

精密焊接

PRECISION WELDING (SOLDERING)

曾 乐 著

上海科学技术出版社

精密焊接

Precision Welding (Soldering)

曾乐 著



上海科学技术出版社

本书由上海市新闻出版局
学术著作出版基金资助出版。

责任编辑 钮国俊

精 密 焊 接

Precision Welding (Soldering)

曾 牙 著

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所经销 上海市印刷三厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 9 插页 16 字数 202,000

1996 年 10 月第 1 版 1996 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—3,000

ISBN 7-5323-3913-0/TG·107

定价: 21.00 元

内 容 提 要

本书叙述精密电阻焊的特点、原理、工艺和应用,精密软钎接的特点、原理、工艺和应用,微电子器件的电子束焊接、激光焊接、键接和粘接。还叙述气体保护助钎技术,精密焊接设备和测试仪器,钎料、钎剂及两者融为一体的软钎膏。附录中列出国内尚未制订的精密焊外国标准。这是一本新技术专著,书末彩色照片反映了著者的研究成果。

本书专供从事精密焊接研究的人员阅读,大学焊接专业的师生和一般焊接技术人员亦可参考。

作者简介

曾乐原籍广东中山, 1932 年出生于上海, 1952 年毕业于同济大学。一生几乎都在钢铁企业从事焊接技术工作, 造就蜚声国内外的知名焊接专家。

曾乐是教授级高工, 生前任上海宝山钢铁(集团)公司副总工程师, 兼任冶金部建筑研究总院副总工程师, 还任上海交通大学和同济大学兼职教授。在国内科技协会中, 他历任中国机械工程学会焊接学会第二届副理事长和第三届常务理事兼精密焊接工作组组长、中国金属学会第二届理事、中国钢结构协会焊接协会理事长。在国外学术团体中, 他是国际焊接学会(IIW)第 XV 委员会专家委员和国际焊接学会微连接特设委员会中国国家代表、美国焊接协会(AWS)会员、德国焊接协会(DVS)委员和专家系统成员。他又是西班牙冶金研究中心(CENIM)委员, 是该中心接纳的唯一的中国人。

曾乐在许多重大工程项目中做出卓越贡献。1978 年以来, 为宝钢一期工程的焊接施工创造了工地现场半机械化焊接法, 加快了工程建设进度, 由此荣获国家科学技术进步特等奖和工程质量金质奖。后又焊成了高 200 m 的钢烟囱和容积 4063 m³ 的高炉。1990 年起, 他受聘加入上海市黄浦江大桥工程指挥部, 先后对南浦大桥、杨浦大桥的钢结构, 从选材到焊接拼接和合龙进行了全面指导。接着对上海建筑的象征——东方明珠电视塔的建立进行了焊接指导。从而为上海滩增添了“二龙拱珠”的景观。同时, 他还为首都北京当时的最高楼京城大厦、特区深圳高 165 m 的发展中心大厦的营造进行技术指导, 钢结构的焊接和安装精度都达到国际标准的要求。

除了巨型焊接结构, 他还有绝技, 就是焊接微型精密器件, 精细到超大规模集成电路的焊接、光导纤维的连接等, 接头尺寸以微米计。宝钢内设有以他名字命名的曾乐试验室, 开展精密焊接研究试验, 这几年出技术、出产品。就国内现状来说, 精密焊接唯有他独辟蹊径。

焊接工程无不成功, 焊接技术突飞猛进! 曾乐被传颂为“焊神”。他自己却否认: “我是人, 不是神。”是啊! 在成功的背后, 经历了多少次试验—失败—再试验!

曾乐的劳动、创造, 理应受到政府的表彰和奖励。他先后被评为冶金部劳动模范, 上海市劳动模范、先进标兵、科技精英和科技功臣。他荣膺全国“五一”劳动奖章, 荣获国家科委颁发的科技成果创造发明一等奖和三等奖。

曾乐为国争光, 扬名海外。被英国剑桥国际传记中心列入《国际男女名人录》、《国际智能人名人录》。他的名字, 还载入美国传记研究协会的《国际殊勋名人录》、《世界 5000 伟人录》, 并于 1991 年从美国捧回了科学技术成就终身金像奖。

1993 年, 我社(上海科学技术出版社)出版了他主编的《现代焊接技术手册》(《Modern Welding Handbook》)。记得在 1991 年 8 月 13 日, 他肝癌手术出院后的第三天, 召开编委作者第一次会议, 他赶来参加会议, 右手捂着肋部发言一个多小时。1992 年他出席国际会议后回国, 捎回了美国焊接协会 92 年版的《Structural Welding Code—Steel》(《钢结构焊接规范》), 他当即通知我。因为手册引用的是其 88 年版的资料, 于是译出新版本的修改部分, 补入稿中。1993 年 11 月的一天, 我上午拿到刚出版的样书, 下午就送去让他先睹为快, 洋洋洒洒 240 余万字。这天的傍晚到夜里九十点钟, 他陆续打了三次电话给我。他在电话里说:

“你走后，我一直在翻看……”显然，他被心爱物激奋了。手册出版的第二年，国际焊接学会在我国北京召开年会，《现代焊接技术手册》受到与会代表的好评。他从会议上打来长途电话：“这一手册和机工版的《焊接手册》，代表了我国当代焊接技术的发展水平。”

曾乐 著：精密焊接[Precision Welding (Soldering)]。去年底，星期日，我去他家，发排前最后一次商榷书稿。今年2月5日，仅隔三十多天，他溘然辞世。诟知这次见面，竟成永诀，悲哉！《精密焊接》正在我社付梓面世之时，竟成遗著，痛哉！

编者想这两部书，把曾乐的知识、技术、经验，差不多都挖出来了。留给当今的焊接界朋友，传播开去。

写书当中，作、编者成了诤友。我尊称他“曾总”。他摆摆手说：“你叫我老曾好了，我不是叫你老钮吗，这样自在些。”老曾同志，安息吧！写此文以祭。

编 者

1996年2月

前 言

精密焊接一词,早在本世纪60年代前后,首先由西方工业发达国家采用。例如美国采用 Precision Welding,德国采用 Mikroschweissen。不论是用“精密”(“Precision”),还是用“微”(“Mikro”),皆指焊接或连接(Joining)对象的细微特征。而焊接对象的细微特征,导致了焊接工艺与普通焊接的显著区别。

随着微电子技术的迅猛发展,尤其超大规模集成电路在制造工艺上的突破,焊接对象更由细微特征到达显微特征,即焊点尺寸小到以微米计,焊件也极微小而密集。相应地,焊接工艺更趋显微而多样,焊接设备更趋精密,焊接能源由电能扩展到超声能、激光能等,被焊材料由金属导体扩展到半导体、非导体及其复合材料。

国际焊接学会(IIW, International Institute for Welding)为了探讨、交流精密焊接这一新技术,于80年代后期成立了微连接特设委员会(Selected Committee, Micro-Joining)。本书的取义,就是基于上述的焊接工艺、焊接设备、焊接对象的精密与微小^[1,2]。

在精密焊接领域内,电阻焊历来占有十分显著的地位。这种精密件电阻点焊,从工艺到设备皆明显地不同于通用电阻点焊。为此,德国焊接协会(DVS, Deutscher Verband fuer Schweissttechnik)技术委员会下设的第28工作组——微件焊接工作组特制定了一系列微件焊接技术规程 Merkblatt DVS 2801、2802、2803及2804。其中2801即为微件电阻焊,阐明其特点是采用单脉冲、双脉冲电源,窄间隙的两平行电极布置于工件同一侧。本书首先对此作了详细叙述,并提出了精密电阻焊的本质是一种特殊的无熔核的高速扩散焊接的新理论。精密电阻焊的新设备是组合功能单机,它除了完成焊接工序本身外,还包括焊前的冲切、弯曲等成形工序及焊后处理工序。喂进单机的是卷带或卷丝,从单机出来的则是焊接完好的成品,生产率极高。精密电阻焊广泛用于硅太阳能电池焊接、继电器的簧片与触点焊接,以及新型小五金器件、微电子接插件的制造。

书中接着叙述精密软钎接。传统的钎焊方法已经不适应当今的微电子工业。印刷电路板的制造与修复,印刷电路板与微电子元件的穿孔插装和表面贴装,都需要精密软钎接工艺和设备,需要惰性气体保护助钎技术,需用高纯度的微合金化的细晶粒软钎料,并配用高性能的软钎剂。尤其是钎料与钎剂融为一体的软钎膏,以作者命名的曾乐试验室已研制出了SO-1系列产品,适用于模板印刷、丝网印刷及高低温软钎接。其性能与国外同类产品媲美,取得了巨大经济效益。

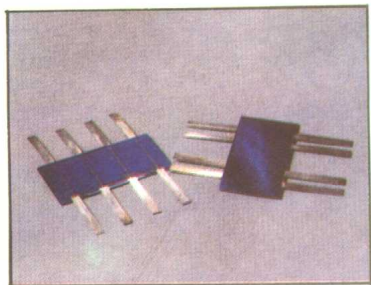
书中还扼要介绍了微电子工业常用的键接、粘接、电子束焊接和激光束焊接,以及通讯用光波导线的连接。附录中列出国外精密焊接规程和软钎剂标准。彩色插图集中在书末,反映了作者的研究成果和我国当前精密焊接的应用水平。

本书是国内首次深入阐述精密焊接的专著,包含新的理论基础与应用实例。它的出版,希望能起到充实精密机器及微电子技术及焊接技术相关的新知识,从而使焊(连)接的设计与应用达到更加完善的境地。

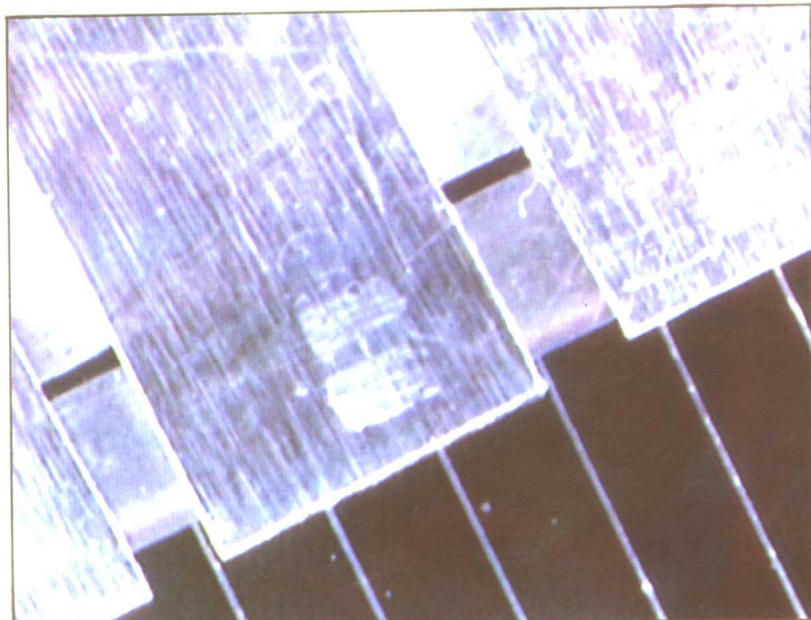
在撰写再流软钎接一节时,得到了胡金荣工程师的支持,提供了资料,在此深表谢意。书中涉及的应用实例,都是曾乐试验室全体同事共同努力所取得的成功,体现了同事们的创造精神,这是极其可贵的。我应当感谢石小平技师对软钎膏一章的奉献,居建华同志协助拍摄实物照片,以及张红权、魏尔枝工程师的配合工作。

作 者

1995年8月



(a)互连带焊接



(b)焊点外观 $\times 50$

图3 宇航硅太阳能电池单片互连带的平行间隙电阻焊

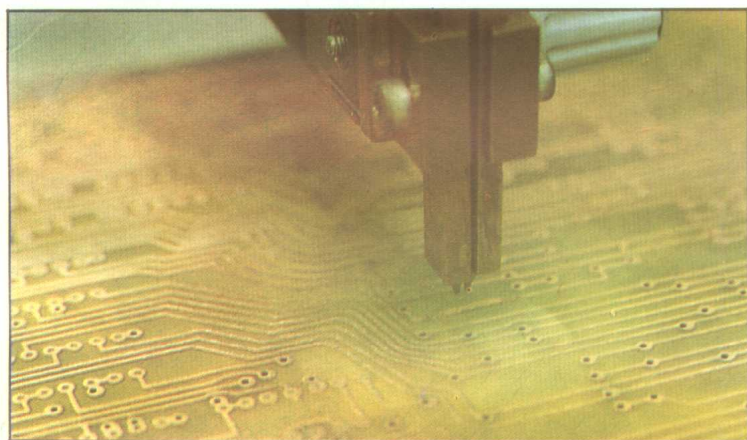
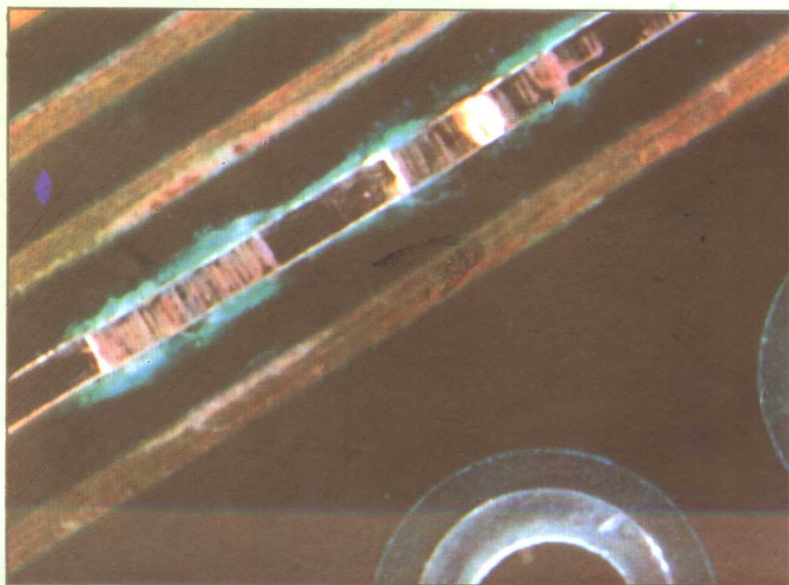


图4 印刷电路板制造过程中不可避免地出现断线,采用平行间隙电阻焊机(补线机)进行铜印刷线的修复焊接

图5 铜印刷线用平行间隙电阻点焊的焊点

$\times 50$

左侧用小参数焊接
右上侧用大参数焊接



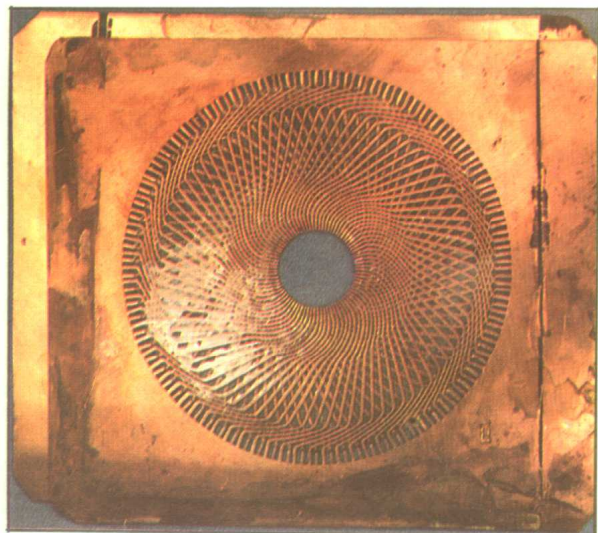


图 6 平行间隙电阻焊接前马达转子内、外圆
多层印刷线接头

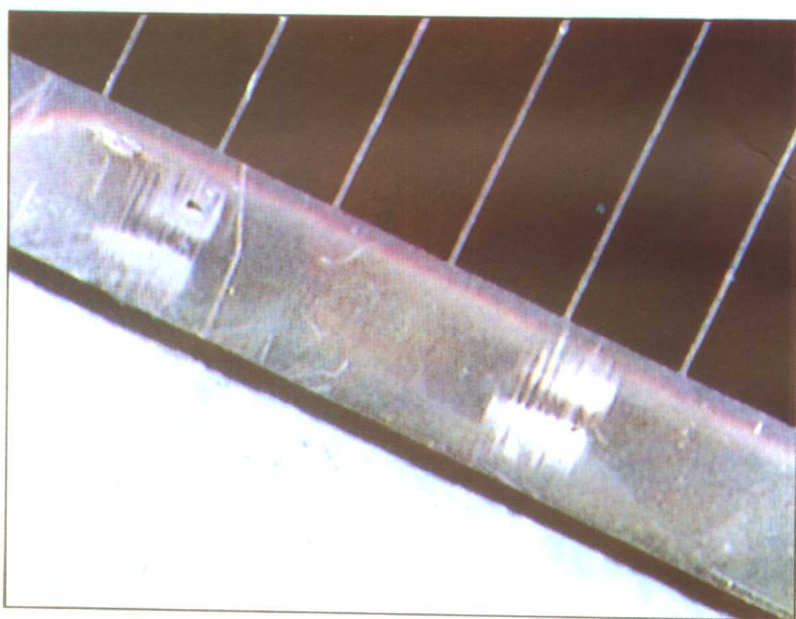


图 12 撕开的银互连带焊点
×50

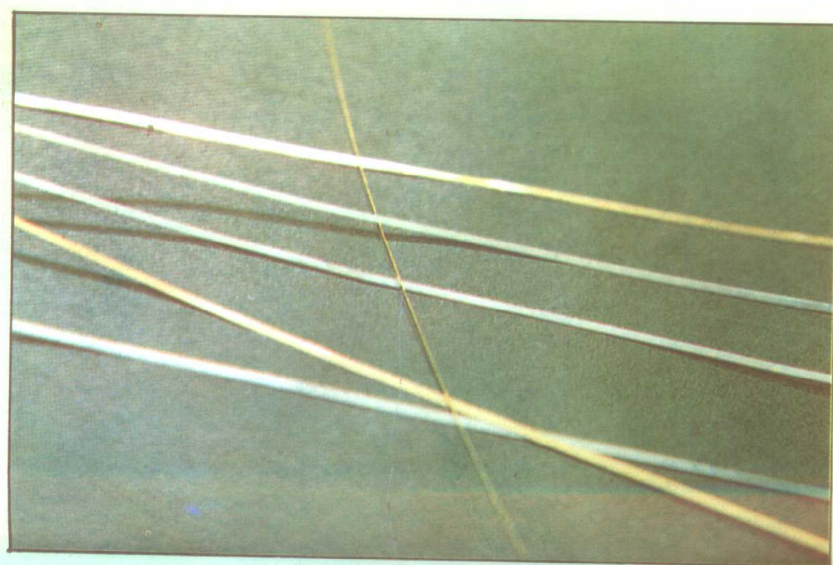


图 16 补线正反面外观

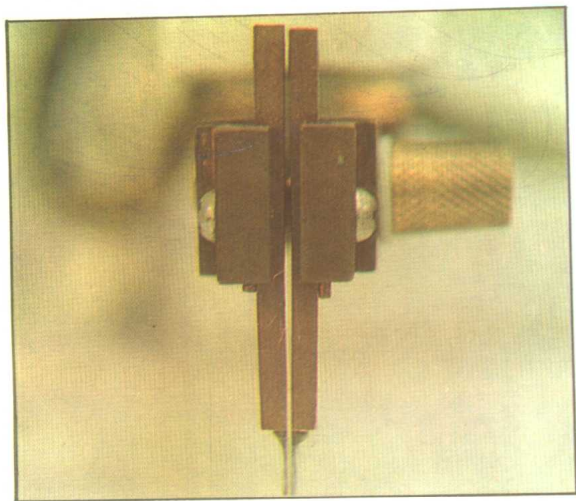


图 19 平行间隙电阻点焊用电极

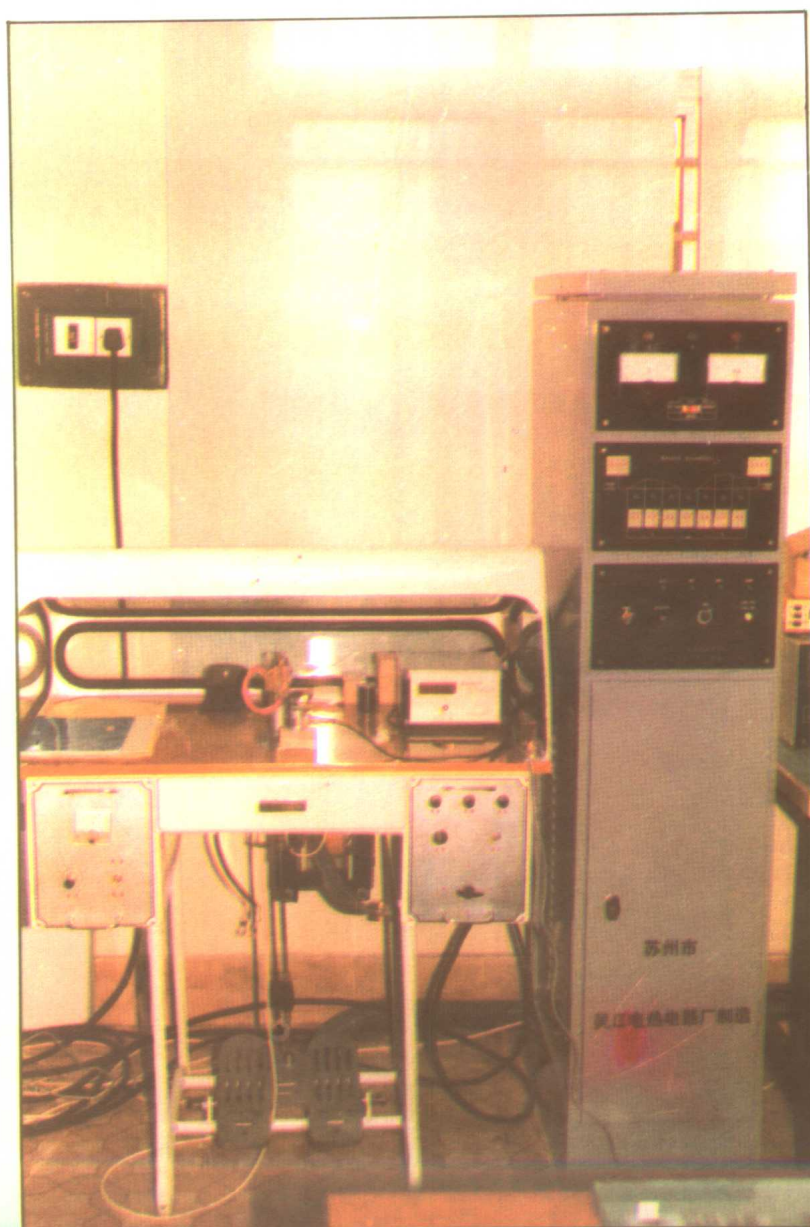


图 20 硅太阳能电池单片焊接用 BJ-1 型平行间隙电阻点焊机

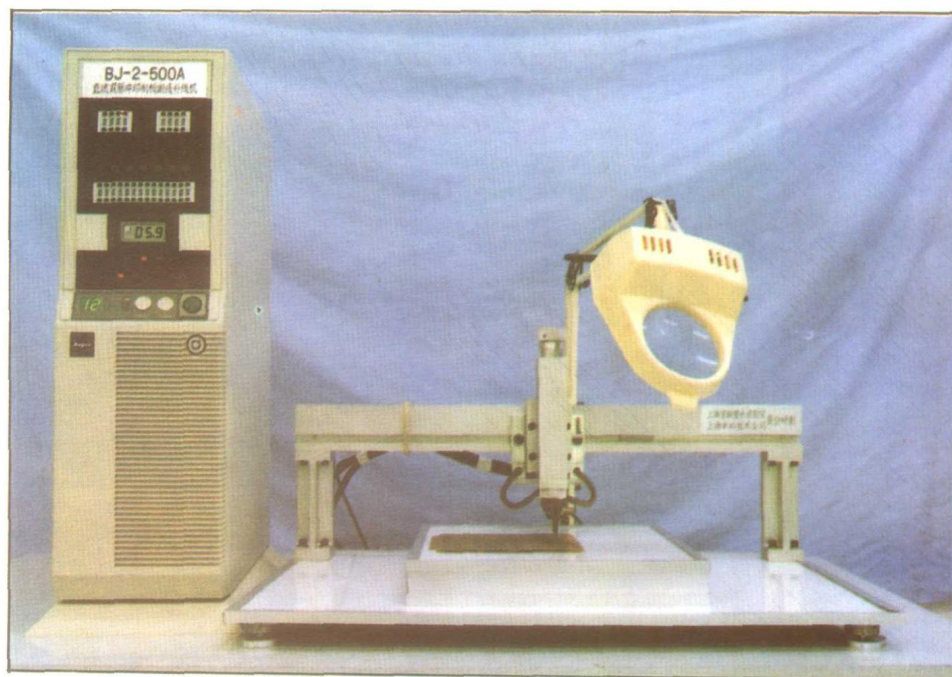
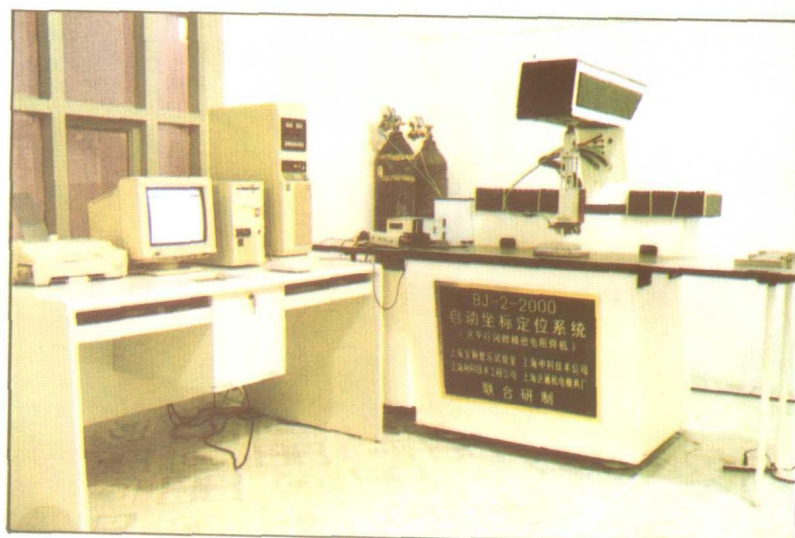


图 21 印刷电路板补线用 BJ-2 型平行间隙电阻点焊机



(a) 系统全貌

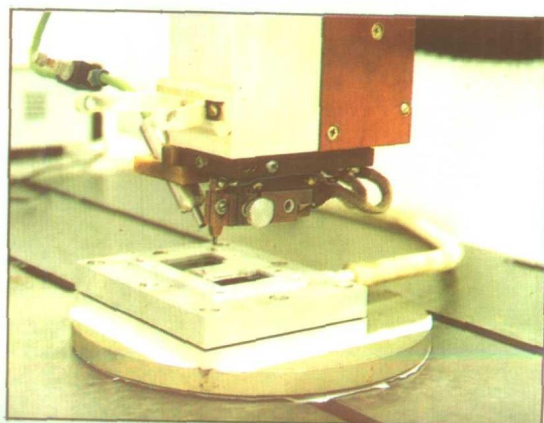


图 25 硅太阳能电池互连带焊接用平行间隙电阻焊机

(b) 焊机工作

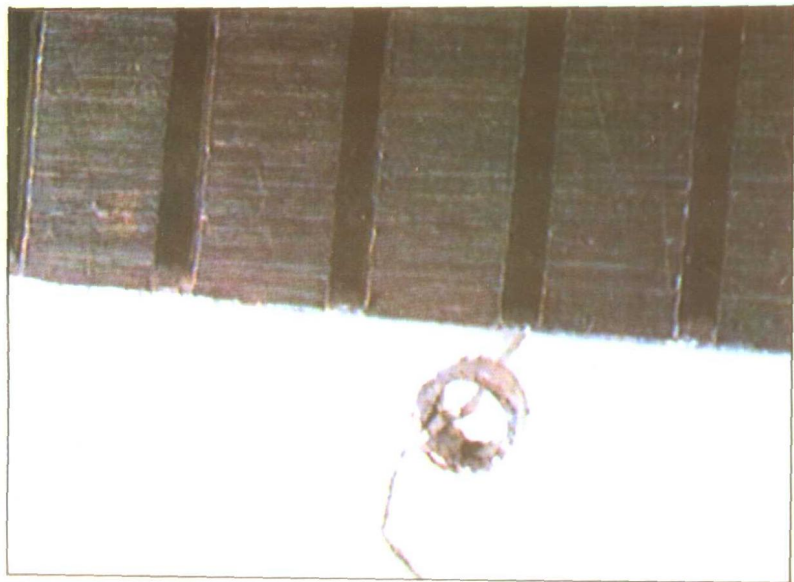


图 28 植入人体的毛细铂电极 $\times 100$

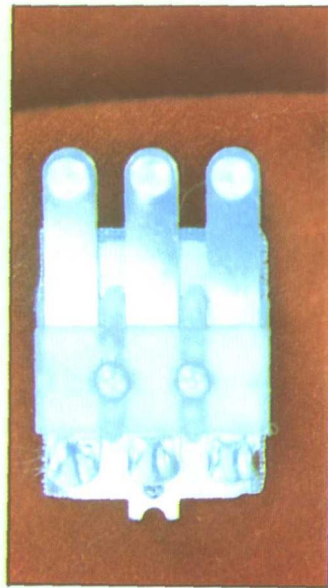


图 29 带银铆钉的簧片

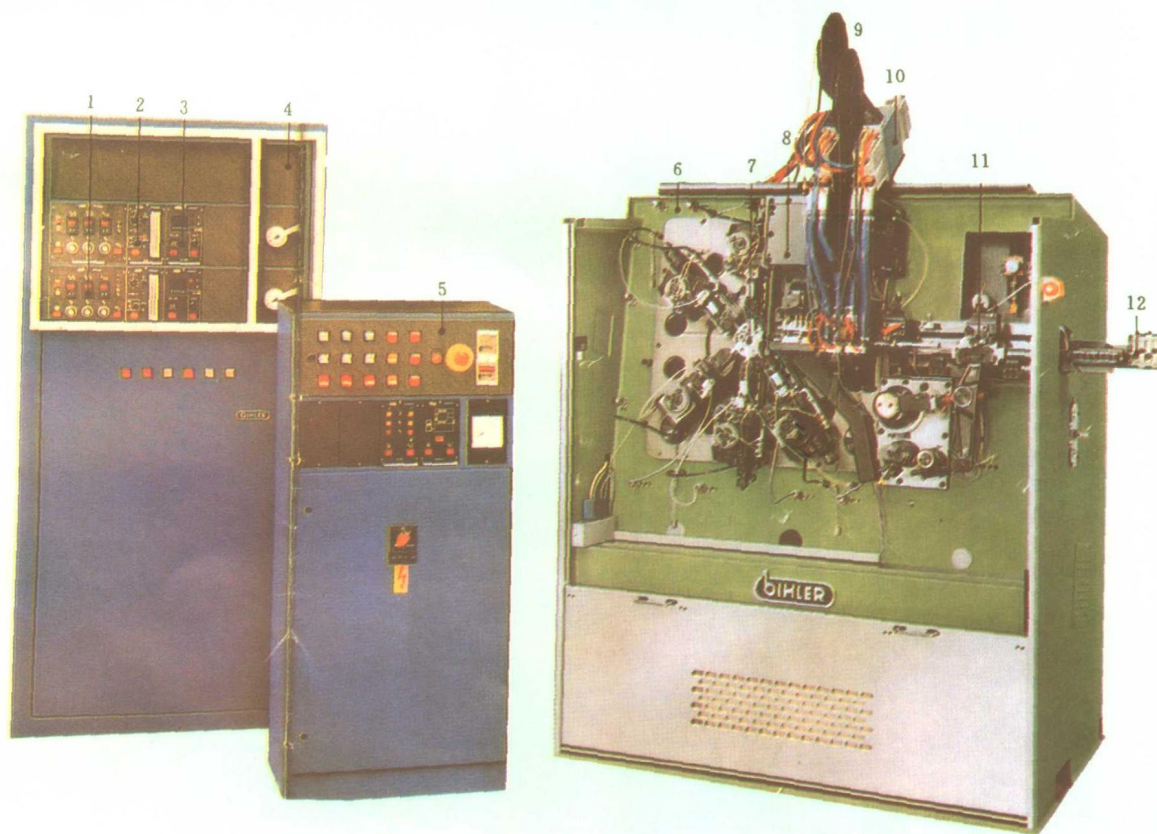
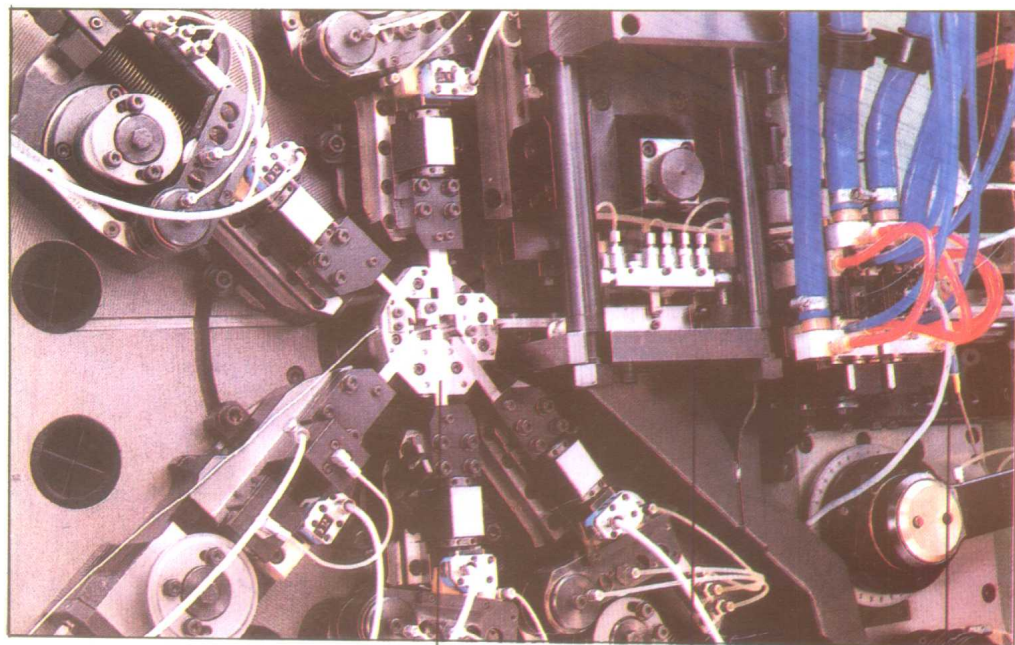


图 36 B4 型组合功能精密电阻焊机

- 1—S3 焊接时间控制器 2—焊接质量监控器 3—AS6099 拣废记忆贮存器 4—B4 型焊机电源
5—控制柜 6—RM-40 万能冲剪成形自动机 7—成形站 8—双点偏心轴压机
9—D1 精密电阻焊机头 10—变压器及旋轴托架 11—带材、丝材喂送机构 12—校直机构



成形

冲切

焊接

图 37 B4 型焊机局部

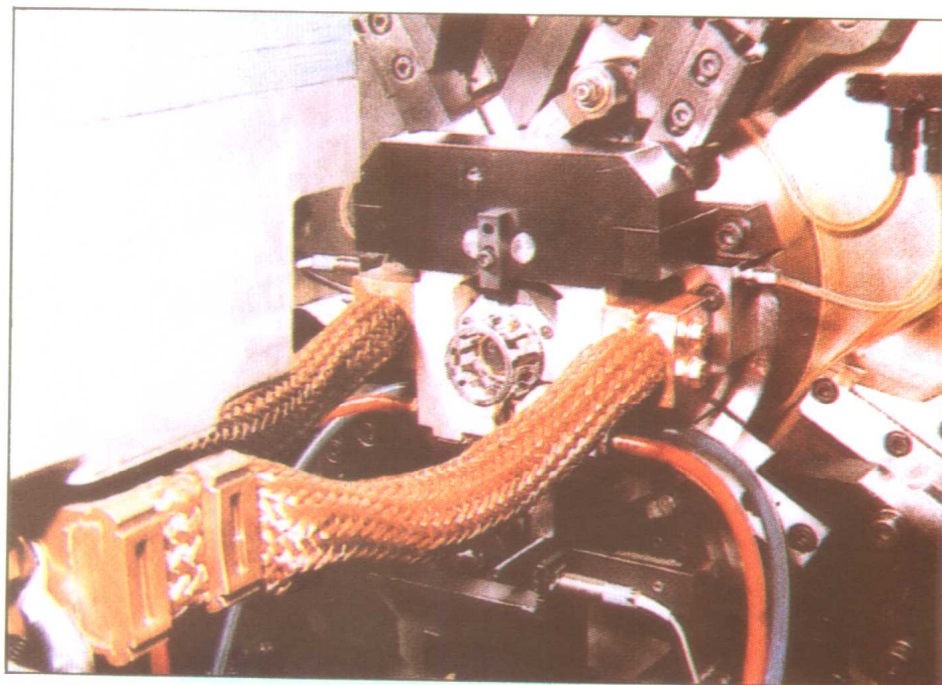


图 38 组合功能精密电阻焊机用于焊接微型轴承保持圈

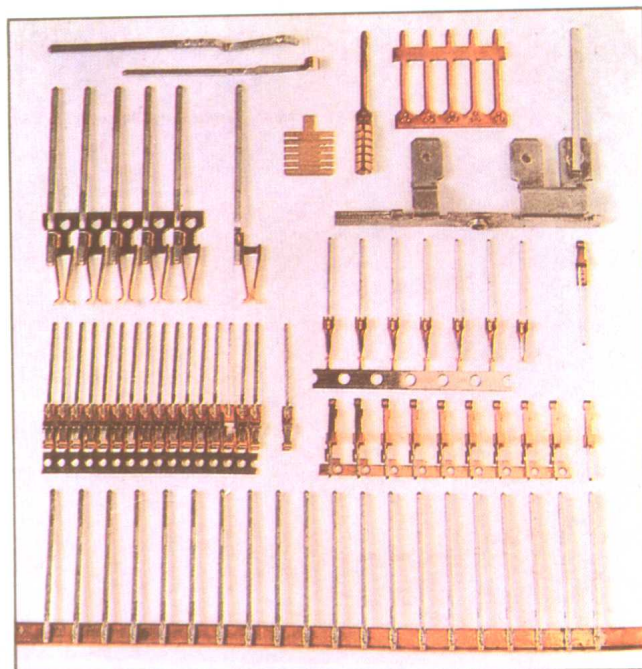


图 39 用精密电阻焊法焊接的微接插件



图 40 宝钢 SC-1 软钎膏外形及定量滴送筒



图 42 宝钢 SC-1 软钎膏印刷在白瓷片上的熔化试验,无黑色氧化物,无小锡珠飞溅,钎剂残留物呈透明的浅黄色

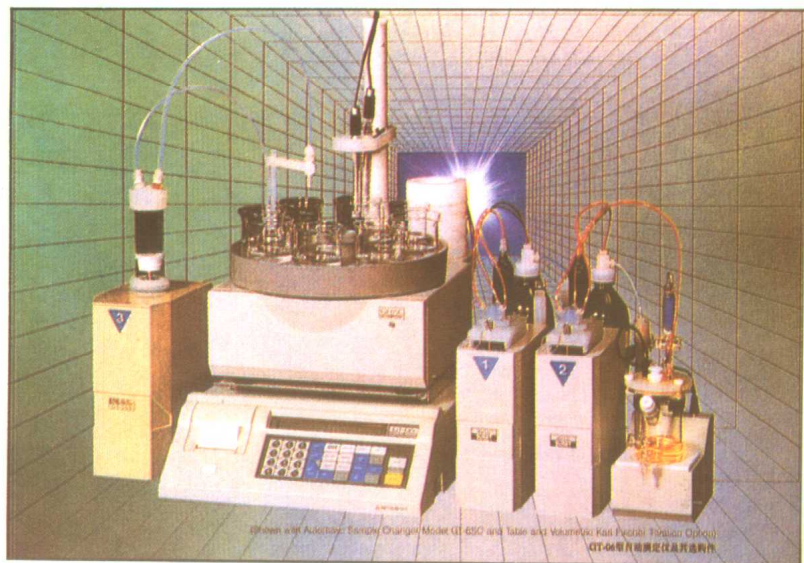


图 43 最先进的 GT-06 型自动
滴定仪及配件



图 44 模板印刷机印刷柔性
印刷电路板

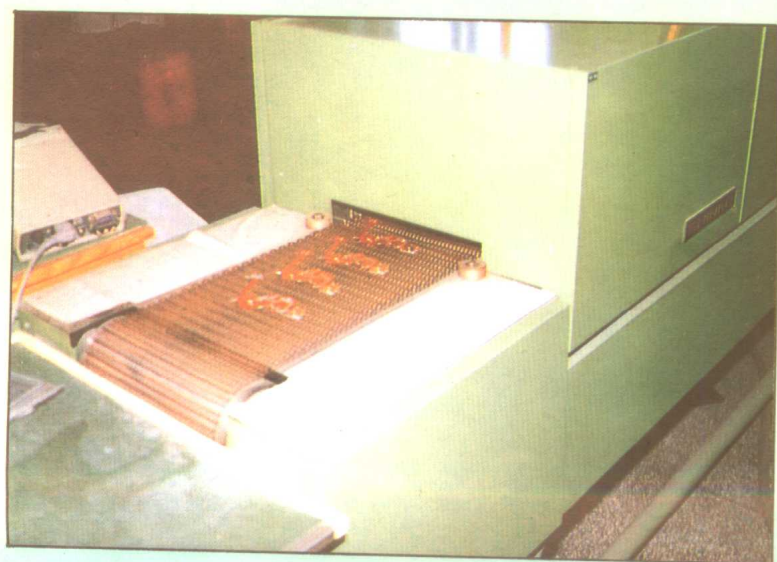
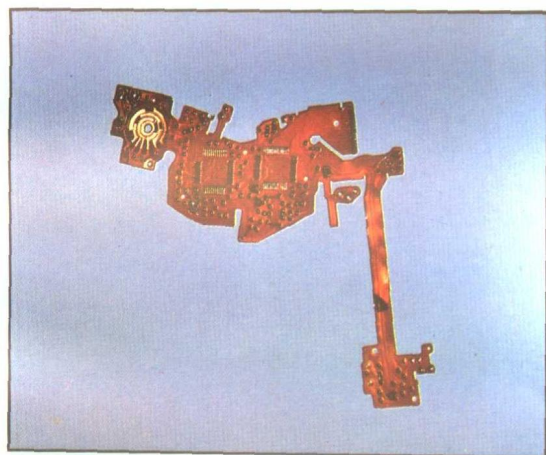


图 45 印刷后的柔性印刷电路
板送入远红外钎接炉

图 46 再流软钎接后的柔性
印刷电路板出炉



(a) 柔性印刷电路板

图 47 SMT 印刷电路板成品

(b) 刚性印刷电路板

