

# 简明钎焊工手册

方洪渊 主编



机械工业出版社  
China Machine Press

# 简 明 钎 焊 工 手 册

方洪渊 主编

钱乙余 主审



机 械 工 业 出 版 社

本手册共十章,比较系统地介绍了钎焊的基本原理、钎焊材料、工艺方法及各种材料的钎焊连接问题。本手册以钎焊工艺方法的介绍为主线,着重介绍各种常用钎焊方法的基本原理、工艺要求和操作技巧以及常规材料钎焊工艺的制定,并结合工厂企业的实际情况介绍了一些当前比较广泛应用的典型产品的钎焊实例。本手册在选材上以实用为主,兼顾先进性,文字叙述较为通俗。

本手册是一本以从事实际操作的钎焊工人为主要读者对象的小型工具书,内容着重于工程应用,适合于在航空航天、机械、电子、轻工、家电等行业从事钎焊工作的工程技术人员和工人阅读参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

简明钎焊工手册/方洪渊主编. —北京:机械工业出版社, 1999.12

ISBN 7-111-07629-X

I. 简… II. 方… III. 钎焊-手册 IV. TG454.62

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第62952号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:俞逢英 金晓玲 版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年4月第1版第2次印刷

787mm×1092mm<sup>1/32</sup>·12印张·1插页·331千字

4 001—7 000册

定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

## 前 言

钎焊技术作为实现材料连接的一类重要方法，在国民经济的各个领域中都获得了日益广泛的应用，随着新材料和新工艺的不断涌现，对钎焊技术提出了越来越高的要求。由于被连接材料和钎焊材料的多样性以及钎焊连接工艺方法所具有的广泛适应性，这就要求从事钎焊工作的工程技术人员和操作人员应具备一定的理论知识和比较丰富的实际工作经验。

目前，国内已经出版了几种钎焊方面的书籍，但专门为钎焊操作人员撰写的简明扼要并便于查询的工具书还很少。我们撰写这本《简明钎焊工手册》的目的就是为钎焊操作者提供一本在实际工作中具有参考价值，且使用方便的工具书。

本书的特点是既有一定的钎焊基本理论，又有各种不同类型的应用实例。对比较传统的钎焊工艺方法进行详细的论述，同时又对一些新方法和新工艺进行了介绍。此外，对钎焊材料进行了比较全面的介绍，并将国内一些从事钎焊材料研制和生产的单位及其产品等收入了附录，以能对读者在进行有关工作时有所帮助。

本书的第1、3、4章和附录由方洪渊编写，第2、5章和第10章的10.10~10.15节由刘会杰编写，第6章、第8章的8.1~8.8节、第10章的10.1~10.9节由范富华编写，第7章、第8章的8.9~8.11节和第9章由冯吉才编写。全书由方洪渊负责统稿和定稿，并由中国焊接学会钎焊与扩

#### IV

散焊专业委员会主任钱乙余教授审阅。

在本书编写过程中参阅了国内外同行大量的文献资料，在此仅向这些文献的作者表示衷心的感谢。

由于我们水平有限，错误与疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者  
于哈尔滨

# 目 录

## 前 言

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 绪 论 .....               | 1  |
| 0.1 钎焊连接的基本特征 .....     | 1  |
| 0.2 钎焊方法的分类 .....       | 2  |
| 0.3 钎焊的历史、发展及应用 .....   | 3  |
| 第 1 章 钎焊接头形成的基本原理 ..... | 5  |
| 1.1 钎料的润湿与铺展 .....      | 5  |
| 1.1.1 润湿与铺展 .....       | 5  |
| 1.1.2 影响钎料润湿性的因素 .....  | 6  |
| 1.2 液态钎料的毛细填缝过程 .....   | 10 |
| 1.3 钎料与母材间的相互作用 .....   | 12 |
| 1.3.1 母材向液态钎料中的溶解 ..... | 12 |
| 1.3.2 钎料向固态母材中的扩散 ..... | 14 |
| 1.4 钎缝组织形态 .....        | 18 |
| 1.4.1 钎缝组织的不均匀性 .....   | 18 |
| 1.4.2 结合区的组织形态 .....    | 19 |
| 1.5 钎焊性的测量与评定 .....     | 25 |
| 1.5.1 润湿角测量法 .....      | 25 |
| 1.5.2 铺展面积测定法 .....     | 25 |
| 1.5.3 填缝长度的测定 .....     | 26 |
| 1.5.4 复合板流动系数的测定 .....  | 27 |
| 1.5.5 润湿时间的测定 .....     | 27 |
| 1.5.6 润湿力的测定 .....      | 28 |
| 第 2 章 钎剂和气体介质 .....     | 30 |

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| 2.1 钎剂的作用和应有的性能 .....   | 30        |
| 2.1.1 钎剂的作用 .....       | 30        |
| 2.1.2 钎剂应有的性能 .....     | 31        |
| 2.2 钎剂的组成、分类和选择 .....   | 31        |
| 2.2.1 钎剂的组成 .....       | 32        |
| 2.2.2 钎剂的分类 .....       | 33        |
| 2.2.3 钎剂的选择 .....       | 34        |
| 2.3 常用钎剂 .....          | 35        |
| 2.3.1 软钎剂 .....         | 35        |
| 2.3.2 硬钎剂 .....         | 38        |
| 2.3.3 铝用钎剂 .....        | 40        |
| 2.3.4 气体钎剂 .....        | 43        |
| 2.4 气体介质 .....          | 44        |
| 2.4.1 中性气体 .....        | 45        |
| 2.4.2 活性气体 .....        | 45        |
| 2.4.3 真空 .....          | 46        |
| <b>第3章 钎料 .....</b>     | <b>47</b> |
| 3.1 钎料的分类及选用原则 .....    | 47        |
| 3.1.1 钎料的分类 .....       | 47        |
| 3.1.2 对钎料的基本要求 .....    | 48        |
| 3.1.3 选用钎料的原则 .....     | 49        |
| 3.2 软钎料 .....           | 51        |
| 3.2.1 锡铅钎料 .....        | 51        |
| 3.2.2 铝用软钎料 .....       | 59        |
| 3.2.3 高温软钎料和低温软钎料 ..... | 62        |
| 3.2.4 微组装用软钎料 .....     | 65        |
| 3.3 硬钎料 .....           | 68        |
| 3.3.1 铝基钎料 .....        | 68        |
| 3.3.2 银基钎料 .....        | 69        |
| 3.3.3 铜基钎料 .....        | 79        |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| 3.3.4 镍基钎料 .....         | 88         |
| 3.3.5 锰基钎料 .....         | 95         |
| 3.3.6 金基钎料 .....         | 99         |
| 3.3.7 钼基钎料 .....         | 102        |
| 3.3.8 钛基钎料 .....         | 102        |
| 3.4 膏状钎料 .....           | 104        |
| 3.5 非晶态钎料 .....          | 108        |
| <b>第4章 钎焊接头的设计</b> ..... | <b>111</b> |
| 4.1 钎焊接头的形式 .....        | 111        |
| 4.2 钎焊接头搭接长度的确定 .....    | 114        |
| 4.3 钎焊接头间隙的选定 .....      | 117        |
| 4.4 钎缝强度实验方法 .....       | 122        |
| 4.4.1 钎缝的拉伸试验方法 .....    | 122        |
| 4.4.2 钎缝的剪切实验方法 .....    | 124        |
| <b>第5章 钎焊工艺</b> .....    | <b>126</b> |
| 5.1 钎焊前零件表面的制备 .....     | 126        |
| 5.1.1 清除油脂 .....         | 126        |
| 5.1.2 去除氧化膜 .....        | 128        |
| 5.1.3 镀覆金属 .....         | 130        |
| 5.1.4 涂覆阻流剂 .....        | 131        |
| 5.2 零件的装配和定位 .....       | 132        |
| 5.2.1 自身定位 .....         | 132        |
| 5.2.2 夹具定位 .....         | 133        |
| 5.3 钎料的放置 .....          | 135        |
| 5.3.1 钎料的放置原则 .....      | 135        |
| 5.3.2 钎料的放置方式 .....      | 135        |
| 5.4 钎焊工艺参数的确定 .....      | 136        |
| 5.4.1 钎焊温度 .....         | 136        |
| 5.4.2 保温时间 .....         | 137        |
| 5.4.3 加热速度和冷却速度 .....    | 138        |

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| 5.5 钎焊后的处理 .....      | 138        |
| 5.5.1 钎剂残渣的清除 .....   | 138        |
| 5.5.2 阻流剂的清除 .....    | 140        |
| 5.5.3 钎焊后的热处理 .....   | 140        |
| 5.6 钎焊工艺规程 .....      | 141        |
| <b>第6章 钎焊方法 .....</b> | <b>144</b> |
| 6.1 火焰钎焊 .....        | 145        |
| 6.2 电加热钎焊 .....       | 147        |
| 6.2.1 炉中钎焊 .....      | 147        |
| 6.2.2 感应钎焊 .....      | 152        |
| 6.2.3 电阻钎焊 .....      | 156        |
| 6.2.4 电弧钎焊 .....      | 158        |
| 6.3 浸渍钎焊 .....        | 159        |
| 6.3.1 盐浴钎焊 .....      | 160        |
| 6.3.2 熔化钎料中浸渍钎焊 ..... | 161        |
| 6.4 扩散钎焊 .....        | 162        |
| 6.5 烙铁钎焊 .....        | 165        |
| 6.6 波峰钎焊 .....        | 166        |
| 6.7 再流钎焊 .....        | 167        |
| 6.7.1 气相钎焊 .....      | 167        |
| 6.7.2 红外钎焊 .....      | 169        |
| 6.7.3 激光钎焊 .....      | 170        |
| 6.7.4 热板钎焊 .....      | 171        |
| 6.7.5 热风钎焊 .....      | 172        |
| 6.8 其它钎焊方法 .....      | 172        |
| 6.8.1 刮擦钎焊 .....      | 172        |
| 6.8.2 超声波钎焊 .....     | 173        |
| 6.8.3 光束钎焊 .....      | 174        |
| 6.8.4 电子束钎焊 .....     | 174        |
| 6.9 各种钎焊方法的比较 .....   | 175        |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| <b>第 7 章 钎焊缺陷及质量检验 .....</b> | <b>178</b> |
| 7.1 钎焊缺陷的种类及产生原因 .....       | 178        |
| 7.1.1 钎焊缺陷的种类 .....          | 178        |
| 7.1.2 缺陷的发生原因及改进措施 .....     | 179        |
| 7.2 钎焊的质量检验方法 .....          | 183        |
| 7.2.1 非破坏性检验 .....           | 184        |
| 7.2.2 破坏性检验 .....            | 191        |
| <b>第 8 章 常用材料的钎焊 .....</b>   | <b>195</b> |
| 8.1 碳钢、低合金钢的钎焊 .....         | 195        |
| 8.1.1 钎焊特点 .....             | 195        |
| 8.1.2 接头间隙设计 .....           | 196        |
| 8.1.3 钎料、钎剂和保护气体 .....       | 196        |
| 8.1.4 钎焊工艺 .....             | 197        |
| 8.2 不锈钢的钎焊 .....             | 199        |
| 8.2.1 钎焊特点 .....             | 200        |
| 8.2.2 钎料、钎剂和保护气体 .....       | 201        |
| 8.2.3 钎焊工艺 .....             | 206        |
| 8.3 工具钢和硬质合金的钎焊 .....        | 208        |
| 8.3.1 钎焊特点 .....             | 210        |
| 8.3.2 钎料、钎剂和保护气体 .....       | 210        |
| 8.3.3 钎焊工艺 .....             | 212        |
| 8.4 高温合金的钎焊 .....            | 215        |
| 8.4.1 钎焊特点 .....             | 216        |
| 8.4.2 钎料、钎剂和保护气体 .....       | 216        |
| 8.4.3 钎焊工艺 .....             | 220        |
| 8.5 铸铁的钎焊 .....              | 222        |
| 8.5.1 钎焊特点 .....             | 222        |
| 8.5.2 钎料和钎剂 .....            | 222        |
| 8.5.3 钎焊工艺 .....             | 223        |
| 8.6 铝及其合金的钎焊 .....           | 224        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 8.6.1 钎焊特点 .....            | 224        |
| 8.6.2 钎料、钎剂和保护气体 .....      | 230        |
| 8.6.3 钎焊工艺 .....            | 232        |
| 8.6.4 铝与其它金属的钎焊 .....       | 239        |
| 8.7 铜及其合金的钎焊 .....          | 240        |
| 8.7.1 钎焊特点 .....            | 240        |
| 8.7.2 钎料、钎剂和保护气体 .....      | 241        |
| 8.7.3 钎焊工艺 .....            | 244        |
| 8.7.4 铜与其它金属的钎焊 .....       | 246        |
| 8.8 钛及其合金的钎焊 .....          | 247        |
| 8.8.1 钎焊特点 .....            | 248        |
| 8.8.2 钎料 .....              | 249        |
| 8.8.3 钎剂和保护气氛 .....         | 251        |
| 8.8.4 钎焊工艺 .....            | 251        |
| 8.9 难熔金属的钎焊 .....           | 252        |
| 8.9.1 钨的钎焊 .....            | 252        |
| 8.9.2 钼的钎焊 .....            | 254        |
| 8.9.3 钽和铌的钎焊 .....          | 256        |
| 8.10 贵金属触点的钎焊 .....         | 259        |
| 8.10.1 钎焊特点 .....           | 259        |
| 8.10.2 钎料选择 .....           | 259        |
| 8.10.3 钎焊工艺 .....           | 260        |
| 8.11 非金属材料的钎焊 .....         | 261        |
| 8.11.1 陶瓷材料的钎焊 .....        | 261        |
| 8.11.2 石墨和金刚石聚晶的钎焊 .....    | 267        |
| 8.11.3 复合材料的钎焊 .....        | 269        |
| <b>第9章 钎焊操作中的安全保护 .....</b> | <b>271</b> |
| 9.1 不安全及不卫生因素 .....         | 271        |
| 9.2 钎焊操作的注意事项及安全防护 .....    | 272        |
| 9.2.1 有毒物品的安全管理 .....       | 272        |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 9.2.2 通风 .....             | 273        |
| 9.2.3 其它应注意的事项 .....       | 274        |
| <b>第 10 章 钎焊应用实例 .....</b> | <b>276</b> |
| 10.1 印制电路板的钎焊 .....        | 276        |
| 10.1.1 元器件引线的成形 .....      | 276        |
| 10.1.2 电烙铁钎焊印制电路板 .....    | 280        |
| 10.1.3 手工浸焊印制电路板 .....     | 282        |
| 10.2 硬质合金车刀火焰钎焊 .....      | 284        |
| 10.2.1 钎焊前准备 .....         | 284        |
| 10.2.2 钎焊 .....            | 285        |
| 10.2.3 钎焊后处理 .....         | 285        |
| 10.3 自行车车架的火焰钎焊 .....      | 286        |
| 10.4 大型发电机转子线圈接头电阻钎焊 ..... | 288        |
| 10.4.1 电阻钎焊装置 .....        | 289        |
| 10.4.2 钎焊过程 .....          | 289        |
| 10.5 核工程用液位计电接点的真空钎焊 ..... | 291        |
| 10.5.1 电接点性能要求 .....       | 291        |
| 10.5.2 钎料的选择 .....         | 291        |
| 10.5.3 钎焊工艺 .....          | 292        |
| 10.6 汽车分电器主轴部件高频钎焊 .....   | 292        |
| 10.6.1 高频钎焊装置 .....        | 294        |
| 10.6.2 钎焊工艺 .....          | 294        |
| 10.7 大型铝板翅式换热器的浸渍钎焊 .....  | 295        |
| 10.7.1 钎料和盐浴成分的确定 .....    | 295        |
| 10.7.2 钎焊工艺 .....          | 296        |
| 10.8 铝合金翅式机箱气体保护钎焊 .....   | 297        |
| 10.8.1 钎焊加热炉 .....         | 297        |
| 10.8.2 钎焊工艺 .....          | 297        |
| 10.9 毫米波器件接触反应钎焊 .....     | 299        |
| 10.9.1 毫米波器件钎前电刷镀 .....    | 300        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 10.9.2 接触反应钎焊工艺 .....     | 302 |
| 10.10 计算机芯片载体电路板 .....    | 303 |
| 10.10.1 电路板的组成 .....      | 303 |
| 10.10.2 钎焊前处理 .....       | 303 |
| 10.10.3 钎焊过程 .....        | 303 |
| 10.11 轿车发动机用陶瓷面钢制挺杆 ..... | 304 |
| 10.11.1 挺杆的组成 .....       | 304 |
| 10.11.2 钎焊材料 .....        | 304 |
| 10.11.3 钎焊前处理 .....       | 304 |
| 10.11.4 钎焊过程 .....        | 304 |
| 10.12 不锈钢锅的复合底 .....      | 305 |
| 10.12.1 复合底的组成 .....      | 305 |
| 10.12.2 钎料和钎剂 .....       | 305 |
| 10.12.3 钎焊前处理 .....       | 305 |
| 10.12.4 钎焊过程 .....        | 305 |
| 10.13 单层钎焊管的制造 .....      | 305 |
| 10.13.1 钎焊管的组成 .....      | 306 |
| 10.13.2 钎焊材料 .....        | 306 |
| 10.13.3 钎焊工艺 .....        | 306 |
| 10.13.4 钎焊后处理 .....       | 306 |
| 10.14 柴油机用电热塞 .....       | 306 |
| 10.14.1 电热塞的组成 .....      | 306 |
| 10.14.2 钎焊前准备 .....       | 307 |
| 10.14.3 钎焊过程 .....        | 307 |
| 10.15 接触器的银钨触头 .....      | 307 |
| 10.15.1 触头的组成 .....       | 307 |
| 10.15.2 钎焊要求 .....        | 307 |
| 10.15.3 钎焊工艺 .....        | 308 |
| 10.16 发动机的整流器 .....       | 308 |
| 10.16.1 钎焊要求 .....        | 308 |

|                                                  |            |
|--------------------------------------------------|------------|
| 10.16.2 钎焊前准备 .....                              | 308        |
| 10.16.3 钎焊参数 .....                               | 308        |
| 10.17 燃油喷嘴组件 .....                               | 309        |
| 10.17.1 喷嘴组件的组成 .....                            | 309        |
| 10.17.2 钎焊要求 .....                               | 309        |
| 10.17.3 钎焊前准备 .....                              | 309        |
| 10.17.4 钎焊工艺 .....                               | 309        |
| 10.17.5 钎焊后处理 .....                              | 309        |
| 10.18 自行车车架接头 .....                              | 309        |
| 10.18.1 车架接头的组成 .....                            | 309        |
| 10.18.2 钎焊前准备 .....                              | 310        |
| 10.18.3 钎焊过程 .....                               | 310        |
| <b>附录 A 我国钎焊材料主要生产和研制单位及主要<br/>产品 .....</b>      | <b>311</b> |
| <b>附录 B 我国与其它国家近似钎料型号对照表 .....</b>               | <b>323</b> |
| <b>附录 C 我国钎焊标准目录 .....</b>                       | <b>333</b> |
| <b>附录 D 国外有关钎焊和钎料标准目录 .....</b>                  | <b>337</b> |
| <b>附录 E 我国部分钎料及钎焊专利 .....</b>                    | <b>348</b> |
| <b>附录 F 中国焊接学会钎焊专业委员会团体会员单位及<br/>联系人名单 .....</b> | <b>354</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                                | <b>361</b> |

# 绪 论

## 0.1 钎焊连接的基本特征

钎焊是完成材料连接的一种重要方法，它与熔焊和压焊一起构成了现代焊接技术的三个重要组成部分。与熔焊和压焊相比较，钎焊与其虽有一些共同之处，但却存在本质上的差异。以搭接接头的连接为例（见图 0-1），来看一看三类焊接技术的特点和差异。

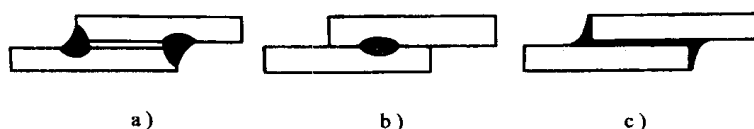


图 0-1 三类焊接方法的对比

a) 熔焊 b) 压焊 c) 钎焊

在制造熔焊接头时，可以加入（也可不加入）填充金属，利用外加热源将被焊金属（一般称为母材）和填充金属（一般为焊条或焊丝）一起加热熔化，冷却后即可形成一具有明显冶金特征的不可拆卸的连接接头。在制造压焊接头时，一般不需加入填充金属，在外加压力的作用下使母材发生明显的塑性变形，并且在电阻焊时，还可利用接合面处的电阻热使母材局部发生熔融，冷却后同样可形成一具有明显冶金特征的不可拆卸的连接接头。当采用钎焊方法进行材料连接时，一般情况下都需要加入填充金属（一般称为钎料），利用外热源使填充金属熔化，但要使母材仍保持为固态，待熔化的钎料自动流入被连接工件的间隙并冷却凝固后，就可以形成同样具有冶金特征，并且在一定程度上又可以拆卸的连接接头。表 0-1 列出了三类焊接方法的特征对比，这种对比是针对最普通和最常用的情况而言的。当然，由于材料连接技术的不断发展和进步，对每一类方法都可能出现一些

例外的情况。

**表 0-1 三类焊接技术特征的对比**

| 连接方法 | 母材受热  | 填充材料 | 热源 | 压力 | 接头的可拆卸性 | 结合特征 |
|------|-------|------|----|----|---------|------|
| 熔 焊  | 熔 化   | 有或无  | 外加 | 无  | 不可拆卸    | 冶金结合 |
| 压 焊  | 熔融或不熔 | 无    | 内部 | 有  | 不可拆卸    |      |
| 钎 焊  | 不熔化   | 有    | 外加 | 无  | 部分可拆卸   |      |

钎焊作为一类连接方法的总称，尽管在具体实施操作上可以存在明显的差异，但就其接头形成的本质来看应是基本相同的。因此，可以对钎焊做出如下的定义：钎焊是把被连接材料（又称母材）加热到适当的温度，并使填充材料（又称钎料）熔化，利用毛细作用使液态钎料填充固态母材之间的间隙，经母材与钎料发生相互作用，然后冷却凝固，从而形成冶金结合的一类连接方法。

## 0.2 钎焊方法的分类

按照不同的特征和标准，可将钎焊方法分成各种类型，归纳起来大体上有以下几种分类方式：

(1) 按照钎料的熔点分类 按照美国焊接学会推荐的标准，可将钎焊分为两类。当所采用的钎料的熔点（或液相线）低于  $450^{\circ}\text{C}$  时，称为软钎焊，而当其高于  $450^{\circ}\text{C}$  时，称为硬钎焊。

(2) 按照钎焊温度的高低分类 可以分为高温钎焊、中温钎焊和低温钎焊，但是这种高中低温的划分是相对于母材的熔点而言的，并且其温度分界标准也是不十分明确的，只是一种约定俗成的说法。例如：对于钢等熔点较高的母材金属来说，加热温度高于  $800^{\circ}\text{C}$  称为高温钎焊，加热温度在  $550\sim 800^{\circ}\text{C}$  之间时称为中温钎焊，而加热温度低于  $550^{\circ}\text{C}$  时称为低温钎焊；但对于铝合金来说，当加热温度高于  $450^{\circ}\text{C}$  称为高温钎焊，加热温度在  $300\sim 450^{\circ}\text{C}$  之间时称为中温钎焊，而加热温度低于  $300^{\circ}\text{C}$  时称为低温钎焊。

(3) 按照热源种类和加热方式分类 根据热源种类和加热方式的不同，可以将其分为：火焰钎焊、炉中钎焊、感应钎焊、电阻钎焊、电弧钎焊、浸渍钎焊，红外钎焊、激光钎焊、气相钎焊、烙铁钎焊及

超声波钎焊等。

(4) 按照环境介质的差异及去除母材表面氧化膜的方式分类 可以分为：钎剂钎焊、无钎剂钎焊、自钎剂钎焊、刮擦钎焊、气体保护钎焊及真空钎焊等。

(5) 按照接头形成的特点分类 又可分为：毛细钎焊和非毛细钎焊。对于那些液态钎料依靠毛细作用填入钎缝间隙的情况，称为毛细钎焊，而对于那些毛细作用在钎焊接头形成过程中不起主要作用的情形，则称为非毛细钎焊。接触反应钎焊和扩散钎焊就是最典型的非毛细钎焊过程。

除了上述分类方法之外，人们还习惯于用被连接的母材种类来区分钎焊方法，如所谓铝钎焊、不锈钢钎焊、钛合金钎焊、高温合金钎焊、陶瓷钎焊、复合材料钎焊等。但当人们说银钎焊时，一般并不是指银母材的钎焊，而是指用银基钎料进行钎焊。对于铜钎焊的说法，也同样存在类似的情况。

### 0.3 钎焊的历史、发展及应用

钎焊具有悠久的历史，它是人类最早使用的材料连接方法之一。早在青铜器时代就已经出现了采用钎焊进行连接的物品。我国最早见于文献记载的是汉代班固所撰《汉书》中有云：“胡桐泪盲似眼泪也可以汗金银也今工匠皆用之”。明代宋应星所著《天工开物》中有“中华小钎用白铜末，大钎则竭力挥锤而强合之”的记载。明代方以智所撰《物理小识》云：“焊药以礪砂合铜为之，若以胡桐汁合银，坚如石。今玉石刀柄之类焊药，加银一分其中，则永不脱。试以圆盆口点焊药于其一隅，其药自走，周而环之，亦一奇也”。这一记述明确指出了铜钎焊应以礪砂做钎剂而银钎焊则可以胡桐树脂为钎剂，并且对钎料的填缝行为做了非常精彩的描述。

尽管钎焊技术出现很早，但其发展却是很缓慢的。进入 20 世纪后，其已经远远落后于熔焊技术。本世纪 30 年代后，随着冶金和化工等技术的不断进步，钎焊技术才获得了长足的发展并逐渐成为一种独立的工业生产技术。随着许多新的钎焊方法的出现，其应用也越来