

声学译丛

总第9号

超声在工业上的应用

(超声加工及处理专辑)

4

上海市物理学会声学工作委员会主编

上海市科学技术翻译馆出版

声学译丛 总第9号
超声在工业上的应用

(超声加工及处理专辑)

第4辑

上海市物理学会声学工作委员会主编

上海市科学技术翻译馆出版
(上海南昌路59号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售
商务印书馆上海厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 4 8/4 字数 145,000
1968年6月第1版 1968年6月第1次印刷
印数 1—2,000

编 号: 5006.115
定 价: 0.75 元

出版說明

《声学譯丛》在1962年出版了五册；即声学譯丛之一——超声物理、声学譯丛之二——超声检测、声学譯丛之三——超声加工及处理、声学譯丛之四——建筑声学和声学譯丛之五——超声诊断。为了使本譯丛的出版更有系統以便利讀者了解譯丛的全貌起見，我們决定对譯丛的体系作如下的調整：

一、《声学譯丛》每期都編有总号，說明譯丛的总册数。

二、《声学譯丛》暫分为：“超声物理”、“超声在工业上的应用”（包括超声检测、超声加工及处理）、“超声医学”（包括超声诊断和治疗）、“建筑声学”和“电声学”等五种。每一种另編分号，說明每种的分册数。

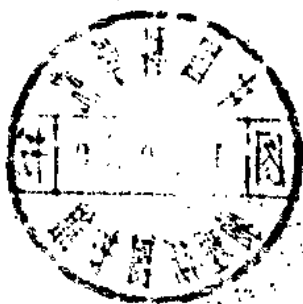
三、1962年已出版的五册，編为本譯丛总第1—5号，从1963年开始，譯丛編号順序，即按調整后的体系从总第6号起依次排列。现将已出版的和即将出版的情况按譯丛的新体系列表于后：

附表：声学譯丛体系及出版情况

总 編 号	譯 丛 名 称 及 分 号	出 版 情 况
声学譯丛总第1号	超声物理(1)(原称：声学譯丛之一——超声物理)	已 出 版
声学譯丛总第2号	超声在工业上的应用(1)(原称：声学譯丛之二——超声检测)	已 出 版
声学譯丛总第3号	超声在工业上的应用(2)(原称：声学譯丛之三——超声加工及处理)	已 出 版
声学譯丛总第4号	建筑声学(1)(原称：声学譯丛之四——建筑声学)	已 出 版
声学譯丛总第5号	超声医学(1)(原称：声学譯丛之五——超声诊断，分五个分册出版)	已 出 版
声学譯丛总第6号	超声物理(2)	已 出 版
声学譯丛总第7号	超声物理(3)(换能器专辑)	已 出 版
声学譯丛总第8号	超声在工业上的应用(3)(超声加工及处理)	已 出 版
声学譯丛总第9号	超声在工业上的应用(4)(超声加工及处理)	即 本 稿
声学譯丛总第10号	建筑声学(2)(噪声和吸声材料)	将于1963年7月出版
声学譯丛总第11号	建筑声学(3)(噪声和吸声材料)	将于1963年9月出版

目 录

1. 关于用超声波加工固体材料的物理.....	1
2. 硬脆材料的超声加工研究.....	3
3. 应用超声钻将半导体坯片切成模块并形成突起底座的方法.....	8
4. 超声焊接	10
5. 金属超声焊接规范的稳定方法	20
6. 塑料超声波焊接实验	27
7. 声振动对于城市煤气火焰热传递的效应	33
8. 热交换和物质交换过程中的超声波应用	46
9. 在超声场中从聚乙烯萃取杂质	53
10. 应用超声能控制发酵过程的泡沫	55
11. 硅酸凝胶超声解聚作用的性质	58
12. 在超声作用下过饱和溶液中微量杂质的沉淀	61
13. 超声波对定向结晶过程的影响	63
14. 液体的超声喷雾	64
15. 应用超声波发生器提取鳕鱼肝油	67
16. 用超声波消毒牛奶	74



1. 关于用超声波加工固体材料的物理

Л. Д. Розенберг, В. Р. Назанцев

Докл. СССР Т. 124: 79~82 (1959) [俄文]

1. 虽然用超声波加工固体材料的方法已有较迅速和广泛的发展,但直到现在人们对其物理过程还不清楚。能确定的只是:在工具端面和被加工表面之间的薄层液体中的细磨粒是决定因素,因为没有磨粒时,侵蚀大大下降。但是使磨粒冲击被加工表面的力的性质,还只有一些假设。这些假设可以按照对磨粒获得很大加速度的原因的看法分为三类:

- 1) 声场的有质动力及流体动力学力(声风);
- 2) 在空化消失时产生的冲击波;
- 3) 工具振动端的纯机械冲击。

第三个假设,又有三种不同的说法:

- a) 冲击由被加工表面上磨粒传递;
- б) 冲击由悬浮在空隙中的颗粒传递;
- в) 加工过程中,工具振动端直接压磨粒。

2. 为了解决这个物理上有趣而实际上重要的问题,我们曾采用了高速摄影的方法。这种方法,在研究大功率超声波对物质作用时,曾起了很好的作用。实验的主要困难是必须在工具端面和被加工表面间很狭窄的空隙中,在较浓的悬浮液里,去观察每个很小的磨粒。因此,实验设备的构成如下:(参看图1)

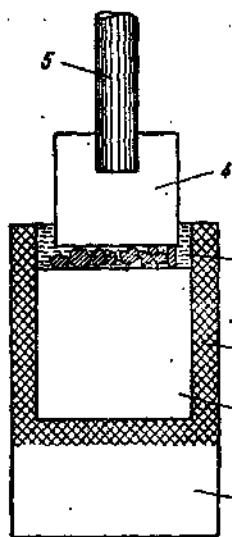


图1 实验简图

盖玻璃2粘在两块玻璃1之间。盖玻璃厚约0.1毫米,面积为 20×20 毫米²。玻璃1厚1毫米,面积为 25×40 毫米²。盖玻璃做槽3的底,厚玻璃做槽3侧壁。磨蚀用的普通碳化硼悬浮液放在槽3中。从上面引进工具4。用焊在杆状磁致伸缩振荡器5端部的保险刀片做工具4。保险刀片厚0.1毫米,面积 14×14 毫米²。于是可在工具端部(刀片)和被加工表面(盖玻璃的端部)中间,顺利地看到磨粒排成一排的加工过程。

我们使用了ФП-22型高速摄影机来高速记录加工过程。这种摄影机具有在8毫米的底片上分出~40条线/毫米的分辨本领。在透射光中摄影的速度是二万张/秒和五万张/秒。摄影的轴线垂直图面,适当选择放大,使胶片总宽度符合线度为3毫米的目的物。

表 1

胶片号	摄影速度 张/秒	振荡器 位置	工作 空隙 毫米	液体	工具 振幅 微米	振 动 速 度 厘米/秒
80	2 万	放在磨料上	0.84	水	56	240
85	2 万	同上	0.29	水	59	270
88	5 万	同上	0.25	水	51	190
90	2 万	悬起有空隙	0.37	水	63	250
91	5 万	同上	0.75	水	73	310
92	2 万	同上	0.83	甘油	45	220

3. 振荡器在6.8千赫的共振频率下工作。用对振荡器加压的重量为160克。有时,将振荡器悬起,使工具端面不接触磨粒。

表1列出一系列实验的某些主要参数。磨粒平均尺寸为 220μ ,大小分布在 $150 \sim 440\mu$ 范围内。磨料重量浓度约50%(特殊情况除外)。

从上述数据可知,上述加工条件和工业加工条件一致。

4. 用适当方法加工后摄下的底片,同时用目测研究法和用摄影分析法进行定量处理。

由实验得到的全部材料,经过处理后,发现了引起磨粒运动的原因几乎全都是上述所估计的。但磨粒的运动远非在所有情况下,都能把玻璃微粒打下。只有在工具是直接冲击处在玻璃表面上的磨粒时,才能观察到玻璃被加工的现象。图2a就是一个例子:底片亮部是被加工的玻璃,暗部是工具。在亮部和暗部之间是磨粒,一部分磨粒在玻璃表面上,一部分磨粒悬在水中。从上往下数在第三张上,当工具最接近加工表面时,出现裂纹。裂纹形成的时间少于20微秒。通常,在第一条裂纹出现以后,在其旁边出现第二条裂纹,第二条裂纹在第一条裂纹对面,并和第一条裂纹紧接在一起,因此能凿出玻璃小块。凿深为玻璃小块线度的 $1/4 \sim 2/3$;而凿下的小块和磨粒尺寸为同一数量级。有趣的是,象超声波清洗^[2]时那样,振动气泡冲向裂纹,促使脱离玻璃主体的玻璃小块呈层状。

除凿出这种较大块外,还可看到在磨粒下染上极细的粉末状玻璃。

例如,在80号胶片上可以看到,直径为420微

米的磨粒,在15毫秒内,凿深35微米。

如前所说,由其他原因引起的磨粒运动,不使玻璃破坏。例如,在图2c上可看到,由于磨粒(在第一张用箭头标出的)被工具碰撞,凿离工具便撞击玻璃表面;但是,虽然磨粒运动速度(180厘米/秒)几乎等于振动器最大速度,可是在玻璃上仍看不见任何破坏的痕迹。在粒子速度较小时,更看不见破坏痕迹。

在图2e上,示出了位于玻璃表面的磨粒上的周期性构成的空化气泡。从上往下数,在第三张(膨胀相)上用箭头指示的是空化气泡。在这里,虽然使玻璃破坏的条件最优越,但在玻璃上仍然看不见一点损坏痕迹。

如前所述,虽然纯空化侵蚀(没有磨粒时),在超声波加工中的作用不大;但有些作者认为纯空化侵蚀还是有害因素,因为它使被加工表面很不平。我们会观察到空化对工具的侵蚀。

在图2f上,示出在工具端面上的周期性构成的空化气泡。用箭头标出的是最大膨胀阶段。在工具表面能清楚地看到由破坏引起的小槽。

估算复证明,这时出现的强烈破坏速度为每分钟几十立方毫米;这大概因为在我们的实验中工具是由很脆的高度淬火钢做成的。

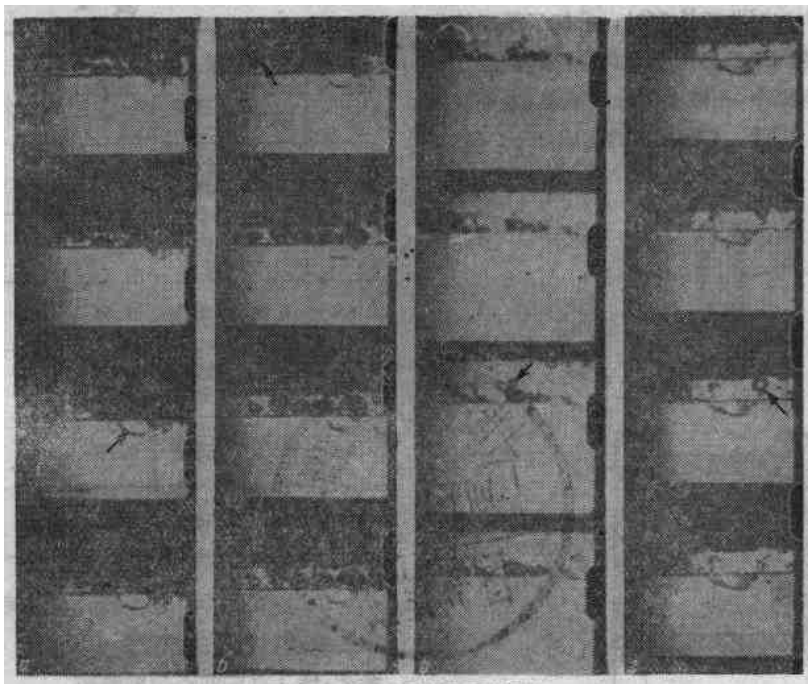


图2 用高速摄影摄得的照片

a—一个大的裂纹的形成(88号胶片); c—由工具碰撞磨粒引起的磨粒运动(88号胶片); e—在磨粒附近,空化气泡的构成(84号胶片); f—由空化气泡振动引起的工具表面损坏(86号胶片)

5. 空化泡导致悬浮粒子的速度不大。例如,在 83 号胶片中,直径 0.1 毫米空化泡使磨粒产生约 30 厘米/秒的平均速度,而在 86 号胶片上约是 40 厘米/秒。声风造成的磨粒速度是同一数量级。例如,图 3 是凿出的玻璃小块的摄影分析图;玻璃小块是



图 3 玻璃颗粒在水中运动的摄影分析图(88 号胶片)

连续上升的,其连续上升位置依次用数字标出。它们的速度相同,约为 25 厘米/秒。在甘油中这个速度要小的多,根据图 4 的摄影分析,其速度都只有 4 厘米/秒左右。显然这种磨粒运动速度不能引起玻

璃破坏。但是,绝不能据此得出,由空化和流动引起的磨粒运动不发生任何作用。相反地,它的作用很重要,能带出被凿下的玻璃粒子和被磨碎的磨粒,并输送新鲜的磨料。



图 4 磨粒在甘油中运动的摄影分析图(88 号胶片)

比较上述磨粒在甘油和水中的速度,就可以解释很多学者^[1]已经确定的加工生产率和工作液体粘滞性经验关系。

(夏廷文译 诸国楨校)

2. 硬脆材料的超声加工研究

А. Я. Владимирев

Известия высших учебных заведений,

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ Т. IV, № 2, p. 122~129 (1961) [俄文]

为了完成苏联发展国民经济计划向国内工业提出的巨大任务,1958 年列宁格勒的基洛夫工厂曾根据新技术的应用规划进行了一项设计和使用的工作,这就是“设计和制造新工艺过程用的特种机床”的工作,其中亦包括有应用超声波方法来加工硬脆材料的机床。

新的超声研磨法能保证外形复杂的硬脆材料零件得到精确的尺寸加工,而且加工表面的光洁度等级很高。这种加工方法与一般用刀具的机械加工方法的区别在于:后一种方法中的刀具往往要受到被加工材料的硬度所限制,同时亦有别于电浸和电化学等其他一些只能加工导电的材料的新加工法。

硬脆材料的超声加工过程如下:使用一种以高频率和小振幅上下振动的工具来进行加工,在加工过程中,用悬浮体磨料不断地向加工面积加入,而振动工具以不大的力向振动方向运动。(见图 1)。

被切削下来的材料微粒,主要是从垂直于工具振动方向的台板上除去。

在硬脆材料的超声加工中,曾对直径尺寸和几何外形的精密度,以及这些穿孔加工表面的光洁度

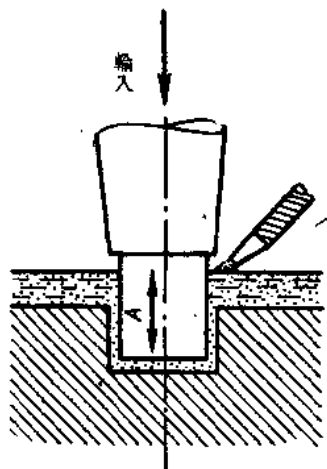


图 1 超声加工示意图

等进行了研究。

整个实验研究工作是在基洛夫厂切削试验室使用该厂出品的超声加工机床^[2]进行的。

为了进行实验,曾使用具有脆与硬结构特性的玻璃和 BK 类硬质合金,即玻璃是脆性材料,BK 类合金是硬性材料。作为加工用的毛坯利用了 130

×80×12.3毫米的玻璃板和22×18×7毫米的BK
錫類金屬陶瓷硬合金板(ГОСТ 2209 55)。

外徑7~12毫米的實心圓棒用作玻璃加工的工具,而用作金屬陶瓷硬合金板的工具是外徑4~12毫米的實心和空心的圓棒。空心圓棒的壁厚為0.6~1.0毫米。根據機床的超聲波發生器功率大小選擇的工具直徑的範圍為4~12毫米。

工具長25毫米,其原材料為45號鋼(ГОСТ 1050 57)。

工具的工作面(外圓柱面和端頭)是用磨床加工的,其光潔度為 $\nabla_8 \sim \nabla_9$ (ГОСТ 2789-59)。

為了使0.02~0.10毫米的放大的振幅能傳及工具,在振動系統中利用了可變截面的轉換杆(所謂變幅杆)。

一般常用的變幅杆有下列四種:圓錐形、指數式、懸鏈曲面式和階梯式。

為了測定變幅杆的形狀和尺寸以及為了加工4~12毫米直徑的圓孔,我們曾設計和試制了一批金屬的變幅杆模型,並加以試用。試驗結果表明,指數式變幅杆的工作性能良好,特別是在硬合金加工時更佳。因此,在玻璃和硬合金的超聲加工時,利用了直徑按指數規律變化的變幅杆作為研究直徑尺寸和幾何外形的精密度以及加工面光潔度。

用作磨料的是№180、№220、№320和M28粒度的碳化硼粉末(ГОСТ 5744-51)。

加工程序:

1. 玻璃的超聲粗加工:

磨料用№180碳化硼,振幅0.100~0.028毫米,頻率20千赫,輸入力0.5~4.5公斤;

2. 硬合金的超聲粗加工:

磨料用№180、№220、№320碳化硼,振幅0.100~0.028毫米,頻率20千赫,輸入力0.5~4.5公斤;

3. 玻璃的超聲細加工:

側面公差為0.1毫米,磨料用№180、№220、№320碳化硼,振幅0.028毫米,頻率20千赫,輸入力0.5公斤;

4. 硬合金的超聲細加工:

側面公差為0.02毫米,磨料用M28碳化硼,振幅0.028毫米,頻率20千赫,輸入力1.5公斤。

工具直徑是用具有±0.01毫米精密度的通用千分尺測定的。

未打穿的孔和打穿了孔的直徑可用30倍的大型萬用顯微鏡來進行測量,其精度為±0.01毫

米。穿孔的深度可用精度±0.02毫米的深度規來測量。

根據數學統計公式,測量次數取為200。

下列各參數對硬脆材料實行超聲加工時的精密度和表面光潔度有着嚴重影響:磨料粒度、振動幅度和輸入力。因此,在研究加工圓孔的直徑尺寸和幾何外形的精密度時,在嚴格保持振動頻率、磨料硬度、磨料懸浮液濃度等的恒定不變的條件下,採用了不同大小的磨料粒子、振動幅度以及輸入力等來進行試驗。

此外,還研究了工具的磨損對加工精密度的影響。

穿孔加工誤差的測定可應用計算分析和統計方法來進行。

在預先試驗過程中曾規定:超聲尺寸加工時的誤差分布按照接近“正常”分布律進行推導。所以,當“正常”分布律為誤差分布律的總合時,測量結果可按適當的數學統計和概率理論公式進行處理。

在直線穿孔加工過程中,被測尺寸誤差值的變化規律性可用逐點圖解方法來進行研究。

為了總計各個尺寸和幾何外形的誤差,可應用A. П. 索科洛夫方法。根據該方法,總誤差為尺寸誤差 $\Delta_{尺寸}$ 和外形誤差 $\Delta_{外形}$ 的算術和,即 $\Delta = \Delta_{尺寸} + \Delta_{外形}$ 。

$$\Delta_{外形} = \Delta_{圓錐外形} + \Delta_{橢圓外形};$$

有關玻璃和硬合金中穿孔粗加工所得的分析數據,可作出下列結論:

1. 在玻璃粗加工時:直徑尺寸的精密度相當於8級,穿孔錐度為0.25~0.30毫米,橢圓率0.02~0.03毫米。

2. 在硬合金粗加工時:①用№180碳化硼磨料,其加工精密度相當於8級,穿孔錐度為0.20~0.35毫米,橢圓率0.024~0.035毫米;

②用№220碳化硼磨料,其加工精密度相當於3a級,穿孔錐度為0.10~0.15毫米,橢圓率0.020~0.025毫米;

③用№320碳化硼磨料,其加工精密度相當於3a級,穿孔錐度為0.10~0.12毫米,橢圓率0.025毫米。

硬合金和玻璃細加工時所測得的穿孔尺寸誤差如表1和表2所示。

工具的直徑為12毫米。

穿孔的深度:硬合金加工時為7毫米,玻璃加工時為12.3毫米。

硬合金和玻璃加工时, 各种不同深度的穿孔尺寸的测量结果数据见表 1 和表 2, 穿孔加工的深度与孔径增大的关系如图 2 和图 3 所示。

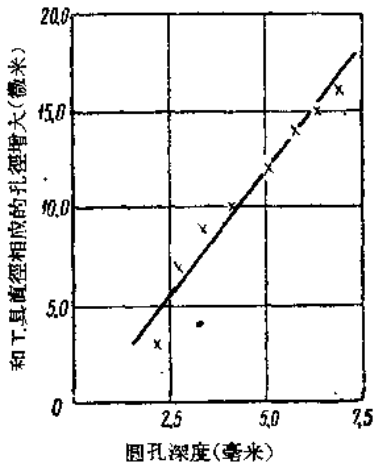


图 2 用 M28 磨料粒度时, 在硬合金中穿孔加工的深度与孔径增大的关系

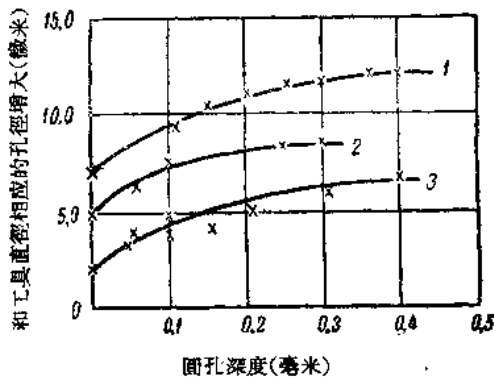


图 3 用不同磨料粒度: 1—№180; 2—№220; 3—№320 时, 在玻璃中穿孔加工的深度与孔径增大的关系

硬合金加工时侧面公差为 0.02 毫米, 工具直径 12.07 毫米。

玻璃加工时侧面公差为 0.1 毫米, 工具直径 12.11 毫米。

图 2 中的曲线表示硬合金的细加工, 图 3 中的曲线表示玻璃的细加工。

从图 2 和图 3 中可以看出, 和工具尺寸相应的穿孔尺寸将随着加工深度和加工时间而增大, 并接近所用磨料颗粒的最大尺寸。

在玻璃中加工未打穿的孔(图 3)时会出现下列一些现象:

1. 底部穿孔的尺寸大于工具的尺寸, 其大出部分相当于悬浮液中最小颗粒的大小。由此可以断定, 尺寸较大的颗粒是不会钻进工具表面附近来的。

表 1

磨料 粒度 号码	振 动 幅 度 (毫米)	输入力 (公斤)	离开毛坯上平面 的距离, 在该距 离内测量穿孔的 直径(毫米)	和工具直 径相应的 孔径增大 (微米)
M28	0.028	1.5	2.2	3
			2.8	7
			3.4	9
			4.2	10
			5.1	12
			5.8	14
			6.4	15
			7.0	16

2. 工具的横向振动和纵向振动比起来是不显著的; 因此, 它对穿孔尺寸的增大不会起较大的影响。

表 2

磨料 粒度 号码	振 动 幅 度 (毫米)	输入力 (公斤)	离开毛坯上平面 的距离, 在该距 离内测量穿孔的 直径(毫米)	和工具直 径相应的 孔径增大 (微米)
180	0.028	0.5	0	7
			0.12	9.5
			0.16	10.5
			0.21	11.0
			0.26	11.5
			0.30	11.7
			0.37	12.0
			0.40	12.0
220	0.028	0.5	0	5
			0.06	6.5
			0.10	7.5
			0.25	8.5
			0.30	8.5
			0	2
			0.05	3.5
			0.10	4.0
320	0.028	0.5	0.16	4.0
			0.22	5.0
			0.31	6.0
			0.40	6.5

表 3 列出了某些影响超声加工精度的因素作用下取得的玻璃和硬合金的加工精度。加工分粗、细二道工序进行, 工具——45号钢制实心圆柱, 磨料——M28 碳化硼。硬合金板的厚度——7 毫米, 玻璃板的厚度——2.3 毫米。

表 3

数值和误差名称	玻 璃		硬 合 金	
	实 验 序 号			
	1	2	3	4
振动幅度 A (毫米)	0.038	0.023	0.06	0.036
输入力 P (公斤)	0.5	1.5	1.5	0.5
在二个相互垂直平面上量得的工 具直径 d_0 (毫米)	12.78~12.84	12.36~12.43	12.698~12.702	12.688~12.691
在二个相互垂直平面上经粗加工 后的孔径(毫米)				
在入端 d_1	12.85~12.92	12.25~12.31	12.60~12.64	12.68~12.72
在出端 d_2	12.64~12.81	12.01~12.38	12.23~12.29	12.44~12.47
在二个相互垂直平面上经细加工 后的孔径(毫米)				
在入端 d'_1	12.89~13.06	12.50~12.52	12.82~12.85	12.75~12.77
在出端 d'_2	12.84~12.99	12.42~12.43	12.71~12.72	12.71~12.74
和工具直径相应的孔径增大 (毫米)				
在入端 Δ_1	0.11~0.22	0.14~0.09	0.122~0.148	0.062~0.079
在出端 Δ_2	0.06~0.15	0.06~0	0.012~0.018	0.022~0.049
圆锥度误差 $\Delta_{\text{圆锥度}}$ (毫米)	0.05~0.07	0.08~0.09	0.11~0.13	0.04~0.03
椭圆率误差(毫米)				
在入端 $\Delta_{1\text{椭圆率}}$	0.17	0.02	0.03	0.02
在出端 $\Delta_{2\text{椭圆率}}$	0.15	0.01	0.01	0.03

当工具轴线对工作台面垂直线产生偏差时将出现圆孔的椭圆率。当工具与变速杆连接得非常好时,工具轴线对工作台面垂直线的偏差不超过 $1^\circ \sim 3^\circ$; 在这种场合下,当穿孔深度在 20~25 毫米时,椭圆率出现在 10~15 微米范围内。

从表 3 中可以看出,当用粗、细二道工序的超声波加工时,穿孔的圆锥度出现在 0.03~0.13 毫米范围内,椭圆率在 0.01~0.17 毫米。

工具的横向磨损是决定超声加工时直径尺寸精密度的主要因素之一。

根据上述实验分析,由于工具的磨损,和工具直径相应的孔径将依所用磨料的粒度增大 0.02~0.13 毫米。所使用的磨料颗粒越大,则工具的磨损亦越大,因此,和工具直径相应的被加工孔径值就更大。

超声加工时所得的硬性材料和脆性材料的表面质量,可用表面的光洁度和表面层状态这两个数值来表示。

硬合金和玻璃加工时微观不平高度与磨料颗粒大小的关系曲线如图 4 和图 5 所示。

当硬合金加工时,穿孔深度为 7 毫米,空心工具的直径为 12 毫米,它的壁厚 1 毫米;当玻璃加工时,

穿孔深度为 12.3 毫米,空心工具的直径为 12 毫米,它的壁厚 1 毫米。当时振动振幅是:在硬合金加工时为 0.06 毫米,在玻璃加工时为 0.05 毫米。输入力以 2.5 公斤为最佳。

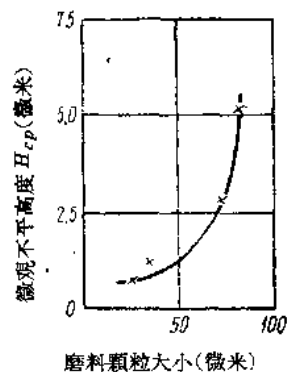


图 4 硬合金加工时,微观不平高度与磨料颗粒大小的关系

磨料颗粒的大小乃是影响表面光洁度的主要因素(图 4 和图 5)。

从图 4 和图 5 中可以看出,随着磨料颗粒尺寸的增大,微观不平高度无论在硬合金加工时,或者在

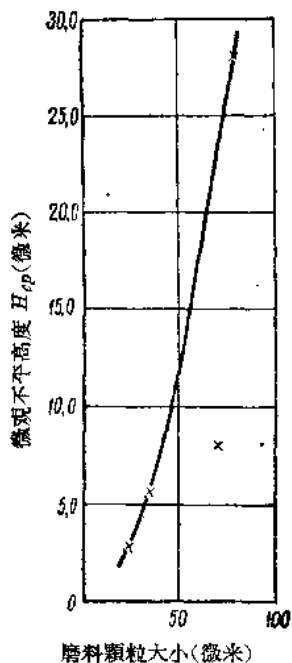


图5 玻璃加工时,微观不平高度与磨料颗粒大小的关系

玻璃加工时都将提高。当使用大颗粒的磨料进行加工时,最大微观不平高度可达到37微米或更高一

些,而当使用细粒磨料时则不超过3微米。

研究结果指出:第一,硬性材料和脆性材料超声加工时所得到的表面光洁度将随着振幅的增加而恶化;第二,表面光洁度与输入力(在0.1~2.5公斤范围内)无关。

当使用粗粒磨料时,例如№180,则在加工硬合金时可得到8级表面光洁度。使用№320或更细的磨料粉末,表面光洁度可达到9级。

玻璃加工时的表面光洁度要比硬合金约差二级。

通过对加工零件磨削下来的硬合金磨片表面显微结构的研究结果表明:在经受超声振动方法加工的区域內没有任何结构的变化。

用基洛夫工厂出品的超声机床的磁致伸缩头来加工硬合金拉丝模校准板和导向锥,能保证穿孔精密密度在平均生产率250~300毫米³/小时下达到±0.01~0.03毫米。这时所得到的表面光洁度相当于ГОСТ 2789-59的8~9级。

从基洛夫工厂在使用超声机床进行硬合金拉丝模校准板和导向锥加工的结果得到经济效果来看,每年可为国家节约128,719卢布。

(徐宝铭 吴安意译 郑冠雄校)

参 考 文 献

- [1] Л. Бергман: Ультразвук и его применение в науке и технике. ИЛ, 1956.
- [2] Н. А. Бородачев: Основные вопросы теории точности производства. АН СССР, М. -Л., 1950.
- [3] А. Я. Владимиров: Ультразвук и его применение в промышленности /письменная лекция/. Изд. Ленинградского северо-западного заочного политехнического института, 1959.
- [4] А. Я. Владимиров: Ультразвуковой станок для обработки твердых и хрупких материалов. "Известия высших учебных заведений МВО СССР" по разделу "Приборостроение", 1959, №3.
- [5] П. Е. Дьяченко: Исследование зависимости микрогеометрии поверхности от условий механической обработки, АН СССР, М. -Л., 1949.
- [6] А. П. Соколовский: Курс технологии машиностроения. Машгиз, М. -Л., 1947.

3. 应用超声钻将半导体坯片切成模块并形成突起底座的方法

R. D. Knight

J. Sci. Instruments, Vol. 37, No. 8, p. 263~265 (1960) [英文]

将半导体坯片切割成模块并在每个模块上形成突起底座 (island)，是制造许多半导体器件时的一项重要工艺过程。

图1所示为用虫胶固定在陶瓷块上的半导体坯片。坯片已被切割成模块，并在每个模块上切割出突起底座。这是用 Mnlard 型超声钻加工的(如图2, 虚线表示 60 瓦超声波台式钻的附加设备)。

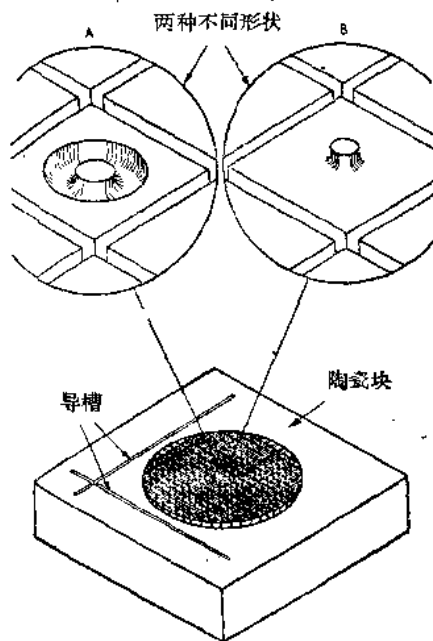


图1 半导体坯片切割成模块和形成突起底座

为了成批地切割模块,采用了一种多刃刀具,其构造如图3所示。这种刀具包括一组 0.005 吋厚的软钢刀片,以 0.045 吋的间距铆合在一起,然后焊在钻轴上(图3)。刀片突出的高度是供在磨削后作几次重磨。在边上的一片刀片比其它刀片高出 0.020 吋,切削时插入陶瓷板的导槽(图1)中,将坯件在刀具下定位。

加工时使用 600 号的碳化硅水悬液。先将坯片切成 0.040 吋宽的条子,然后把刀具旋转 90°,使导

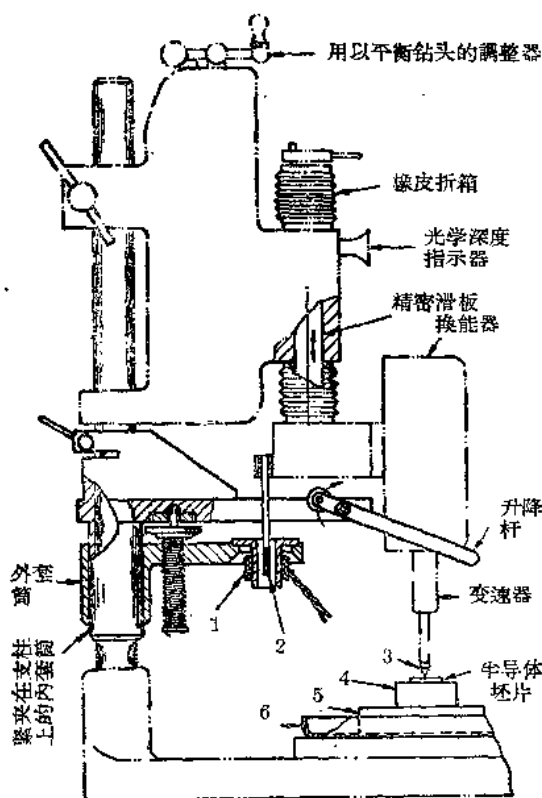


图2 60 瓦超声钻的附加设备

1—线圈; 2—铁氧体芯; 3—刀具; 4—陶瓷坯片; 5—钢块; 6—滴水盘

向片插入另一导槽,进行第二次切割以完成模块的加工。为了控制刀片切割的深度,可依靠光学深度指示器;或将坯件改为紧固在玻璃板上,而在玻璃板下安置一块面向上的反射镜以便观察刀片是否穿透坯件。如此切割成的是 0.040 吋见方的模块。如果要切割成小于 0.030 吋见方的模块则较为困难,因为虫胶与坯片之间的粘合还不够牢固以适应所需要的切削速度。但是如采用较低的切削速度、较细的磨料和较薄的刀片,则也可切割成更小的模块。

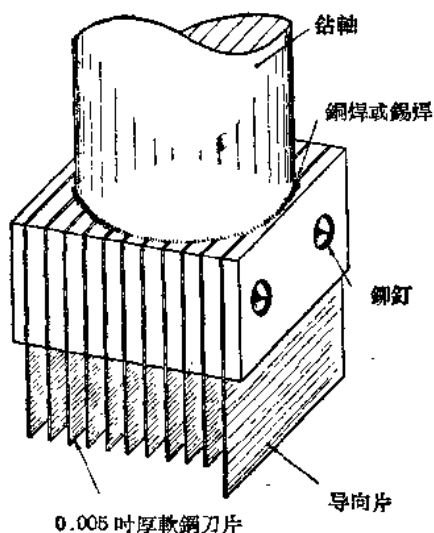


图3 成批切块刀具

加工突起底座

在已經切割成模块的坯片上，可以逐個地加工突起底座，其直徑可小於 0.002 吋。在加工突起底座時，需要在標準設備上增加了下列三項附加裝置：

1. 鑽床支柱外的套筒裝置上裝有聯結在一個固定臂上的簡單機構，使鑽頭能靈敏地升降。通過外套筒所操縱的千分表或深度指示器，可以觀察進刀的深度和速度。參閱圖 2。

2. 採用了無摩擦型的指示表，以測定進刀的深度和加工突起底座的速率。這項設備是一具差接變壓器，包括由一根玻璃管與鑽頭相聯結的鈹氧體棒芯，棒芯可以在線圈中自由移動（圖 2）。應用晶體管化的指示表單元即能在微安計上指出進刀的深度。深度讀數有二個範圍：0.0025~0~0.0025 吋及 0.025~0~0.025 吋。電路中還有一個零值校準控制器，可以容許坯片墊塊有 0.020 吋的誤差而不影響其精確度或響應的線性。

3. 功率控制器。可以加接一只開關以斷開傳送到鑽頭上的超聲功率而並不關斷超聲發生器。再加裝一個電位計，使得當開關在“開”的位置上時，功率可以在最大到很低的範圍內變化，使用了功率控制器，在進行最初調諧及偶而清潔刀具時可選用全功率，而在加工突起底座時則選用較低的功率。

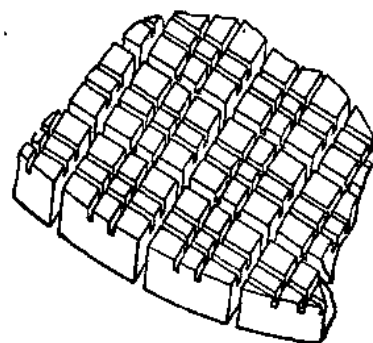
加工突起底座的刀具的刀口是管形的（用於加工圖 2 中 A 型的突起底座），或中心有小孔的實體方形的（用於加工圖 2 中 B 型的突起底座）。鑽頭

上有橫向的排液孔（與縱向孔相通），以便漿液通過刀具的切剖面進行循環。如在刀具的末端焊接一段拉制管，亦可達到同樣目的。在刀具與變速器底部之間加一個軟性銅墊圈，以保證二者之間的有效耦合，並將最大超聲功率傳送到刀具的頂端。

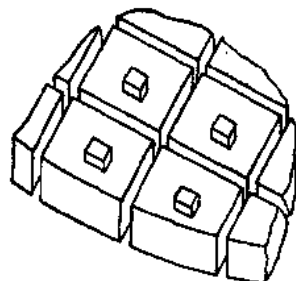
加工突起底座時用 1200 號的炭化硅水懸液。加工直徑為 0.012 吋的突起底座時，典型切削速率為 0.0005 吋/秒（0.0125 毫米/秒），在加工直徑為 0.002 吋時，速率為 0.0001 吋/秒。

成批加工突起底座

成批加工突起底座是成批切割模块的發展。採用 7/8 吋見方的一組厚度為 0.005 吋的刀片，每二片為一對，其間隔甚小（例如 0.006 吋）。在每對刀片之間的間距為 0.045 吋，和切割模块時一樣切割兩次，就能加工成略小於 0.006 吋見方的突起底座（圖 4A 型）。另一種形式的突起底座可用厚刀片切成（圖 4B 型），這種突起底座是正方形的。如在兩次切割時使用不同的刀具，則突起底座可成長方形。如採用有適當等距鑿齒的刀片，則可加工或與圖 1(A) 的突起底座相對應的方形（或長方形）突起底座。



A 型



B 型

图4 切割成模块后加工成的突起底座

成批加工突起底座時採用 Mullard 型 2 仟瓦超聲鑽，由 500 瓦的超聲發生器策動。這種裝置兼

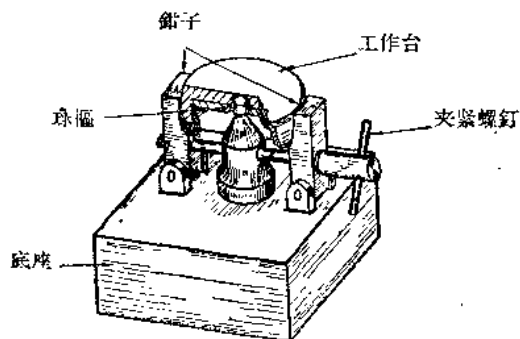


图5 球节工作台

有功率适当和刀具的稳定性甚高的优点；后者是由于换能器是通过凸缘紧固在其节点上，而不象在60瓦超声钻那样夹在钻头上的。

在进行这种操作时，还必须采用万能工作台(图5)，以补偿刀具与工件的平行度误差。工作台可在一个小球(装置在坚实的底座上)上自由旋转。刀具下降时对工件所加的压力，使工件与刀具的切削面密切接触。工作台的位置通过钳子的夹紧而被固定。

(卡易观摘译 曾克京校)

4. 超 声 焊 接

G. Fischer

La Technique Moderne, T. LIV, No. 8, p. 373~380 (1962) [法文]

概 論

超声焊接是联接金属部件的一种新方法。使用这种方法既不需要填充合金和摩擦焊剂，也无需防护气体。在机械振动的作用下，焊接(或者更好的说法是接合)将使被联接的材料产生网状交互渗透的现象，而无熔化区亦无晶体结构的变形，特别是没有金属合成物的形成。

这些极重要的特点使得超声焊接不同于电阻焊接。因此，确切地说，《超声焊接》的说法是不恰当的。

的。严格地应该说是《超声接合或超声联接》。然而，技术人员们都习用这种说法，因为焊接这个词，极为广义地可使用在二个零件由于金属间内聚力而形成的联接上。

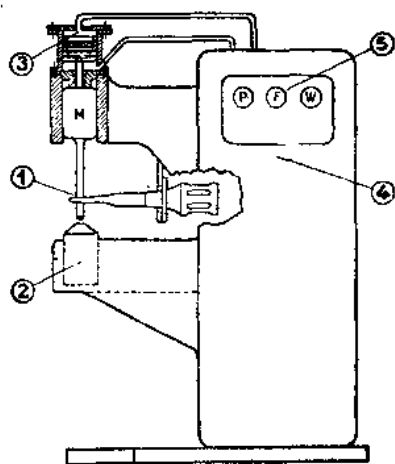


图1 超声焊接机的原理简图

1—焊接头；2—铁砧；3—操纵起重器；
4—操纵和供电柜；5—控制仪表

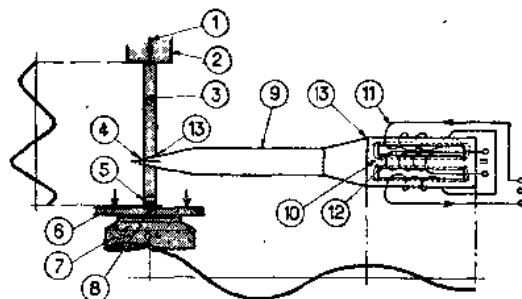


图2 具有「声极杆(sonotrode)」的焊接头；耦合系统按纵向振动；声极杆按横向振动

1—压力；2—质量很大的支架；3—声极杆；
4—声极杆与发射部分的接头；5—焊接工作头；6—待焊接的零件；7—铁砧；8—焊接区；9—发射部分；10—磁致伸缩体；11—激励线圈；12—极化线圈；13—铜焊处

按其使用方式来说超声焊接属于点焊。待接合的零件被挤压在淬火钢制金属头(被称为焊接工作头)和极笨重的铁砧之间(图1)。视焊接性质的不同，静压力的变化幅度大约为10到150公斤。为了产生机械振动，可通过耦合系统(亦可称为发射部分或者接合「锥体」)而把焊接工作头与磁致伸缩体相联结(图2和3)。

电声换能器所产生的弹性振动使焊接工作头振

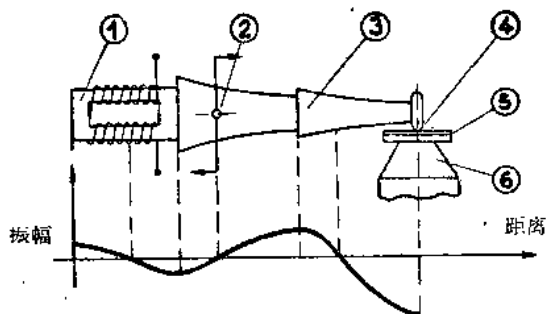


图 3(a) 直接作用的焊接头; 整体按纵向振动
1—磁致伸缩体; 2—固定轴; 3—发射部分;
4—焊接工作头; 5—待焊接的零件; 6—反射器

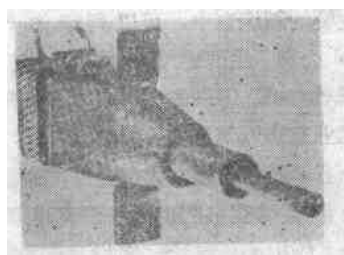


图 3(b) 焊接头(瑞士“S. A. 工业超声”)

动。焊接工作头借助于压力把从耦合系统接收到的弹性波能量传输到待焊接的组件上。铁砧用作反射器。单个点的焊接时间极少超过 1.5 秒。和通常陈述的论断相反, 焊接工作头似乎不一定要与振动腹点相符合。对于新近制造的声极杆型焊接机来说, 焊接工作头似乎位于振动腹点和压强腹点之间。为了获得这种结果, 其它系统也在研究中 (图 4 和图 5)。

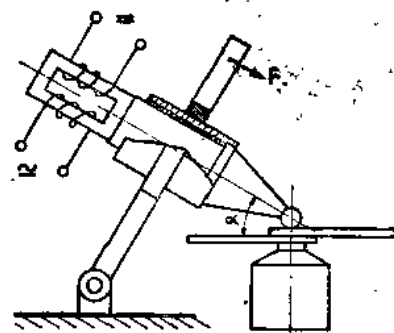


图 4 试验装置: 振动方向与接合平面成 α 角

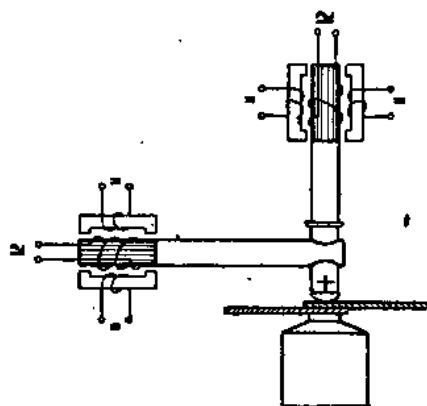


图 5 试验装置: 二个换能器的耦合, 一个用作横向振动, 另一个用作纵向振动

所得到的接合对于氩是密封的, 其强度接近于基金属的强度。这种接合是由于被焊接零件的金属既在宏观上也在微观上形成了网状的相互渗透而产生的 (图 6 到图 9)。在组件的接合处, 由于这种宏

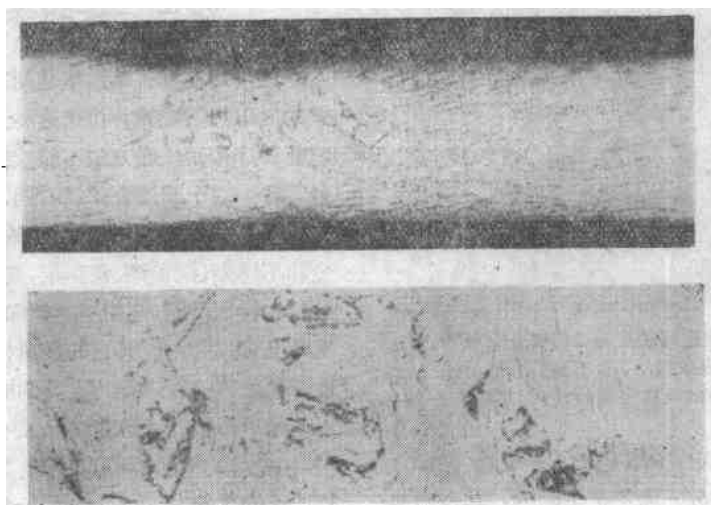


图 6 用超声焊接进行联接的二块铝板的截面显微照片^[2]
上图: 放大 100 倍 下图: 放大 500 倍

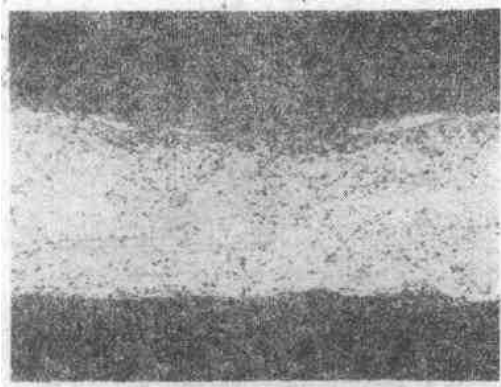


图7 用超声焊接进行联接的二块厚度为1毫米的輕合金板的截面显微照片,氧化鋁膜被部分地从焊接区排开;放大12倍

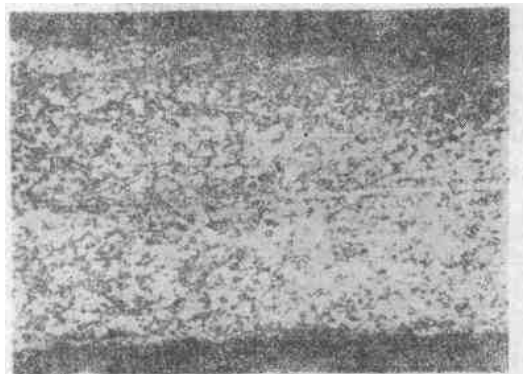


图8 用超声进行焊接的二块厚为7/10毫米的輕合金板的一个焊接点周围区域的截面显微照片,右面可以看得見的氧化鋁膜在左面焊接区消失了;放大30倍

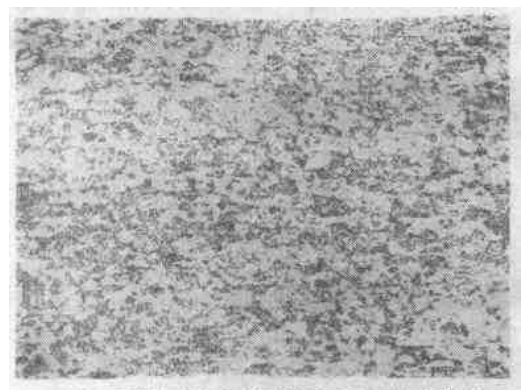


图9 用超声焊接进行联接的二块輕合金板的接合面的截面显微照片,看不出接合面用維耳拉(Vilella)的反应来腐蝕;放大300倍

观上的相互渗透,其变形一般是极其显著的(图10):被联接的二个零件的分界面不是平面的,其表面形状极其崎嶇而且不易确定;这部分地说明了所得的接合的极大的坚固度。然而,对于校正和抛光得很

好的鉄砧和焊接工作头来说,在良好条件下被焊接的組件,其外部凹痕的深度一般小于5%。这种特性使得超声焊接不同于真正的压力焊接,因为在后者的情况下,被焊接部件的变形是极其重要的。

发展史和制造者

超声焊接技术应用于工业上已经有五到六年的历史了。1955年,美国 Sonobond 公司向市场供应了第一部超声焊接机。这是一部“点焊”型的焊接机(图11)。从那时以来,制造了一些作連續焊接用的“滾輪”式的焊接机(图12)。

在主要的制造者中,可以列举如下:美国的 Sonobond 公司、法国的“超声成就”(图13和14)、德国的 Lehfeld、苏联的工艺科学研究所、瑞士的“S. A. 工业超声”,等等。

这个名单逐年增加。大部分专门制造标准机器的大型企业,其研究部門也都在研究超声焊接机。这些企业为了能用革新設計、完美无缺的新机器来扩充其生产范围,往往在保密实验室内制造这种研究用机器以及完成这些机器的調准工作,并不預先发表所应用的新制造原理。

不管超声焊接技术未来的远景如何,对研究中心、試驗室和研究室的工程师和技术人員来说,重要的是要不断地获取有关这种焊接方法的新可能性的情报,以便他們能够从中吸取有用的东西并在样机設計和生产过程中考虑它們的使用。

超声焊接的实际优点

超声焊接机并不注定是用来代替点焊式和滾輪式的电阻焊接机的,但是这种焊接机的优点就在于它能够焊接用一般方法不能或很难焊接的金属与合金零件。对于某些金属(如:銅、鋁、鉍、鈹、鎢、鉭等……)尤其是对于不同材料的成对零件(如:鋁合金和不銹鋼、銅和鋼、鉍和鉛,等等……)来说,就是这样的。特别是鉍,它除了不能和鎢及其合金焊接外,实际上可以和所有其它的金属相接合。图15给出能够用超声进行焊接的主要的成对的金属与合金。

超声焊接技术也能够焊接金属綫(图16到图19)和极薄的板,特别是能把金属綫和极薄的板焊在特别厚的零件上(把5,100毫米的东西焊到5毫米甚至50毫米的东西上)(图20)。事实上,即使对于目前制造的强功率(4,000瓦)焊接机来说,放在焊接

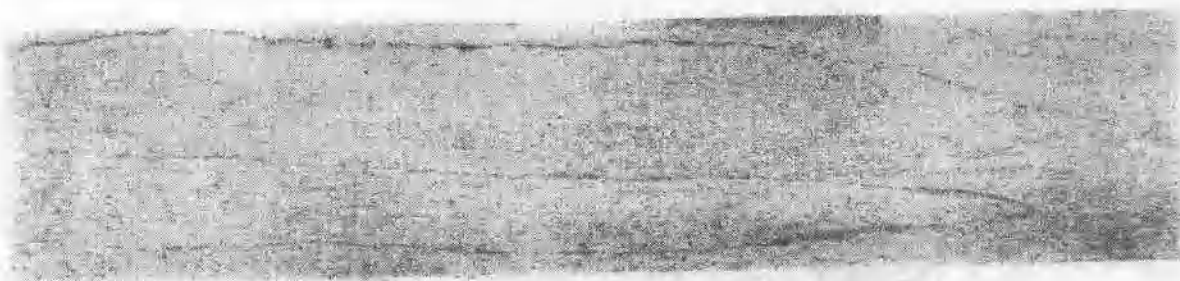


图 10 用超声进行焊接的二块铝合金板接合面的截面显微照片:可以看到一种片状移动的宏观的相互渗透。用稀氨酸(以 2%FB 加水)来蚀蚀

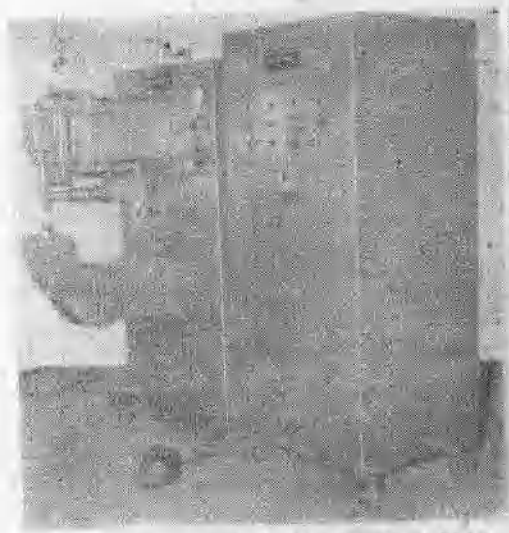


图 11 «Sonoweld»牌 W 2000 FSR 型点焊式超声焊接机(美国 Sonobond 公司)

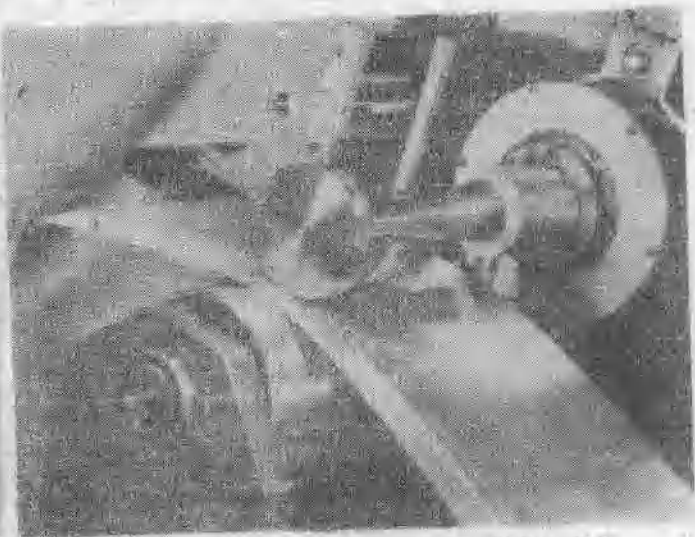


图 12 功率为 800 瓦的«Sonoweld»超声焊接机, 旋转轴横向摆动(美国 Sonobond 公司)



图 13 «Soudosonics»牌 S1A 型超声焊接机, 功率 1000 瓦(法国“超声成就”)



图 14 «Soudosonics»牌 S2A 型超声焊接机, 具有夹板;功率 2000 瓦(法国“超声成就”)