解体系产生了胶化现象,溶液呈胶态,这对溶液-凝胶法制备超细粉末、薄膜等有着广泛的应用前景,有重大经济价值。

3.2 超声乳化和均化

超声乳化和均化与一般乳化和均化设备、工艺相比具有许多优点,例如乳化(或均化)颗粒细,稳定性高,生产乳液(或混合液)所需功率小等等,因而广

泛用于化工、轻工、纺织、石油等各工业部门。超声乳化(或均化)作用机理目前主要归因于超声空化效应,空化作用强,一般乳化(或均化)效果也较佳。我们采用 T-1 型压电超声换能器,用于制备硅油、浮选剂、鸡疫苗、家俱保护剂、高级鞋油等乳液或混合液,由于能产生强烈的空化现象,所制乳液(或混合液)细度小(有的可达 0.5 ~ 1 μm 以下),稳定时间长(有的可达半年以上),受到用户好评,有的已用于生产并投放市场,有的为攻关项目采用。当然,制备乳液所达质量水平还与乳液配方、乳化剂各类和用量、乳化工艺条件等有关,这些因素的研究,在实用上也是非常重要的。

3.3 超声清洗

超声清洗当今仍然是功率超声应用最广泛的项目,而且常盛不衰,成为各功率超声产品生产厂家生存和发展的主要支柱之一。超声清洗换能器一般采用低声强工作状态(≤ 1W/cm²),为提高清洗效果和缩短清洗时间,我们采用 T-1 型压电超声换能器对某些清洗对象,尤其是难清洗的带细孔、拐孔、盲孔的另件,进行了清洗试验研究,结果表明,清洗效果良好,时间大大缩短,有很大发展前途。例如:我们用于清洗微型电容传声器罩,清洗时间可缩短为原低强度超声清洗槽法的几十分之一(20 分缩短至 20 秒),用于清洗玻璃原料二氧化硅,含铁量可由原来的 0.43% 降为 0.25%,比目前所使用的其他方法都好。用于清洗喷丝头,可在几分钟内完成,速度快,质量高。用于清洗带润滑油微孔的钢环(原系清洗攻关难题),证明清洗干净,速度快。实践证明,对要求清洗质量高,难清洗另、部件,采用高强度超声清洗将更有价值和富有生命力。

3.4 超声分散和破碎

超声分散与超声乳化、均化有类似之处,但也有

所侧重,其主要特点在于将一种物质,包括粘度较大的液体,微粒状固体粉末,甚至细长纤维,分散入另一液体之中,此液体也包括融化金属。超声分散作用机理显然也与超声空化效应密切相关。我们采用 T-1 型压电超声换能器进行了超声分散色素的研究,结果表明:分散细度小而均匀,稳定性高,已用于小样生产。用于分散碳纤维,可比原分散方法快 15 倍以上(1 小时缩短至 4 分钟)。我们还进行了超声分散碳纤维强化浸铝的研究,也证明浸铝速度快,质量好,并为攻关科研项目所采用。

超声破碎是将大颗粒固体破碎成许多更小的固体或粉末,破碎过程一般在液体中进行。破碎还包括将细胞破碎成细片,也包括将长链分子打断成短链分子。我们采用 T-1 型压电超声换能器,进行破碎细胞的试验研究,由于能够产生强烈的空化,因而破碎效果较好,已为用户采用,反映良好。我们还曾进行

二氧化锆溶液喷雾分散干燥,也证明效果良好,有潜在的发展前途。

4 讨论和小结

(1) T-1 型压电超声换能器有三大设计特点,经实验证明可行和优越,尤其在要求比较苛刻的大功率工作条件下,经受了考验,可有效地防止换能器过热、碎片和固定螺钉断裂等,工作性能良好,值得有关用户采用。

(2) T-1 型压电超声换能器在大功率高强度条件下工作,可以产生很强的空化效应,对于避开需要高空化强度条件的新应用(如:断分子链等)将是有力工具。

(3) T-1 型压电超声换能器用于连续性工业化生产上,还有待改进附件、配装和进一步试用、考验和不断完善。

A6 悬臂式簧片哨工作特性的研究

罗曾义 邓文海

(中国科学院声学研究所 北京·100080)

1 引言

悬臂式簧片哨由于结构简单、牢固、经济实用,尤其用于乳化工艺的明显效果,已逐步受到各工业部门的注视和试用,然而国内外对其工作特性的研究仍然甚少,对簧片哨发声机理的分析也存在问题,和分歧,致使它的有效应用和推广不能不遇到困难,显然开辟这一研究是必要的。

本文主要介绍我们对悬臂式簧片哨工作特性的研究结果,内容包括声强、振幅特性和以此特性为基础所设计的系列产品及其技术性能以及对簧片哨发声机理的探讨。声强特性中,声强和工作压力、喷口厚度的关系与簧片尺寸有关的特点、规律是我们在对 4 支点式簧片哨工作特性研究中首次发现和提出的^[1],在对悬臂式簧片哨工作特性的研究中又发现:不仅声强特性,而且振幅特性也有类似的特点和规律。以上结果,至今尚未见到国内外有过报道。

为解释上述特点和规律,我们提出了簧片刃口端点位移或振幅反馈控制水片摆动和激发力的簧片

哨位移反馈发声机理。

2 声强特性^[注1]

我们系统地测定了声强特性,并研究发现其与簧片尺寸有关,具体来说就是当 l/l_0 较大(l 簧片厚度, l_0 簧片长度)或簧片弯曲刚度较小,致使在一定的液片激发力作用下,簧片刃口端点位移或振幅 Y_1 接近或大于喷口厚度之半($S/2$)时^[注2],声强(J)随工作压力(P)、喷口至簧片距离(h)、喷口厚度(S)的变化所构成的声强峰较宽而平坦并相应有较大的最佳 P 、 h 、 S 值。而当 l/l_0 较小,致使 $Y_1 < S/2$ 或 $Y_1 > S/2$ 时,则其声强峰较狭而尖锐并相应有较小最佳 P 、 h 、

注(1) 本文中声强是用 8×1 , 长 12 的声电换能器在簧片刃口前端距离簧片 20mm 处测定的,将测出的电压乘上换能器的电压灵敏度,即可得出声压并计算出声强,图中仅用声强相对值表示。

注(2) 严格地讲也应考虑液片摆动幅度,此处从简。