

高等学校适用教材

实用化学热处理与 表面强化新技术

黄守伦 主编

 机械工业出版社
China Machine Press



高等学校适用教材

实用化学热处理与 表面强化新技术

黄守伦 主编



机械工业出版社

本书主要内容包括:化学热处理原理,钢的渗碳,钢的渗氮、碳氮共渗和氮碳共渗,渗硼,渗金属及多元共渗、镀渗工艺,真空化学热处理,等离子体化学热处理,气相沉积技术,离子注入技术,激光表面强化技术。书中系统介绍了以提高机械零件表面强度、硬度、耐磨性、耐蚀性、抗高温氧化性等为目的的现代化学热处理与表面强化新技术的原理、设备、工艺及应用效果。在编写过程中,力求深入浅出,理论联系实际,既便于教学和自学,又对于科研和生产,具有实用价值。

本书可供高等学校材料类专业及机械类有关专业作为教材,同时也可供从事材料表面强化技术研究和应用的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用化学热处理与表面强化新技术/黄守伦主编. —北京:机械工业出版社, 2002.7

高等学校适用教材

ISBN 7-111-10110-3

I. 实… II. 黄… III. ①化学热处理—高等学校—教材 ②金属表面保护—高等学校—教材 IV. ①TG156.8 ②TG174.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第019361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:崔世荣 版式设计:张世琴 责任校对:张佳

封面设计:陈沛 责任印制:付方敏

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2002年6月第1版·第1次印刷

890mm×1240mm A5·11.375印张·335千字

0 001—4 000册

定价:22.00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
封面无防伪标均为盗版

前 言

随着现代工业和技术的发展,材料表面技术在满足机械零件对材料使用性能要求、节省材料和能源、保证机械产品质量和可靠性等方面,日益显示出其重要地位和作用。近20余年来,材料表面技术发展迅速,新技术、新工艺不断涌现。例如传统的化学热处理在提高渗透和质量、向二元和多元共渗及自动化方向发展的同时,逐步引入了真空、等离子体等物理场,形成了一些新的化学热处理方法;在传统的表面覆层强化方面,由于化学气相沉积、物理气相沉积、激光表面改性等新技术的问世,已发展成现代表面技术中的一个独立分支——表面覆层技术。

材料表面技术包括表面覆层、表面改性和表面处理三个方面。本书内容按工艺特点分类,以化学热处理为基础,着重介绍表面技术领域是提高机械零件表面强度、硬度、耐磨性、抗蚀性和抗高温氧化性的新技术、新工艺及其应用的典型实例。期望对大专院校的师生及有关专业的工程技术人员了解和应用现代表面强化技术有所帮助。

本书由黄守伦主编,武汉理工大学张一公教授审阅。全书由概论及十一章组成。其中,第二、第三章由周良炎编写,第七、第八章由彭军波编写,概论及其余各章由黄守伦编写。张一公教授对全书原稿进行了详细审阅并提出了宝贵意见。本书编写过程中得到了许多单位和同志的支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中不妥和错误之处在所难免,希望读者提出批评指正。

编 者

目 录

前言

概论	1
一、材料表面工程技术的概念	1
二、材料表面强化技术及其目的	1
三、材料采用表面强化技术的实际意义	2
四、材料表面技术的分类及发展概况	4

第一章 化学热处理原理

9

第一节 化学热处理渗剂应具备的性能	10
-------------------------	----

第二节 渗剂中的物理化学过程	10
----------------------	----

一、渗剂中的化学反应机理	10
--------------------	----

二、催化剂（又称触媒剂）在渗剂分解反应中的作用	11
-------------------------------	----

第三节 化学热处理中的相界面反应	12
------------------------	----

第四节 被吸收原子在固体中的扩散规律	14
--------------------------	----

一、扩散过程的宏观规律	14
-------------------	----

二、反应扩散	17
--------------	----

三、渗层的显微组织与相图的关系	19
-----------------------	----

四、影响渗层组织的因素	21
-------------------	----

第五节 提高化学热处理速度和质量的措施	21
---------------------------	----

一、适当提高工艺温度	22
------------------	----

二、采用新工艺	22
---------------	----

三、采用多元共渗工艺	23
------------------	----

四、采用新工艺和新设备	23
-------------------	----

五、采用化学催渗	24
----------------	----

六、采用物理催渗	24
----------------	----

第二章 钢的渗碳

25

第一节 概述	25
--------------	----

一、渗碳目的、工艺特点和分类	25
二、常用渗碳钢及其选择	25
三、渗碳介质应具备的性能	30
四、常用渗碳介质的类型、特性和选用	30
五、渗碳中的主要物理化学过程	36
六、碳在钢中的扩散和渗碳层的组织特点	37
七、零件渗碳后的热处理	38
第二节 渗碳零件的技术要求和检测	39
一、渗碳层的技术要求	39
二、渗碳零件的质量检测	42
第三节 气体渗碳工艺	43
一、综述	43
二、气体渗碳的主要工艺参数	44
三、可控气氛和炉气碳势的测量与控制原理	45
第四节 气体渗碳应用实例	50
一、齿轮的气体渗碳	50
二、汽车轮毂轴承套圈的气体渗碳	61
三、重载高速大型齿轮的深层渗碳	62
四、薄壁零件的浅层渗碳	66
第五节 其他渗碳工艺	69
一、固体渗碳工艺	69
二、液体渗碳工艺	70
第三章 钢的渗氮、氮碳共渗和碳氮共渗	72
第一节 钢的渗氮	72
一、渗氮的特点和分类	72
二、渗氮层的形成机理和组织特点	72
第二节 气体渗氮工艺	76
一、零件渗氮前的热处理	76
二、渗氮前的准备	77
三、渗氮过程和操作	77
四、气体渗氮工艺参数的选择	78
五、典型气体渗氮的工艺方法	80

六、渗氮零件的主要检验项目、内容和要求	82
七、渗氮零件缺陷及预防	84
八、渗氮应用实例	87
第三节 气体氮碳共渗	93
一、综述	93
二、气体氮碳共渗工艺参数的选择	94
三、含氧的氮碳共渗和氧氮共渗	96
四、气体氮碳共渗应用实例	98
第四节 气体碳氮共渗	103
一、碳氮共渗工艺的特点	104
二、气体碳氮共渗介质及其控制	105
三、碳氮共渗温度和时间的选择	107
四、碳氮共渗工艺过程	108
五、碳氮共渗层和共渗零件的力学性能	110
六、碳氮共渗应用实例	112
第四章 渗硼	128
第一节 渗硼层的组织和性能	128
一、Fe-B系平衡相图与渗硼层组织	128
二、渗硼层性能	131
第二节 常用渗硼方法	132
一、固体渗硼	132
二、液体(盐浴)渗硼	140
第三节 渗硼质量检测与控制	144
一、渗硼件的质量检验	144
二、渗硼层的组织缺陷及其控制	146
第四节 渗硼工艺应用	146
一、适合渗硼的材料	146
二、工件渗硼后的处理	147
三、渗硼应用实例	148
第五章 渗金属及多元共渗	152
第一节 渗金属原理	152

一、渗金属的物理化学过程	152
二、渗金属层的形成机理和组织特征	153
三、渗剂应具备的性能和配制原理	154
第二节 固体粉末渗铬工艺和应用	158
一、固体渗铬方法和工艺	159
二、渗铬层的组织和性能	162
三、渗铬应用实例——污水泵轴的粉末渗铬	165
第三节 渗钒工艺和应用	168
一、液体渗钒工艺	168
二、固体粉末渗钒工艺	172
三、渗钒应用实例——薄片铣刀的盐浴渗钒	172
第四节 渗钛工艺和应用	174
一、渗钛工艺	174
二、渗钛层的组织和性能	175
三、渗钛后的热处理	176
四、渗钛应用实例——切边模的粒状渗钛剂渗钛	177
第五节 硼砂盐浴渗钒	179
第六节 多元共渗工艺	180
一、铬铝共渗工艺	181
二、硼砂盐浴铬钒共渗工艺	185
三、硼钒共渗工艺	191
第六章 镀渗工艺	199
第一节 概述	199
第二节 高速钢冷作模具镀渗 Co—W—Ti 三元合金镀渗层	200
一、电镀 Co—W—Ti 三元合金层工艺	201
二、氮碳共渗工艺	201
第三节 热浸渗铝和镀渗	202
一、铝液浴的成分和表面保护	202
二、热浸渗铝浴槽材料	203
三、热浸渗铝工艺	203
四、热浸渗铝零件或型材的扩渗（散）处理	206
五、热浸渗铝应用实例——喷流换热器的热浸渗铝 + 高温	

扩散工艺	206
第四节 钢铁零件镀渗铜锡合金层	209
第五节 钢制零件的化学镀 Ni—P 合金和渗硼的镀渗工艺	211
第七章 真空化学热处理	216
第一节 概述	216
一、真空的基础知识	216
二、真空加热特点	219
三、真空化学热处理的原理	222
第二节 真空渗碳	222
一、真空渗碳的基本原理	223
二、真空渗碳工艺	224
三、真空渗碳的优点	229
四、真空渗碳应用实例	230
第三节 真空渗氮、渗硼及渗金属	233
一、真空渗氮	233
二、真空碳氮共渗	233
三、真空渗硼	234
四、真空渗金属	235
第八章 等离子体化学热处理	236
第一节 概述	236
一、低压气体放电现象	236
二、等离子场中的物理化学现象	240
第二节 离子渗氮与离子氮碳共渗	242
一、离子渗氮工艺原理	242
二、离子渗氮层组织与性能	245
三、离子渗氮工艺	247
四、离子渗氮应用实例	255
五、离子氮碳共渗及其应用	257
第三节 离子渗碳与离子碳氮共渗	258
一、离子渗碳	258
二、离子碳氮共渗	264

第四节 离子渗硼及渗金属	266
一、离子渗硼工艺	266
二、离子渗金属工艺	266
第九章 气相沉积技术	271
第一节 概述	271
一、气相沉积	271
二、气相沉积的分类	271
三、气相沉积的应用	271
第二节 化学气相沉积	272
一、化学气相沉积工艺原理	273
二、化学气相沉积工艺方法及参量控制	275
三、化学气相沉积法的特点	277
四、新发展的化学气相沉积方法	278
第三节 物理气相沉积	284
一、概述	284
二、真空蒸镀	286
三、溅射镀	296
四、离子镀	304
第四节 气相沉积应用实例	313
一、化学气相沉积 Ti (CN) 涂层应用实例	313
二、等离子体化学气相沉积法沉积 TiN 涂层应用实例	316
三、等离子体增强金属有机物化学气相沉积法沉积 Ti (CN) 涂层应用实例	316
四、多弧离子镀 TiN 涂层应用实例	319
第十章 离子注入技术	323
一、离子注入及其发展	323
二、离子注入原理	323
三、离子注入强化机制	326
四、离子注入表面改性的特点	328
五、离子注入应用实例	329

第十一章 激光表面强化技术	333
第一节 概述	333
一、激光及其特性	333
二、激光加热的特点	335
三、目前研究应用的激光表面强化技术	336
第二节 激光相变强化（表面淬火）	336
一、工艺原理	336
二、工艺参数	337
三、激光表面淬火显微组织和性能特点	337
四、激光表面淬火工艺特点	339
五、激光表面淬火应用实例	340
第三节 激光熔凝及非晶化	341
一、激光熔凝	341
二、激光非晶化	343
第四节 激光表面合金化及熔覆	345
一、激光表面合金化	345
二、激光熔覆	346
主要参考文献	352

概 论

一、材料表面工程技术的概念

表面是材料及其制品与环境的界面，是整体材料中一个很特殊的局部。因此，表面工程是材料科学与工程学科中的一个重要领域。根据材料学与工程的四个要素，即成分和制备工艺—组织结构—性能—使用性能之间的关系，表面工程技术应是通过改变基体材料表面的化学成分或者采用某些工艺改变基体表面的组织结构并获得相应性能，以满足使用性能要求的工程技术。

显然，改变基体表面组织结构有两种途径：一是不改变表面化学成分，仅通过某种工艺方法，使其组织结构发生变化；二是改变表面化学成分，使其组织结构发生相应变化。不改变表面化学成分的表面技术，如表面相变硬化等。改变表面化学成分，可以在原基体化学成分的基础上添加合金元素，即表面合金化，如各种化学热处理及激光表面合金化等；或者从根本上改变，在原基体表面涂覆其他材料，如电镀、气相沉积、激光熔覆等。

二、材料表面强化技术及其目的

机械工程材料，包括结构材料（用于制造汽车、桥梁、船舶、建筑等工程结构件和机械零件）和工具材料（用于制造刀具、模具和量具等工具），其使用性能的要求以力学性能为主，在许多场合还同时要求有良好的抗蚀性、装饰性等性能。而对于机械零件和工具，表面技术主要起表层强化作用，可称之为表面强化技术。表面强化技术是以提高金属材料表面硬度、耐磨性、抗蚀性、抗高温氧化性为目的的表面技术。这里叙及的“强化”有较广泛的含义，可以说是一种广义的强化，除了包括改善表面层的力学性能，如提高其强度、硬度以外，还包含改善物理化学性能，如降低基体表面的摩擦系数，提高耐磨性、表面合金化提高耐蚀性、抗氧化性等，即把基体表面对磨损及腐蚀抗力的提高也视作强化。事实上机械零件和工具的磨损及腐蚀都

与其表面的力学状态有一定的关系，何况除单纯起防护作用的涂装技术之外，同一种表面技术往往兼有几方面的作用。例如，渗氮热处理，可提高钢和铸铁表面层的强度、硬度，同时也提高耐磨性和抗蚀性。因此，可以称表面强化技术是以提高金属材料表面硬度、耐磨性、抗蚀性和抗高温氧化性为目的的表面技术。

三、材料采用表面强化技术的实际意义

结构材料和工具材料的主要任务是保证由其所制成的机械零件或工具在一定的工作条件下和一定的期限内能可靠地服役而不发生失效。断裂、腐蚀和磨损是金属材料制件的三种主要失效形式。据美国 20 世纪 90 年代初估算，这三种失效造成的经济损失达 3000 多亿美元，约占国民生产总值（GNP）的 10%。三种失效损失各占比例相差不多，都超过 GNP 的 3%，其中腐蚀所造成的经济损失最高。我国也不例外，仅冶金矿山、农机、煤矿、电力和建材等部门的不完全统计，由于机件与材料抗磨寿命低，每年因磨损报废或更换的备件达 100 多万 t，价值约 20 亿元人民币。近年来，我国由国外引进近 1000 亿美元的机械装置，每年因磨损失效需要补充与更换的备件近 10 亿美元，接近 1%。原国家科委对金属腐蚀做过调查，每年损失达 100~200 亿元人民币。如果考虑金属磨损、腐蚀造成的事故及维修停产等间接损失，其数值将相当可观。除磨损和腐蚀之外，疲劳断裂也往往是从受力最大的表面开始逐渐向内部发展的。因此，采用表面强化技术，提高机械零件的耐磨性和抗腐蚀性，从而提高机电产品质量、节省材料、节省能源，对于国民经济的可持续发展有十分重要的实际意义。

1. 满足零件使用性能的高要求，提高零件的服役寿命和可靠性

现代工业和科学技术的发展，对机电产品的自动化、小型化、可靠性、耐久性的要求越来越高，零部件的服役条件也越来越恶劣。工作在高速、高载荷、高温、高腐蚀性环境下的零部件对材料表面使用性能的要求也就更苛刻。而在许多情况下，很难有同时满足基体和表面性能要求且经济性好的材料。在这方面，表面强化技术正显示其重要地位和作用。例如，宇宙飞船、洲际导弹的飞行速度达几十倍音速，其外部构件与大气层摩擦产生的热量会使其外部构件的温度高达

4000~5000℃以上,如此高温几乎所有金属与合金都不能承受,只能依靠氧化锆等陶瓷隔热防火涂层。这些涂层可使基体温度降低,保护基体金属不致软化而有足够的强韧性。合金钢有很好的强韧性但硬度不很高,陶瓷有很高的硬度、红硬性、耐磨性但脆性大,在高速钢钻头、铣刀等刀具表面用气相沉积法获得几微米的 TiN 覆层,可提高使用寿命几倍,而且 TiN 色泽金黄,有很好的装饰作用。铝硅合金铸造性好、密度小、重量轻,很适宜制造汽车零件,其缺点是硬度低、耐磨性较差。Al-Si 合金经激光加热表面 Ni-Cr 合金化后,耐磨性比原材料提高 3 倍左右,铝合金活塞的使用寿命提高 2 倍以上。在有些情况下,采用便宜方便的表面强化技术,也能收到很好的效果,如硬质合金拉丝模,采用化学热处理渗硼后,与未处理的模具比较,拉低碳钢丝使用寿命提高 7 倍,拉高碳钢丝使用寿命提高 2 倍。

2. 节省材料、节省能源 我国“地大、物博、资源丰富”的概念,由于人口多而大打折扣。以钢产量为例,目前世界人均钢量约 200kg,发达国家在 400~500kg 以上。2000 年我国钢产量达到 1.285 亿 t,人均也只有约 100kg。钢材产量及品种短缺是今后若干年都会碰到的问题,每年需进口上千万吨,耗资 40~50 亿美元。如果在 1 亿 t 的基础上,只要节约 1% 即 100 万 t,就相当于 30 亿元人民币。采用表面强化技术,减少磨损、腐蚀导致的材料消耗,不仅有助于缓和钢材供需矛盾,还可以用廉价的钢材代替贵重钢材,创造显著的经济效益。

表面强化技术对传统材料性能的优化是非常有效的,对磨损、腐蚀等凡是损伤从表面开始的零部件都有显著的效果。例如,碳钢表面热浸渗铝后具有耐磨、耐蚀和抗高温氧化性能,可代替或部分代替不锈钢、耐热钢用于石油、化工、冶金等行业。例如,炼油厂减压装置原用碳钢制造,腐蚀寿命仅 1 年,热浸渗铝后可使用 15~20 年。该技术用于 Q235 钢制高速公路护栏,因该钢基体可长期不氧化生锈,可节省了大量钢材。Q235 钢表面激光熔覆 Ni-Cr-Si-B 合金层,耐蚀性可达到与 18-8 型不锈钢相同水平。

中国一汽集团汽车发动机缸体采用激光表面淬火,使发动机寿命提高 1 倍以上,行车超过 20 万 km、每年直接经济效益 1324 万元,

为社会创效益 6853 万元。东风型内燃机车气缸套激光表面淬火（大连机车车辆厂），使用寿命提高到 50 万 km，年生产量 5600 个，年直接经济效益 273 万元。

3. 促进新材料和高新技术的发展 任何工业产品，特别是信息产业的微电子产品要朝复杂化、多功能化、小型化和高精度、高可靠性方向发展，就会对材料提出新的要求。可以说，没有新材料就没有高新技术产品。表面技术是开发和研究新材料的重要途径之一。

薄膜材料厚度为亚微米级至微米级，可视为仅延二维伸展的薄膜。二维伸展的薄膜因具有特殊的成分、结构和尺寸效应，能获得三维材料所没有的性质。薄膜材料的尺寸很小，又具有各种特殊功能，特别适于制造集成电路、集成光路、光盘、磁盘、重要的光电子器件等。气相沉积技术可在基体表面形成各种功能膜，例如导电（金属）膜、绝缘（介质）膜、电阻膜、超导膜、磁性膜、压电膜及各种光学膜等，对大规模和超大规模集成电路的发展起着重要的作用。

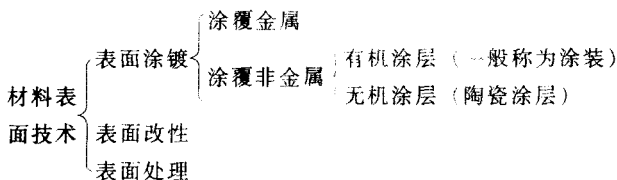
纳米材料是近 10 余年来开发的新材料，纳米固体材料与普通固体材料相比，有很独特的力学、物理和化学性能。例如，纳米金属有更高的强度。纳米陶瓷有优良的导热性和一定的塑性，纳米 TiO_2 陶瓷在室温下有很高的韧性。纳米固体材料需要用纳米粉作原料，而气相沉积是制备纳米粉的方法之一。

离子注入是一种表面技术，同时也是开发新型材料的一种很独特的方法。采用这种方法向基体材料注入其他元素的离子，可以不受固溶度、扩散系数等热力学条件的限制，获得高度过饱和固溶体及其他亚稳定相、非晶态和平衡相等。离子注入与物理气相沉积蒸镀复合处理，可以用来合成梯度功能膜、智能材料膜等新型薄膜材料。

四、材料表面技术的分类及发展概况

1. 材料表面技术的分类 材料表面技术是由多学科门类交叉发展形成的，自身内容十分丰富而且涉及范围广。从不同的角度出发，有多种分类方法。

（1）国家自然科学基金委员会、自然科学学科发展战略调研报告《金属材料科学》一书，将表面技术归纳为包括表面涂镀、表面改性和表面处理三个方面：



这种分类方法概括性强, 三大类之间界限清晰, 容易区分, 也便于记忆。关于表面改性和表面处理的定义也很准确, 很有科学性。“表面改性是指改变基体金属材料表面层的化学成分, 以达到改变金属表面结构和性能之目的。表面处理则是指在不改变基底金属表面化学成分的情况下, 使其结构发生变化, 从而改变其性能。”“表面改性技术一般主要指离子注入、离子束共混和离子化学热处理。按照前述定义, 化学热处理(热渗或渗镀)也应属于表面改性。金属表面通过化学或电化学处理, 以形成金属的氧化物膜层, 也是改变了基体金属表面层的化学成分, 按照前述定义, 也应归入表面改性技术。”根据这段论述, 很显然, 表面改性和表面处理之间的主要区别是处理后基体材料表面层的化学成分是否改变。因此, 不仅喷丸强化属于表面强化处理, 不改变基材表面化学成分的各种表面相变强化(表面淬火)方法也应归入表面处理。同理, 激光处理技术也不宜统称激光表面改性技术, 因为激光熔覆属于表面涂覆, 而激光表面合金化改变了基材表面化学成分, 属于表面改性。

(2) 按工艺特点划分。表面工程技术的生产实践性很强, 按工艺特点分类与工程应用上的名称基本一致。这种分类方法虽然学术性不强, 因为有些技术尽管工艺不同, 但基本原理、机制可能相同或相似。本书着重讨论金属材料的表面强化(包括力学性能改善、磨损、腐蚀抗力提高), 除堆焊、喷涂以外, 将以强化为目的的表面技术分为: 化学热处理、真空化学热处理、等离子体化学热处理、气相沉积、离子注入、激光表面技术等。

其他分类方法如: Bunshan·F 和 Mattox·D 提出, 按沉积物粒子尺寸和作用原理, 表面技术分为四大类:

1) 原子沉积: 沉积物以原子、离子、分子和粒子集团等原子尺度的粒子在基体材料表面上形成覆盖层。电镀、化学镀、气相沉积等

均属这一类。

2) 颗粒沉积: 沉积物粒子为宏观尺度, 以颗粒形态在基体材料表面上形成覆盖层。例如各种热喷涂、搪瓷等。

3) 整体覆盖: 将涂覆材料于同一时间施加于基体材料表面。例如涂装、包覆、热浸镀、堆焊等。

4) 表面改性: 按前述第一种分类方法, 表面改性应指改变基体表面化学成分的处理。例如, 化学热处理、化学转化膜处理、离子注入、激光表面合金化等。

这种分类方法的学术性强, 但实际上只将表面技术分成了两大类, 因为这种分类法的前三种均属表面涂镀, 除表面涂镀外的所有表面技术就只能划入表面改性这一类了。

2. 表面技术的发展概况

(1) 表面涂镀(覆层) 机械零件表面强化大多采用金属涂层和陶瓷涂层, 其工艺方法主要有电镀、化学镀、盐浴碳化物覆层(TD法)、热浸镀、化学气相沉积、物理气相沉积、激光熔覆、热喷涂等。

电镀和化学镀均在化学溶液中进行。电镀的历史较早, 涂覆时导电的工件作为阴极, 其表面与电解质溶液接触, 在外电流作用下工件表面可形成金属或合金镀层。用得最多的是装饰镀铬和镀硬铬, 后者兼有装饰和耐磨作用。电镀Ni、Cr、Fe镀层, 可用于磨损零件的修复, 其工业应用广泛。阻碍其发展的主要问题是对环境的污染严重。化学镀不需通电, 利用还原剂将电解质溶液中的金属离子还原, 在工件表面沉积金属或合金镀层。化学镀的工件可以是金属也可以是非金属。化学镀层一般具有良好的耐蚀性、耐磨性(降低摩擦因数)和钎焊性以及其他的电磁性能。化学镀镍的研究始于19世纪中期, 1955年在美国建立了第一条生产线用化学镀镍镀覆储运苛性碱的槽车内壁, 开始了化学镀镍的工业应用。以后的几十年中, 化学镀镍在工艺、溶液配方、废液处理等方面获得迅速进展。到20世纪80年代, 化学镀镍、Ni-P、Ni-B合金镀层及镀铜已经在许多工业部门广泛应用。化学镀的发展方向是提高槽液寿命、消除有毒成分、形成多元复合镀层, 使其具有更多的特殊性能。

盐浴碳化物覆层法(TD法)为日本丰田公司中央研究所开发,