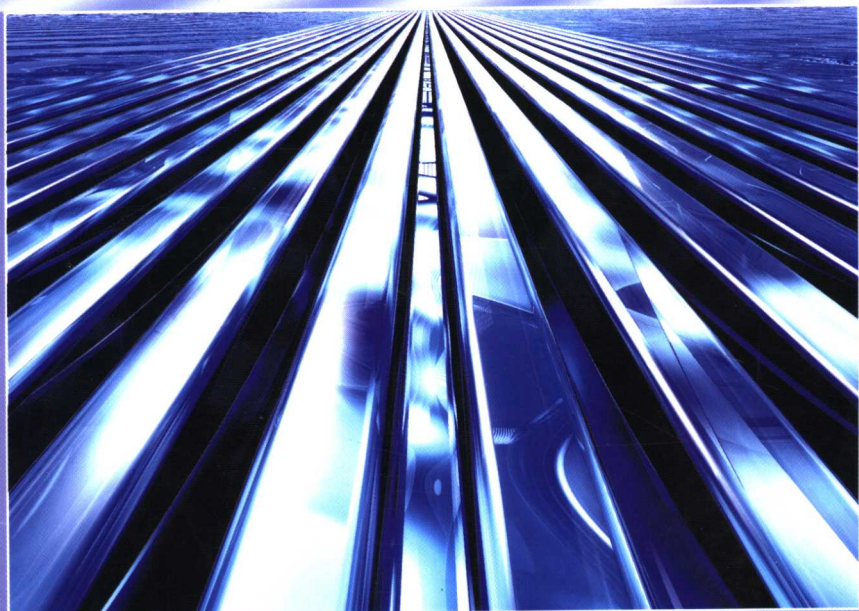


# 金属表面抛光技术

李昇 刘钧泉 李建三 等编著

JINSHU BIAOMIAN POLISHING JISHU



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

# 金属表面抛光技术

李异 刘钧泉 李建三 等编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

·北 京·

本书从实用的角度出发,理论联系实际地概括了金属表面抛光技术的各种方法及其发展过程和现状,阐述了几种主要方法的基本理论及观点,并详细地介绍了目前应用最为广泛的电化学抛光、化学抛光及机械抛光的原理、特点、抛光溶液的配方及工艺条件,介绍了这几种主要方法在表面工程技术及其他工业领域中的应用、存在的问题及出现故障的原因分析、在应用过程中的环保措施及要求等。

本书可供从事电镀、精饰、涂饰、表面处理技术及工程领域,以及涉及抛光技术应用的各部门的生产、科学研究、实验操作和教学的高、中、初级技术人员阅读参考使用,还可以作为大专院校有关专业教师、本专科学生和研究生的参考书或教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

金属表面抛光技术/李异等编著. —北京:化学工业出版社, 2006.5  
ISBN 7-5025-8653-9

I. 金… II. 李… III. 金属材料-抛光  
IV. TG580.692

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第043702号

---

#### 金属表面抛光技术

李 异 刘钧泉 李建三 等编著  
责任编辑:杜进祥  
文字编辑:张燕文  
责任校对:周梦华  
封面设计:潘 峰

\*

化学工业出版社 出版发行  
工业装备与信息工程出版中心  
(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)  
购书咨询:(010)64982530  
(010)64918013  
购书传真:(010)64982630  
<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销  
北京市彩桥印刷有限责任公司印装  
开本 850mm×1168mm 1/32 印张 13½ 字数 371千字  
2006年6月第1版 2006年6月北京第1次印刷  
ISBN 7-5025-8653-9  
定 价:29.00元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

# 前 言

金属表面抛光技术是表面技术及工程学科领域中的重要组成部分，在工业生产过程中得到广泛的应用，特别是在电镀工业、涂饰、阳极氧化及各种表面处理过程中起到重要作用。随着国民经济的迅猛发展，它已扩展到表面处理技术以外的领域，逐渐成为一门相对独立的专用技术。为了使该技术得到更好的研究发展及进一步推广应用，更好地发挥其在国民经济建设中的作用，作者应有关建议编写此书。

本书在广泛收集国内外有关抛光技术的著作、期刊论文及技术资料的基础上，结合实践经验及体会编写而成。本书着重介绍了各种抛光技术的发展过程及现状、各种抛光技术的原理、特点以及较新的配方与工艺条件。本书从实际出发，尽量列举应用实例及故障原因分析，尽可能联系环保及节能等当前特别重视的问题。

本书在编写中力求理论联系实际，深入浅出、由表及里地说清问题，以适合广大从事表面工程技术、电镀、化学镀、精涂饰及其他领域的科技工作者、工程技术人员及生产操作人员参考。

本书由华南理工大学李异教授主编、统稿，并具体编写第一章和第二章的第一、二、三节。刘钧泉高级工程师编写第二章的第四、五、六节和第三章。华南理工大学李建三编写第四章并负责全书的编校工作。

天津大学郭鹤桐教授对本书的编写提出了非常宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中阅读、参考了国内外的有关著作及文献资料，谨在此对原著及文献作者表示衷心感谢及诚挚的敬意。

由于编者水平有限，难免存在不足，请读者批评指正并提出宝贵意见。

编者

2006年2月

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| <b>第一章 绪论</b> .....           | 1  |
| 第一节 金属表面抛光技术的现状及发展方向 .....    | 1  |
| 一、表面抛光技术发展的回顾 .....           | 1  |
| 二、表面抛光技术的现状及发展趋势 .....        | 3  |
| 第二节 金属表面抛光技术在国民经济中的作用 .....   | 9  |
| 一、提高日常生活用品的金属表面装饰性 .....      | 9  |
| 二、提高工业生产设备内、外壁的耐腐蚀性能 .....    | 10 |
| 三、提高电镀、化学镀及各种金属制品涂饰层的性能 ..... | 11 |
| 第三节 金属表面抛光的过程及种类 .....        | 13 |
| 一、金属表面抛光的过程 .....             | 13 |
| 二、金属表面抛光方法 .....              | 13 |
| 三、各种表面抛光方法比较 .....            | 18 |
| 第四节 金属表面抛光前的预处理 .....         | 19 |
| 一、粗糙度处理 .....                 | 20 |
| 二、表面除油及工艺 .....               | 21 |
| 三、表面去除氧化皮及锈层 .....            | 25 |
| 四、表面抛光前处理的环境评估及措施 .....       | 28 |
| 第五节 金属表面抛光后的质量评定及方法 .....     | 31 |
| 一、质量评定 .....                  | 31 |
| 二、评定方法及仪器 .....               | 32 |
| <b>第二章 金属表面的电化学抛光</b> .....   | 36 |
| 第一节 电化学基本概念 .....             | 36 |
| 一、电解质溶液 .....                 | 36 |
| 二、电化学反应过程 .....               | 38 |
| 三、电解定律及电流效率 .....             | 44 |
| 第二节 电化学抛光 .....               | 48 |
| 一、金属电化学抛光原理 .....             | 48 |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 二、电化学抛光的特点及应用 .....        | 62         |
| 三、电化学抛光的工艺流程及影响因素 .....    | 88         |
| 四、电化学抛光溶液的组成及分类 .....      | 105        |
| 五、电化学抛光设备 .....            | 130        |
| 第三节 黑色金属的电化学抛光 .....       | 142        |
| 一、钢铁及低合金钢 .....            | 142        |
| 二、不锈钢 .....                | 154        |
| 第四节 有色金属的电化学抛光 .....       | 175        |
| 一、铝及铝合金 .....              | 175        |
| 二、铜及铜合金 .....              | 191        |
| 三、锌、镉等金属 .....             | 195        |
| 第五节 贵金属的电化学抛光 .....        | 197        |
| 一、金 .....                  | 197        |
| 二、银 .....                  | 199        |
| 第六节 电化学抛光溶液的检测及维护 .....    | 199        |
| 一、电化学抛光溶液的检测 .....         | 199        |
| 二、电化学抛光溶液的维护 .....         | 216        |
| <b>第三章 金属表面的化学抛光 .....</b> | <b>219</b> |
| 第一节 概述 .....               | 219        |
| 一、原理 .....                 | 219        |
| 二、工艺流程及设备 .....            | 220        |
| 三、影响金属表面化学抛光质量的因素 .....    | 231        |
| 第二节 黑色金属 .....             | 234        |
| 一、普通钢铁 .....               | 234        |
| 二、不锈钢 .....                | 246        |
| 第三节 有色金属 .....             | 257        |
| 一、铝及其合金 .....              | 257        |
| 二、铜及其合金 .....              | 278        |
| 三、锌、镉 .....                | 300        |
| 四、镍、镁 .....                | 301        |
| 第四节 贵金属银和难熔金属 .....        | 302        |
| 一、贵金属银及其合金 .....           | 302        |
| 二、难熔金属 .....               | 302        |

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| 第五节 化学抛光与电化学抛光的质量控制及环保对策 .....          | 308        |
| 一、抛光表面的检测 .....                         | 308        |
| 二、化学抛光及电化学抛光的环保要求和废气废水处理 .....          | 309        |
| <b>第四章 金属表面的机械抛光 .....</b>              | <b>314</b> |
| 第一节 金属表面的磨光 .....                       | 314        |
| 一、磨光过程与工艺条件 .....                       | 314        |
| 二、磨光工具 .....                            | 328        |
| 三、磨光用润滑剂 .....                          | 336        |
| 第二节 金属表面的抛光 .....                       | 336        |
| 一、抛光原理与过程 .....                         | 336        |
| 二、抛光材料与设备 .....                         | 337        |
| 第三节 金属表面的滚光 .....                       | 349        |
| 一、过程与特点 .....                           | 349        |
| 二、材料的选择 .....                           | 351        |
| 三、分类 .....                              | 354        |
| 第四节 金属表面刷光 .....                        | 364        |
| 一、操作工艺与用途 .....                         | 364        |
| 二、设备与种类 .....                           | 366        |
| 第五节 机械抛光环境的安全评估及环境保护措施 .....            | 369        |
| 一、机械抛光环境的危害因素 .....                     | 369        |
| 二、机械抛光车间的环境保护措施 .....                   | 390        |
| <b>附录一 GB/T 13312—91 钢铁件涂装前除油程度检验方法</b> |            |
| (验油试纸法) .....                           | 408        |
| 附录 A 标准 G 型极性溶液的性能指标 (补充件) .....        | 409        |
| 附录 B A 型验油试纸的性能指标及检验法则 (补充件) .....      | 410        |
| 附录 C 用称重法检验 A 型验油试纸法的可靠性 (补充件) .....    | 410        |
| <b>附录二 若干试剂制备法 .....</b>                | <b>412</b> |
| 参考文献 .....                              | 420        |

# 第一章 绪 论

随着国民经济的迅猛发展，我国正在成为世界制造业大国的一员，制造业中许多机械零部件的加工过程及最终产品的形成都需要表面抛光技术。表面抛光技术的掌握程度直接影响产品的质量及外观。随着科学技术的不断进步与提高，产品在市场的竞争日益剧烈，对金属设备零部件的加工质量要求越来越高，作为零部件表面加工质量的关键工序之一的表面抛光更不例外。因此如何改进和提高传统的抛光工艺技术水平，并根据需要开发新的更好更先进的表面抛光技术，是摆在从事本行业工作的工程技术人员面前的重要任务。

## 第一节 金属表面抛光技术的现状及发展方向

### 一、表面抛光技术发展的回顾

金属表面抛光技术，又称表面整平技术，在整平程度要求很高的特殊情况下则称镜面加工技术。表面整平技术是随着人类的生存过程中的生产活动和生活需要而发展起来的。我们的祖先在发展生产中所使用的工具，不管是石器或是金属工具，为了提高生产效率，设法把工具磨得平整、光亮、尖锐、锋利。为了生存而与野兽搏斗、与异族抗争中使用的梭镖、长矛、大刀、剑等都设法把表面整平，磨得光亮以便更好刺杀敌人。随着生产的发展，人类生活逐渐开始富裕，为了提高生活质量，出现了各种生活的精饰品，这些用品也需要较好的抛光、整平以提高它的光鲜度及提高产品的价值。据报道，早在新石器时期出土的器件中就有磨光的痕迹。大量出土的秦俑实际制作时已采用了机械磨亮的抛光技术。西汉时期的青铜镜镜面加工技术更是负有盛名，在《淮南子》中有所描述。以上所有这些表面整平、抛光都是先用简单的具有一定粗糙度的工具

与被整平物体互相摩擦达到整平的目的，然后用较细的砂粒或柔软具有韧性的纤维物并配以磨料摩擦进一步达到光亮（抛光）的目的。如宋代已有广泛用氧化铁作为磨料的抛光技术，这种技术要比国外早数百年。这就是最早使用的表面抛光技术，也就是至今仍在使用的机械抛光技术的原形。随后，人们发现将研磨材料做成圆盘形平板或将研磨材料的粒子装在圆盘或带子上使其运转，并将被整平抛光表面放在上面可以得到不同程度的平整和光亮度，并且可以节省人力，提高效率。随着机电业的发展，这种方法最后发展成为现代的各种形式的机械抛光技术。

近代由于化学制剂的不断增多和金属材料在化学介质腐蚀溶解机理方面的不断深入研究，发现材料表面的微观凸出的部分较凹入部分在化学介质中更容易溶解，从而使表面更平整光滑。20 世纪初，Fischer 等人发表了各种化学试剂抛光铝的方法，并进行比较；Marshall 也发表了用草酸、磷酸和过氧化氢平整钢铁表面的方法。后来利用这一特点的发现，逐步形成现代的各种化学溶剂抛光技术。

20 世纪初期，R. Winer 等人申请了银表面电化学抛光的专利，揭开了金属电化学抛光技术研究及发展的序幕。随后，法国人 P. A. Jacquet 对铜、镍等金属的电化学抛光作了系统的研究并推广到工业上应用。英国腐蚀学家 U. R. Evans 也在其《金属腐蚀与氧化》一书中对电化学抛光的原理与应用作了较详细的论述。近 30 年来，电化学抛光技术已在许多先进的工业国家研究发展并在工业上推广。

目前，电化学抛光技术主要在金属精加工、电镀涂饰表面预处理、金相样品制备及那些需要控制表面质量与粗糙度的领域，如镜面加工技术等方面获得了极其广泛的应用，具有机械抛光、化学抛光及其他表面加工技术无法比拟的高效率，加工后的表面具有无硬化层、光亮度高、美观并耐蚀等特点。适合电化学抛光的金属材料非常多，有碳钢、各种合金钢、各种不锈钢、有色金属及其各种合金、贵金属等，几乎包括了所有的金属材料。

近年来，随着科学技术的不断发展，人们把某些高新技术用在某些特别环境及特殊需要用用途的金属材料表面抛光上，发展了特种加工的镜面抛光技术，如超声波抛光、高速流体抛光、磁研磨抛光、电火花加工衍生的镜面抛光技术，以及用激光技术进行表面加工的激光抛光技术等。另外，还推出了两种以上不同的抛光方法结合进行抛光的复合抛光方法，并推广使用。

## 二、表面抛光技术的现状及发展趋势

从上述对表面抛光技术发展的简单回顾可以看出，表面抛光技术是自人类开始生产活动以来就已经运用掌握的一项与生产、生活有关的工艺过程，并随生产的发展与生活改善的需要不断地改进提高。原有的手工操作已大部分由机械操作替代，并得到完善。随着科学技术的进步及工业的发展，新的抛光方法又不断地被创造出来，形成了目前的多种表面抛光技术可供选择使用的情况。经过表面抛光的工件或产品不仅能增加其美观、提高装饰性能，而且还能提高材料表面的耐蚀性能，改善耐磨性及其他特殊性能。因此，表面抛光技术不仅在家用电器产品、电子设备、精密机械、仪器仪表、光学元件、医疗器械等领域应用，而且在航天工业、大型轻工设备、石油化工设备、建筑材料的表面处理等方面都得到广泛的应用。抛光既可成为零件或材料的最终处理工序以达到光亮或具有装饰性能的产品，也大量用于电镀、化学镀镀膜及涂饰前的预处理。表面抛光的质量对产品性能及外观的评定及工件后处理的质量和使用寿命有直接的影响。

尽管金属表面抛光的方法有很多种，但在工业生产中占有市场份额较大、使用得较多的只有机械抛光、化学抛光和电化学抛光这三种方法。因为这三种方法经过长期的使用不断得到改进、提高与完善，其方法与工艺能适合不同条件和要求的抛光，能够在保证产品质量的同时生产效率相对较高、生产成本低、经济效益好。其余的抛光方法有些是属于这三种方法的范畴或由这些方法衍生出来的，有些则是只能应用于特殊材料或特种加工需要的抛光方法，这些方法可能掌握较困难、设备复杂、成本高等。

机械抛光是靠切削、研磨使材料表面塑性变形，压低材料被抛光面的凸部向凹处填平并使得表面粗糙度减小而变得平滑，以改善制品的表面粗糙度，使产品光亮美观或为后续表面加工（电镀、化学镀、涂饰）做准备。目前，机械抛光方法大部分还是使用原有的机械轮抛光、皮带抛光等较原始陈旧的方法，特别是在许多劳动密集型的电镀行业，其设备简单、容易操作，靠工人的熟练程度及目视控制抛光质量，能加工各种形状简单的小型工件。

除了一些劳动密集型电镀涂饰企业及小车间或手工作坊继续沿用手工或机械抛光轮实现工件的抛光外，一些大型表面处理的单位，已逐步推广使用成批抛光的方法，这些方法都是机械抛光法的改进和补充。所谓成批抛光就是将一定比例的成批零件与磨料，和含有化学促进剂的溶液一齐放进滚筒容器或振动机内，使它们在机内作三维空间运动、互相摩擦碰撞及利用化学介质的促进作用，工件周边的毛刺及表面的粗糙点被磨掉、棱角被倒圆，从而达到抛光的目的。与抛光轮的抛光工艺相比，因其有锤打效果，抛光后光泽稍差些，但比较均匀，表面粗糙度可至  $R_a 0.8 \sim 3.1 \mu\text{m}$ 。成批抛光的优点是可以一次处理很多零件，劳动强度低、效率高、生产成本低，不必依赖工人熟练程度，质量稳定，适用范围很广，可以用于各种不同形状的零件抛光，特别是涂饰前的预处理。

成批抛光又分为普通滚光、振动抛光、旋转抛光、离心滚光和离心盘抛光。此外，根据资料介绍，还有往复式抛光、化学加速离心抛光、振动加旋转的抛光、电化学加速成批抛光等方法，但这些方法目前还未大量应用，相对前面的方法，设备及操作均较复杂，要全面推广尚需不断完善。

成批抛光工艺中，主要着眼于设备的设计是否合理适当，使设备在旋转或振动等运动过程中，对加工零件表面的每个角落都能得到有效的磨削，达到光亮的目的。此外，磨削介质的材料及尺寸选择也非常重要，只有根据被加工零件不同的材料及最终要求选用合适的磨削材料及颗粒的大小才能得到较好的研磨效果。目前使用较多的磨削材料是金刚砂，其硬度高、磨削效果好，其他的磨削材

料还有天然花岗岩、麻石、大理石、石灰石及河砂等。由于成批抛光法中大多采用湿法抛光，它比干法抛光具有环保及产品质量好的优点。湿法抛光中所使用的化学促进剂，最常用的有肥皂液、角皂粉、洗衣粉及表面活性剂等，如十二烷酸钠、十四烷酸钠、十六烷酸钠、硬脂酸钠、油酸钠、钾脂皂、碳酸钠、亚硝酸钠、氢氧化钠、硅酸钠、轴承润滑油及二硫化铝等机械加工切削研磨液的成分。选用的目的是使被加工零件和磨削料表面润滑容易分散，使零件和磨削料磨削后表面保持清洁并防止生锈等。化学促进剂要根据加工零件不同基质材料选择，才能得到最佳的效果。

上述各种机械抛光工艺得到的抛光面光洁程度均不太高的，要得到高精光洁程度的表面必须采用特别的磨具，在有磨削料的研抛液中，紧紧压在加工零件的被加工表面上，作高速旋转的运动，加工零件由工作台带动作纵向的往返运动，使磨具在零件表面上形成复杂而又均匀细密的运动轨迹，达到研磨、抛光的目的，具有超精加工的特点，也称为超精抛研技术，据介绍它可达到  $R_a 0.01 \mu m$  的表面粗糙度。但是，这种方法由于设备复杂、操作不便、加工成本高，不适合批量加工，只适合特殊需要的情况采用。

化学抛光法目前已普遍应用于各种表面处理的工业领域，如各种零件电镀涂饰前的预处理，建筑铝型材氧化着色前的预处理，各种日用电器产品外壳涂饰前的平整等。特别是一些大型的零件或整机外壳的表面处，在既不可能用机械轮或内圆筒机械抛光、又不能消耗大量电力资源而设备又庞大的电化学抛光的情况下，更显出它的应用价值。因此可以看出，这种抛光方法的特点是不必用复杂的设备就可以同时处理大量的、各种形状复杂的零件，以及处理各种大型的工件，工作效率高、成本相对低廉。化学抛光的最关键问题就是抛光液的配制，它影响到抛光质量及工艺操作方法的实施，即最佳的化学抛光液既要能使各种材料的被抛光面变得平整光亮，设备及工艺条件又要简单可行。不同的被抛光材料有不同的抛光液。应考虑被抛光的材料在化学抛光液中能均匀溶解，溶解后的产物容易被分离或清除；被抛光材料的溶解过程平缓发生且可以控

制，使表面平整而有光泽；化学抛光溶液要有一定的黏度，性质稳定不易分解或变质，且对抛光设备的腐蚀性小或能找到耐这种抛光液腐蚀的材料制作抛光设备。抛光液分酸性和碱性两种，它的组成主要包括腐蚀剂、缓蚀剂、光亮剂、烟雾抑制剂和水等。腐蚀剂起溶解作用，对抛光面凸起部分溶解整平；缓蚀剂起缓蚀作用，抑制溶解过程，使化学反应不可太快太激烈以至于难以控制，以保证抛光面的几何尺寸，好的缓蚀剂应该是较多地分布在表面的凹洼部位，使凸起部位优先溶解；光亮剂能提高表面的光亮度；在抛光表面的溶解反应过程中，容易产生烟雾，使生产环境恶化，烟雾抑制剂能抑制或减少烟雾的生成，以保护操作人员的健康安全，减少环境污染。化学抛光所得的表面较为粗糙，一般为  $R_a 10\mu\text{m}$  以上。目前化学抛光主要是寻找更好更合适的抛光液配方以取得更光亮的抛光效果，另外也在寻找多功能多用途的通用型化学抛光液，以便在一种抛光液内能使被抛光面的除油、除锈、除膜、抛光同时进行或一种抛光液可处理多种不同材料的被抛光零件。现有少量的有关这方面试验或试用的报道，但效果并不理想或尚存在不少问题，有待进一步研究解决并加以完善。化学抛光法的发展趋势是研究开发多功能、环保、高效的方法。

电化学抛光又称电解抛光，简称电抛光，总之其抛光过程离不开电，以至其名称也总离不开“电”字。抛光的基本原理与化学抛光有点相同，即依靠选择性溶解被抛光材料表面微小凸出的部分，使表面整平、粗糙度降低并逐渐光滑而显露出金属的光泽。与化学抛光相比，它可以消除阴极反应的影响，使表面更细平、更光亮，抛光效果更好，可以达到  $R_a < 1\mu\text{m}$ ，这是化学抛光所无法达到的。

随着科学技术的发展，近年来电化学抛光技术已广泛应用于金属表面加工处理的各个领域，特别是在精密仪器的表面处理方面，很多采用了电化学抛光工艺，因为经过电化学抛光处理的金属表面不存在擦痕、变形、金属屑或磨料嵌入金属表面等问题，能使金属表面得到足够的整平程度、光亮度和防腐性能，如果作为电镀、化学镀或涂饰的前处理，它就可以不像机械抛光那样清理抛光后的表

面以进入镀涂工序。特别是对抛光后作为最终产品的零件，对要求硬度高、细小精密的机器元部件电化学抛光要比其他方法优越。

电化学抛光是金属阳极溶解的独特过程，受到各种可变因素的影响，因此抛光效果也将受到很大的影响。目前人们对电化学抛光的研究十分关注，发表的文章资料也较其他的方法多，较多的是在原理、电解液配方、工艺参数控制及抛光影响因素等方面进行研究，也有在设备设计及改进、电极材料及有关问题方面进行考虑的。

电化学抛光时，被抛光表面为阳极，辅助电极为阴极，当工作电流通过时，阳极表面发生各种变化与反应，最终使表面达到整平并光亮，此过程的实质目前尚未有一致的认识。虽然有些人通过试验或实际应用对电化学抛光对粗糙的表面凸起部位优先溶解的实质进行假设，或者说对抛光过程的机理进行了解释，但由于各人所采用的材料、配方及试验条件等不同，所得到的结论有很大的差别。早期由 Jacquet 提出的黏膜理论作解释，认为当电流通过时阳极表面生成了一层由阳极产物组成的电阻较高的黏性液膜，而导致抛光表面凸处与凹处溶解速度不同。这种说法得到不少人的认同，并在许多文章中引用。受黏膜论的影响，有人在配制电抛光液时在配方中加入一定量的甘油、明胶等黏稠液体，以便得到更好的效果，但这种理论显然不能解释所有的问题。因此，有人提出气体膜论。该观点认为，在阳极过程中会产生绝缘的气体，这些气体在凸处和凹处的厚度是不同的，因此造成凸处的溶解速度快。也有人提出钝化膜或氧化膜理论，认为电流通过后，阳极表面会不断生成氧化膜，不断被溶解，凸部位所生成的氧化膜较薄且疏松、容易溶解，而凹部的膜较厚则溶解速度慢。还有人提出，抛光面被整平的主要原因是由于表面晶体界面不同，使抛光时形成表面的不均匀溶解所致等。但这些解释都缺乏有力的证据，因此有关学者还有必要继续进行系统深入的研究工作，以便取得更加合理解释电化学抛光过程并为同行所接受的理论。

在电化学抛光中，电化学抛光的溶液成分及配比对抛光质量有很重要的决定性影响，通过许多从事电抛光工作人员的努力，已开

发出能抛光各种金属材料的电抛光液并取得很好的效果，但并不能说它们就具有某种金属或合金的最适宜的电解抛光成分。相信今后还将有新的配方不断推出。由于电化学抛光的质量既要有合适的电解溶液，也要有合理的工艺操作条件，两者必需互相配合，一种电解液配方，选择的抛光工艺条件不同，抛光效果可能有很大的差别，因此在研究寻找合适的电解液时，同时要找出最佳的操作条件，如工作温度、工作电压、电流密度、抛光时间等。此外，抛光质量还与材料性能及表面形状、状态等因素有关。很难有通用型的电解抛光液和完全一致的操作规程，只有在生产过程中结合实际情况或通过试验确定。

目前，所开发的用于合金钢、不锈钢等金属材料的电化学抛光液大多数是以硫酸、铬酐、磷酸、硝酸为基础的水溶液，并附加一些添加剂组成。由于这些溶液含酸量高，而硫酸腐蚀性强，铬酐等对人体有害，磷酸污染环境，因而应寻求无毒高效且对环境污染较小的新型电解液配方。现有的操作工艺所控制的溶液温度较高，并且在抛光过程中由于电流密度大也会产生大量的热量而提高溶液温度，在这种情况下，溶液蒸发快，造成酸雾大，污染环境、腐蚀设备且对工人健康不利，因此在操作工艺上也在寻找低温操作的工艺条件。据报道，合肥工业大学特种加工研究所张海岩等采用了甲酰胺作溶剂组成的几种非水电解液抛光钛合金材料，得到光亮平整、无点蚀的光亮表面，抛光液无毒无腐蚀性。但是甲酰胺作电解液价格高、只能用于要求精度高、表面粗糙度低的小型精密零件的抛光。这种方法要推广应用还有待深入研究改进。此外，电化学抛光溶液中所添加的络合剂、黏稠度调节剂、光亮剂及缓蚀剂等对抛光效果也起着重要作用。因此，在研究配方时也要考虑选择合适有效的添加剂及其含量。

电化学抛光与化学抛光不同，化学抛光只需选择合适的溶液配方与操作工艺就可以得到相应的较好的抛光效果。电化学抛光除了选择合适的电解液配方和操作工艺条件外，还要考虑电场的设计及效率，即除了考虑化学作用外，还需考虑电解作用。因此，还要研

究电化学抛光的设备设计、电极材料及布置、电的连接、夹具设计等综合因素，才能达到最佳的抛光效果。

综合上述可知，现在表面抛光技术主要是在应用现有技术的基础上进一步改进提高应用效果，以提高产品质量及经济效益。机械抛光主要是改进抛光工具及抛光专用设备；化学抛光主要是根据不同的抛光材料及需要改进或研究新的溶液配方及工艺条件；而电化学抛光则比较复杂，既要研究合适的电解液配方及相应的操作条件，也要从设备及电路上配合才能发挥最佳的作用。

除此之外，为了适合工业发展的需要，有些科技人员从不同的需要、不同的角度开发了一些新的在特殊环境情况下使用的抛光技术，如电解研磨复合镜面抛光技术、激光抛光技术、等离子体离子束抛光技术、超声波抛光技术、电火花加工、电极手动镜面抛光技术等，但由于种种原因及条件限制，还没有大范围推广使用。国内外资料报道的表面抛光方法很多，各有其特点和使用条件。在实际使用中，应根据工件的材质、规格、形状、表面状态及最终产品的要求选用适当的抛光技术和方法，既可以采用一种方法，也可采用两种甚至三种方法达到抛光目的。在生产应用中既要考虑批量生产的可能性，又要尽量降低成本，以获取最好的经济效益。

## 第二节 金属表面抛光技术在国民经济中的作用

近几十年来，由于工业技术的飞快发展，人民生活水平的不断提高，日用必需品和家用电器的日益增加，使表面技术及工程也获得了迅速发展，已广泛应用于众多领域。在表面处理技术及工程中，表面抛光技术及工程占有极其重要的地位，它既是表面处理中的一项重要预处理工序，又可作为工业产品最终的工序而成为一门相对独立的工程技术，因此它在国民经济中起着不可缺少的重要作用。

### 一、提高日常生活用品的金属表面装饰性

在人类的日常生活中有许多用品都是金属制品，特别是随着经济的发展，人民生活水平的提高及加工技术日益精湛，金属制品越

来越多。首先是各式各样的装饰品如戒指、手表、项链等都是由贵金属或有色金属精工制作的；其次为各种工艺美术品，如金属铸造或雕塑的人像、动物或其他形态的陈列摆设工艺品；另外有各种奖励用品，如奖章、纪念章、奖杯等，这些奖品多用贵金属或有色金属经铸造或冲压加工而成；由于不锈钢、铝、锌工业的兴起，已越来越多地应用在日常生活上，如厨具、餐具等。各式各样的生活用品，由于金属本身具有特殊的光泽，而不必经过电镀或其他处理可以直接使用。粗糙的表面不但没有光泽而且容易藏污纳垢，所以产品必须经过表面抛光处理，以便改善它的表面粗糙度，使之更加美观、更具装饰性及观赏性能。特别是经常接触水及潮湿环境的厨具及餐具，由于表面光洁，可提高耐大气腐蚀性能，使表面持续保持光亮。近年来，随着我国出口贸易的增加，有许多轻工产品（如工艺美术品）、日常生活用品（如厨具、餐具、不锈钢门窗等）出口时，为了提高市场竞争力，都经过各种表面抛光处理，提高产品的质量。

## 二、提高工业生产设备内、外壁的耐腐蚀性能

在工业生产中，大多数的生产设备都用钢铁等金属制造，特别是石油、化工等行业中的大型塔器、反应器、储罐及各类容器大多由不锈钢、高强铝合金、钛合金等制造。这些金属具有特别的金属光泽，表面容易氧化，生成具有一定耐蚀性能的膜，在腐蚀介质及污染的工业环境中具有一定的耐蚀性，但并非不受腐蚀。从金属腐蚀的影响因素来看，在大多数的情况下，加工粗糙不光滑的金属表面比经过整平抛光的表面更易受腐蚀。金属表面的擦伤、划痕、缝隙及微小的凹窝，通常都是腐蚀源。这是因为扩散进入这些深洼部位的氧要比进入表面其他部位的少，因此便形成了许许多多的氧浓差微腐蚀电池，结果深洼部位便成为阳极而遭受腐蚀，而其周围则成为阴极。同时粗糙表面的凹下部位容易吸附活性粒子如盐粒、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NH}_3$ ，并能使水滴凝聚，因而引起潮湿的大气腐蚀。另外，不锈钢、铝、钛、锌等合金都是易钝化的金属。通常经过整平抛光后的金属表面要比粗糙面更易生成均匀致密的保护膜，使表面有更