

化 学 铕 切

〔英〕威廉·T·哈里斯 著

主 编 朱永昌 译

国防工业出版社

内 容 简 介

本书是全面地系统地叙述化学铣切的专著。书中对各种金属及其合金、硅片、塑料、玻璃化学加工所用的腐蚀剂配方、防蚀层材料、加工规范都作了详细叙述。列举了各种实际应用的数据、加工的尺寸精度和表面光洁度。对样板、原图、掩模和加工设备的设计也作了专门介绍。还介绍了几种检查防蚀层针孔和厚度的仪器。本书可供航空与宇航、电子、光学元件、印刷、精密筛网、玻璃等方面的工程技术人员与工人参考，也可作高等院校教学参考书。

CHEMICAL MILLING
THE TECHNOLOGY OF CUTTING MATERIALS BY ETCHING
WILLIAM T. HARRIS
CLARENDON PRESS
OXFORD, 1976.

*

化 学 铣 切

〔英〕威廉·T·哈里斯 著
王 鋈 朱永昌 译

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168 $1/32$ 印张13 $1/8$ 334千字

1983年6月第一版 1983年6月第一次印刷 印数：0,001—4,200册

统一书号：15034·2516 定价：1.65元

目 录

第一章	化学钝切的发展简史	1
1-1	从古代到十七世纪末期	1
1-2	十八和十九世纪	10
1-3	二十世纪的历史	17
第二章	化学钝切的基本原理	36
2-1	清洁处理	36
2-2	涂防蚀层	38
2-3	刻划防蚀层图形	43
2-4	腐蚀加工	51
2-5	清除防蚀层	63
第三章	各种材料的化学钝切	66
3-1	铝的化学钝切	66
3-2	铜的化学钝切	67
3-3	玻璃和陶瓷材料的化学钝切	68
3-4	金的化学钝切	69
3-5	镁的化学钝切	70
3-6	镍基合金的化学钝切	71
3-7	塑料的化学钝切	72
3-8	耐高温材料的化学钝切	74
3-9	银的化学钝切	75
3-10	钢的化学钝切	76
3-11	钛的化学钝切	77
3-12	锌的化学钝切	79
第四章	化学钝切的技术效益	81
4-1	设计方面的技术效益	81
4-2	化学钝切在生产中的技术效益	95
第五章	化学钝切在加工方面的限制与困难	111
5-1	引言	111

V

5-2	化学铣切最主要的限制	111
5-3	关于加工尺寸的控制问题	114
5-4	表面光洁度方面的限制	120
5-5	钛的氢脆问题	122
5-6	设备设计的问题	123
5-7	健康问题	125
第六章	化学铣切加工对工件性能的影响	128
6-1	腐蚀加工原理	128
6-2	表面光洁度	130
6-3	机械性能	137
6-4	氢脆	151
第七章	化学铣切的应用	162
7-1	化学铣切在航空与航天工业中的应用	162
7-2	汽车工业	181
7-3	化学铣切方法在其它方面的应用	184
7-4	化学铣切在建筑与装饰方面的应用	190
第八章	照相化学铣切	193
8-1	有关照相化学铣切的技术问题	193
8-2	照相化学铣切与金属冲切的比较	215
8-3	照相化学铣切的精度	218
8-4	照相化学铣切在加工精密产品方面的应用	223
8-5	印刷电路加工	234
8-6	照相化学铣切在集成电路制造中的应用	240
第九章	有关的化学问题	250
9-1	预洁净处理过程的化学特点	250
9-2	铝合金化学铣切用的腐蚀液	254
9-3	镁的化学铣切腐蚀液	263
9-4	不锈钢和镍合金的腐蚀液	265
9-5	钛合金的氧化皮(变性液)和腐蚀液	271
9-6	其它合金	278
第十章	经济问题	281
10-1	结构化学铣切的费用估算	281

10-2 照相化学铣切	297
第十一章 化学铣切所用的工艺装备	303
11-1 对化学铣切样板的要求	303
11-2 样板的制作	308
11-3 支承夹具	309
第十二章 化学铣切零件加工的质量控制	312
12-1 样板	312
12-2 刻划防蚀层图形的质量控制	314
12-3 腐蚀加工技术	316
12-4 零件尺寸的检验	318
12-5 加工过程中材料对零件质量的影响	320
第十三章 化学铣切技术的培训	325
13-1 化学铣切专业方面的技术	325
13-2 操作人员的技术	326
13-3 安全预防措施与紧急救护	330
第十四章 化学铣切设备	334
14-1 工艺过程中各个工序所需设备的综述	334
14-2 工业用化学铣切铝合金的典型设备	346
14-3 工业用化学铣切钛合金的典型设备	349
第十五章 环境的考虑	375
15-1 污染问题的历史和回顾	375
15-2 控制污染的实际问题	376
15-3 与化学铣切有关的公司应做的工作	397
第十六章 未来的发展趋势	407
16-1 新材料的化学铣切	407
16-2 在结构方面的发展趋势	409
16-3 照相化学铣切方面的发展趋势	410

第一章 化学铣切的发展简史

1-1 从古代到十七世纪末期

近年来，化学铣切作为一种精密而科学的现代化技术闻名于世，人们已经把它当作一种基本的工艺方法，用来铣切各种不同的材料和进行外形加工。然而，作为一种切削材料的技艺，它的历史却源远流长，可以追溯到过去很长一段时期。这里，我们仅能对其发展的历史，作一简要的回顾。

用一种液态化合物去切削任何材料的可能性，首先取决于这种化学溶液(即现在一般人都知道的腐蚀剂)的效能，也就是说，这种溶液必须对该材料具有腐蚀作用。现有的各种腐蚀剂，对于每一种特殊的已知材料——甚至是对那些当初为了提高其抗腐蚀性能而发展起来的材料——都能提供一种可控制的切削作用。在这方面，化学铣切的发展史表明：有许多重大的进展，都是由于腐蚀剂发展所取得的直接成果。此外，第二个起决定性作用的因素是：必须获得一种防蚀层涂料。因为要想控制这种以液体切削方法为基础的加工过程，就必须防止那些不需要加工的地方受到切削。因而，耐腐蚀性保护层的发展，也同样十分重要。事实证明，在化学铣切的整个历史过程中，所采用的防蚀层及其工艺方法，一直是加工质量的关键——对于要达到生产应用规模的工业生产或科学研究而言，所用的是这种防蚀层和这种工艺方法，而对艺术和装饰性加工说来，所用的又是另一种。为此，在研究化学铣切的发展史时，我们必须把它和腐蚀剂与防蚀层二者的具体应用情况结合起来进行考查。

在现时人们生活的环境里，到处都存在着腐蚀的事例。正是由于这种电化学作用的结果，使我们使用的很多材料都呈现出自

然损坏的现象。然而，在远古时代，这些腐蚀现象是不会发生的，因为那时制造产品所用的基本材料是木材、石头和粘土。从那时以来，已经过了很多个世纪，各种各样天然存在着的矿石，已经从看来似乎是一个笼统的“石头”类中被分离出来；同时，逐渐地使这些材料本身所固有的特殊性能，终于得到了利用。而且，随着时间的流逝，人们又懂得了用火来使（通过氧化反应）它们的性能得到改进，从而使人们能够利用那些与地壳中存在的天然材料完全不同的材料。这些人造材料所表现出来的自然腐蚀现象，导致了一项发现：通过使这些材料与某种既定液体接触的方法，即能促进这种自然腐蚀的过程（而且还可以利用这种方法制造其它的材料）。

人们最初用来促进腐蚀作用的，无疑都是一些有机酸。例如从酸牛奶中提取出来的乳酸，从柠檬中获得的柠檬酸和醋酸。其中醋酸是最强的，也是早在公元前 400 年用来腐蚀金属铅以制造白色颜料（铅白）[●]的一种酸。

现今的大多数铝合金化学铣切，使用的是一种碱性腐蚀剂。可以认为，公元十世纪前炼金术士们的试验研究，曾经引起了很重要的发现。这些发现实际上是为化学铣切所需要的碱性材料预先作了准备。公元一世纪时，一位名叫甫林的长老，便曾谈到过氢氧化钠和硫酸铝的用途，后者即许多世纪以来用于制造无机酸的明矾（辛格 Singer 1957）。在公元九世纪后半叶的一部阿拉伯著作中，谈到了一些能够用分馏法制造硫酸和盐酸的方法（Kraus 1942, Leicester 1965）。后来，一位十三世纪末期的拉丁炼金术士 Geber[●]，对这些方法又作了进一步的详细说明。在他的《发现真理》（De inventione veritatis）一书中，谈到了把硫酸亚

● 公元前 320 年，Theophrastus 在他所著的《论石头》一书中，对这种方法作了说明（Sherwood-Taylor 1957）。

● 关于 Geber 著作的译文，请看 Dent (1928) 出版的单行本，或看 Multhauf (1966) 的著作。

铁、明矾和硝酸钾加热并凝聚其蒸馏物以制取硝酸的技术 (Stillman 1924)。

除去王水 (把氯化铵溶解于硝酸中制成) 之外, 硝酸的腐蚀能力是非常出名的。它可以用于制药、艺术加工 (为玻璃和涂料配制颜料) 和商业上 (检验黄金和白银)。在零件加工方面, 严格说来尚未使用无机酸。直到十五世纪, 当时, 最早期形式的化学铣切非常意外地流行起来, 即我们现今所知的铠甲蚀刻加工。

在十四和十五世纪时期的薄板式铠甲上, 人们常常把各个部分都涂上油漆。这一方面是用来作为识别铠甲的标志, 但同时也是为了防止大气的腐蚀。很可能是由于这些漆层偶然损坏的结果, 铠甲上的锈斑形成了花纹。看来, 一定是这个现象引起了人们进一步有意识地在铠甲上制作各种各样的标记。

关于把蚀刻法有意识地用于铁器上, 最早的文字记载似乎是出现在 15 世纪的一份英国手抄本上[●]。它描述了一种用盐、活性炭和醋配制的腐蚀剂, 和一种用亚麻仁油涂料做成的保护层。加工时, 先把防锈涂料按要求的图样轻轻刷上, 然后在全部表面上都施以腐蚀剂, 于是, 未加防护的各个表面便被腐蚀剂“咬”了下来。在另一本稍晚一点的英国手稿中[●], 曾谈到过一种石蜡保护层的用法。使用这种方法时, 先在全部表面上涂上石蜡, 然后把要求腐蚀剂咬掉的那部分的保护层事先切除掉。正如我们所知, 这也就是台阶式化学铣切或外形腐蚀加工的起源——而这种方法早在 600 年前即已采用 (Williams 1934)。

到十四世纪末和十五世纪初时, 铠甲蚀刻加工便已非常普遍。那时, 武器、头盔和护胸板等都是锻造而成, 其硬度有如钳工使用的凿刀。因而, 用手工工具来进行镂刻的方法, 很快就为功效大得多的、以酸蚀为基础的工艺方法所代替。第一件蚀刻制品问世的准确日期和地点, 目前虽然尚难可靠地确定, 但我们已注意

● 英国博物馆: 手稿 Sloan 962, Fol. 171 (公元 1400 年前后)。

● 牛津, Bodlean 图书馆, Ashmole 1397 年手稿, (1400~1425)。

到了十五世纪初期的一本英国著作（即 Ashmole 手稿）。其中提到了一把刀——或者说是一把剑或剑形物。与此同时，在十五世纪七十年代前后意大利北部的一些中心城镇中，都曾制造过一些优美的蚀刻兵器。另外，有一块由维也纳人瓦伏萨姆拉格制造的蚀刻护胸板，其上注明的日期为 1475 年。

图 1.1 中所示的，是一块蚀刻护胸板的局部近视图。该护胸板系由奥古斯堡的科隆曼（Coloman Helmschmied）于 1523 年前后锻造而成，再由丹尼尔·荷菲尔（Daniel Hopfer）蚀刻加工（Mann 1940, 1962）。加工时，先把保护层涂在那些要保存下来不受蚀刻的地方，其中包括那些小斑点在内；然后用一根尖针把各个局部的图形与线条刻划出来。把少量的酸液涂抹在需要进



图1.1 公元 1523 年左右在奥古斯堡（Augsburg）制造的铠甲护胸板近视图——估计很可能是由丹尼尔·荷菲尔（Daniel Hopfer）蚀刻而成（取自 Wallace 珍藏品 N&A210）

行蚀刻的部位上，由于沿着蚀刻部位的周缘都有用石蜡形成的矮墙作屏障，因而能够防止酸液的任何扩散。在图 1.1 所示护胸板的情况下，锻造出来的凹槽对于贮存酸液是很方便的，而且只需要沿着这些凹槽涂上一层石蜡保护层就足够了。

比较早一些的、用蚀刻装饰的铠甲，倾向于作成窄条状的典型加工形式，并确定出一些局部的蚀刻面积。这样一来，无疑会使就地采用小面积的酸浴加工成为比较容易实现的事情。而稍晚一些的发展，也就是在 1550 年前后，是使成形后板片上的蚀刻图案，仅只分布在那些低于其余表面的凹陷部位。为此，便需要使锻造工人与蚀刻工人从一开始便协调一致——很明显，这两种加工都由同一个人来完成的情况，即便是有也是很罕见的——这就完全打破了这样一种观点：蚀刻画仅仅只是一种表面装饰，只需要在铠甲造好之后再附加上去就行了。先做成卷筒形和新月形，然后经过蚀刻技师美化的板片，已经成为构成铠甲的一种组合式（全悬挂式）的零件。我们从中世纪的铠甲与今天的化学铣切产品之间，可以找出许多相似之处；然而，仅就“设计之始即对整个加工过程作出全面考虑”这一原则而论，其重要价值就超过了现时通用的基本方法“先成形而后化学铣切”。

图 1.2 中的铠甲，展示出了一位技艺高超的蚀刻家，在保护层与酸蚀操作技巧方面所取得的非凡成就。该项精美作品，是由因斯布鲁克（奥地利城市）城的青年人米契尔·韦兹于 1555 年锻造而成（蚀刻作者已不为人所知）。边缘上的花纹布置在凹下去的沟槽里，在基底上布满着颗粒状的点刻。这些点刻是通过腐蚀之前表面上涂刷上的保护物质小点制成的。铠甲上耶稣被钉在十字架上和武士跪着的蚀刻画，是如此地清晰而自然，宛如用针穿透预先涂好的保护层薄膜而制成的、纯粹的绘画一样。像图中所示铠甲上的这些蚀刻，都是用同样的方法很精细地制成的，这些方法后来为都纳（Dürer）、巴玛基诺（Parmagianio）、斯琪亚沃（Schiavonne）和鲁卡斯·范·里登（Lucas Van Leyden）等艺

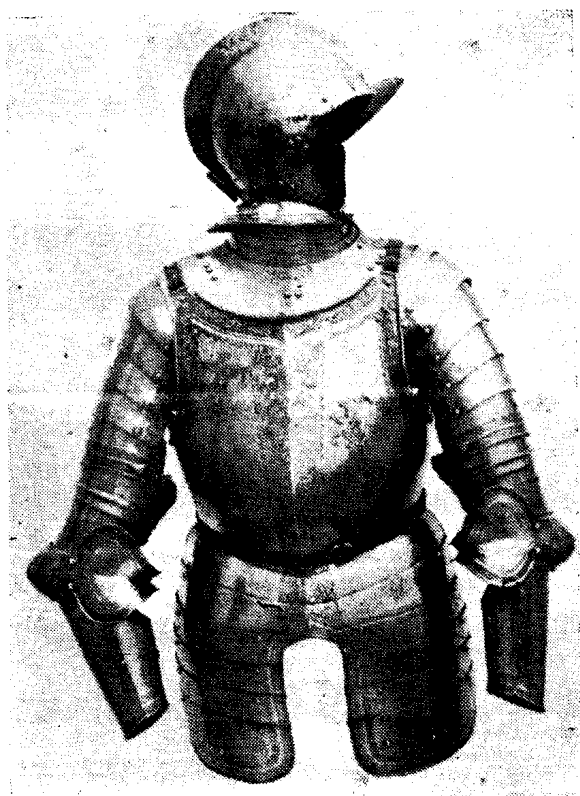


图1.2 因斯布鲁克青年米契尔·韦兹所制造的铠甲上半身。日期为 1555 年。护胸板上装饰着蚀刻的边缘 和 把耶稣钉在十字架上的图像，以及跪着的武士图像（取自 Wallace 珍藏品，№A37）

术家们所采用。后者是十六世纪时期为印刷术蚀刻复印板的专家 (Hind1923)。

大块的铠甲零件在接受艺术加工时，可能是采用分片逐步蚀刻法——先蚀刻这一部分面积，然后再蚀刻另一部分面积。而对于像防护手套、肘弯和膝弯部位的一些小型零件，则可能是采用把整个零件全部浸入腐蚀液内的方法进行蚀刻的。但是，应该充分估计到由此而引起的建造盛酸槽的困难：玻璃材料在那时还非常昂贵而又不够牢固；铅能耐浓硫酸但却不能耐稀硝酸。因而，很

可能是采用涂有树脂或沥青保护层的木材或粘土来制作浸蚀加工的容器。事实上，对局部的，能够严密监视其进行过程的蚀刻加工而言，假如腐蚀深度能够保持均匀一致的话，一般地说来，与其放到槽子里去腐蚀，还不如在零件上就地酸浴蚀刻为好。

出于技术上和艺术上的理由，我们可以这样设想：为了加工一套铠甲零件，十六世纪的蚀刻家们，将耐心地耗费整周整周、乃至整月整月的时间。他们把石蜡、松香和沥青捣碎并将其混合制成保护涂料，然后用刷子仔细地把保护涂料涂沫在铠甲零件表面上并使之硬化，在保护层硬化后，再用针和刮刀在保护层上把图案制作出来。我们能够想象他们怎样地在腐蚀部位周缘筑起石蜡屏障，然后用一根羽毛控制着酸液，一滴一滴地把它加到需要蚀刻的准确地点上。我们也可以估计到这些蚀刻家们所遇到的各种问题：防蚀层的粘着力不足，要用手抛光来去掉所有的腐蚀烧伤斑痕；甚至必须调整保护层边沿下面被酸液多咬掉的那部分蚀刻图案——因为必须考虑到蚀刻加工开始之前锻造铠甲板片便已具有的昂贵价值（以及顾主对它所拥有的主权）。

由于许多艺术家卷入到为铠甲蚀刻而进行的刻划图案设计工作中来，引起了对印刷技术方面的重大发展，而这些极有价值的发展，对于地图印刷技术来说，从当时到现在都有着深远的影响（Lumsden 1924；Peterdi 1959）。

蚀刻线条优于雕刻线条的地方在于：前者制出的蓄存油墨的沟槽边上，没有竖着的毛刺，而这种毛刺将损害、以致最终造成模糊不清的印刷品（见图 1.3）。用蚀刻法来加工凹雕印刷板的技巧，关键是掌握恰到好处的腐蚀深度——过大的防蚀层下切削，结果将导致贮存过多的油墨，从而造成有污迹的图片。这是基于铠甲蚀刻技术的扩展而迅速发展起来的一种很有实用价值的工艺方法。沿着印刷板的边沿，用石蜡作为屏障以形成一种就地进行的酸浴，当采用这种方法时，艺术家可以通过把某些既定面积掩盖起来的办法，来改变线条的色调。也就是说，可以再涂上一层

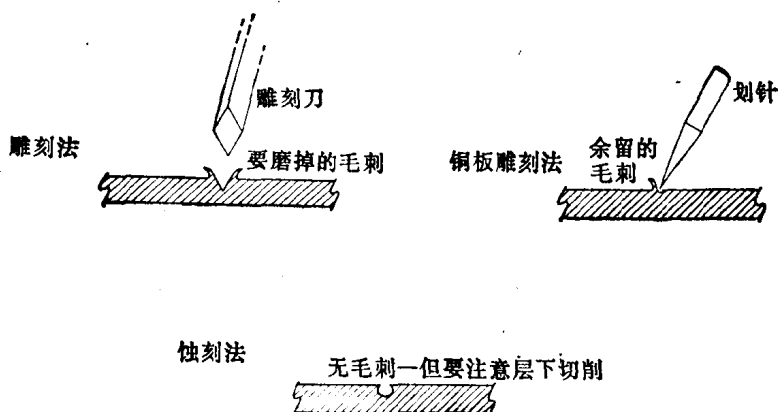


图1.3 用雕刻法、铜板雕刻法和蚀刻法制成的线条比较

保护层，或者是用蚀刻划针再进行加工，以制出一些深度较浅的线条（在印刷时，这些线条的颜色也比较浅）。后面这一种工艺方法，非常近似于今天化学铣切工业中所采用的多台阶腐蚀加工。

十七世纪是一个医药化学和试验酸、碱对各种不同材料的影响的时代。由于对化学反应在理论方面的了解进展迟缓，因而酸和碱的实际应用，通常仍然是凭经验和按照传统知识来进行的。约翰·格莱伯（Johan Glauber 1604~1670）在这方面取得了不少的进展，其中包括对盐酸制造方法的改进。他发展了一种新方法，这个方法是把海水（卤水）和硫酸混在一起进行蒸馏，同时用一个装水的容器把凝结物收集起来。巴兹尔·瓦伦丁（Basil Valentine 1604）也对各种腐蚀液进行了研究，在他的“最后的愿望与遗嘱”（报告时间为1656年）中，他宣称：苛性碱（使用生石灰与不太浓的碳酸钠或碳酸钾作用而生成）“是一种烈性液体，其中隐藏着许多奥妙的东西。”这一论述，无疑是关于后来铝合金化学铣切的一种预示。

在十七世纪期间，用蚀刻法来装饰兵器及铠甲已成为一个完全确定的工艺方法。这时，铠甲在野外的使用虽已没落，但是按照王室和贵族们的要求，在检阅和举行仪式时仍然要使用。由于

这种需要而制成的、给人以深刻印象的作品之一示于图 1.4 中。图中所示装饰优美的长统手套，于 1612 年在格林威治城制成。手套上蚀刻出来的细密花纹可以看得非常清楚，而且在每一块腐蚀



图1.4 威尔士王子亨利的长统防护手套。该手套为格林威治皇家工场技艺高超的工匠威廉·皮克林所制整套铠甲之一部分。时间约为 1612 年。请注意各个零件上花纹布置的精确配置情况（取自 Trustees of the Wallace Collection No. A276）

过的表面上都仔细地镀了金。这件最上等的手工艺制品，是属于一套完整的铠甲的，该套铠甲保存在英国温莎堡的皇家珍藏馆里，它是格林威治的詹姆士第一属下最有才能的工匠威廉·皮克林，为威尔士王子亨利制作的。在蚀刻这支长统防护手套时，要使各个部分独立地完成涂防护层、刻划图案和进行蚀刻工作，要保证装饰花纹处处都相互协调，这是很困难的，也许要采用某些型式的样板来帮助定位。无论如何其蚀刻加工的精确度是很高的，位置精度在 0.5 毫米以内。应该指出：这是 350 年前的作品，而目前一般用手工刻划防蚀层图形的化学铣切产品，在位置精度上未必都能超过它。

到了十七世纪的后期，我们发现了第一次把蚀刻法用于加工测量工具刻度的情况。在本书的后面的几章，特别是在照相化学铣切一章中，将要阐明化学铣切在现代精密仪器的刻度盘和其它部分的加工精度方面的作用。由于这种方法能够精确地对一根细线条进行定位，因此对那些首先要求定位精度高，其次要求坚固性好的用户，使用这种方法，那是理所当然的。和所有历史上发生过的情况一样，战争迫使工艺技术的步伐加快。在战争的条件下，大炮的使用迅速增加，从而导致了必须深入了解各种弹道、以及炮弹材料对这些弹道的影响。接着提出的问题是把试验数据变成普通炮手能够使用的、一种经久耐用刻度。例如，用纸制作的刻度就完全经受不住战争期间的各种严峻的使用条件。解决问题的方法是把刻度刻在钢制品上，一般是用蚀刻法刻在制成的短剑或剑形物的刀身上。在华莱士的珍藏品中 (A858)，就有一把枪炮手用的剑形物，制造日期为 1650 年左右，剑身长约 215 毫米，上面有已校准过的蚀刻刻度，用以将炮孔直径（或炮弹直径）转换成为相应的炮弹重量。

1-2 十八和十九世纪

十八世纪，在化学领域中最重要两个进步，是关于气体的

研究和发现了燃烧过程中空气所起的重要作用。对气体的研究，使人们大大增加了对各种酸和碱的反应的了解。例如E. F. 杰弗里 (1672~1731) 比较和总结了许多化学方面的事实，而约翰·埃利奥 (1747~1787) 则发展了一种关于亲合力的数字计算方法。

在了解复分解作用和重量比方面作出意义重大的贡献的是卡尔·韦热尔 (Karl Wenzel 1747~1793)。在十八世纪后半期，他用同样大小的金属圆柱投入到各种不同的酸液中，经过一小时后，再将这些圆柱体取出并测定其重量，以此来确定无机酸的浓度，从而确定出不同酸液与该金属的化学亲合力 (Taton 1964p. 507)。这可能是把化学腐蚀作用用于纯科学研究方面的一个最早的实例。

1771年，斯契尔 (Scheele 1742~1786) 发现了氢氟酸。这对其后的玻璃蚀刻技术及今天的钛合金、钽、钨等高温耐蚀材料的化学铣切说来，是一件意义非常重大的事情。

在这一时期内，制造硫酸的方法也有了很大的改进。人们采用把硫磺与硝酸钾 (硝石) 放在一起燃烧的方法来获得硫酸，以完全取代焙烧硫酸盐来制取硫酸的方法。

其它一些工业如玻璃、肥皂、漂白等等，这时也有了很大的扩展，因而非常需要基本的碱性物质如碳酸钠和氢氧化钠。十八世纪时，由于天然苏打 (碳酸氢钠和碳酸钠) 是从草木灰中制取的，因而供应很不充足。一个法国人利伯南克 (Leblanc) 发明了一种把盐转变成碳酸钠的方法。他的这个方法立即迅速地成为整个欧洲扩大制碱工业的基础。此法的第一步是使盐与浓硫酸在一起加热而生成硫酸钠，再将制成的硫酸钠和焦炭、石灰石混合在一起加热并经过另外几道工序便可制成碳酸钠。采用这个方法的初期，人们只是利用了硫酸钠，而让反应过程中逐渐生成的氯化氢气体逸入大气之中，从而给周围的农村造成破坏。由于酸的污染而造成的麻烦事件的最终结果是：在英国制订了关于碱的法律，强迫制造商必须把废酸都吸收掉。因而迫使制造商们不得不从事

盐酸的生产，从而使盐酸成为一种最廉价的无机酸，并由此而导致了人们广泛地使用它来生产氯气和氢气。

1782年，约翰·斯赖伯尔公开发表了他在日内瓦所进行的某些研究结果。这些在当时看来似乎是与化学铣切毫无关联的工作，然而却关系到后来蚀刻加工的应用与发展。他发现：某些暴露于阳光之下的树脂，竟丧失了它们在松节油中的溶解能力，也就是说，这些树脂已经硬化了。这样一种性能后来在赖普士(Niépce)的照相术实验中得到了利用。同时，使这一原理成为当今整个照相化学铣切工业的基础。因为在照相化学铣切加工中，将光敏防蚀层置于紫外线下曝光，是一种把所要求加工的图形转移到光敏防蚀层上去的最通用的方法。

把腐蚀加工应用于未来的航空事业中的苗头，也在这时显露出来。蒙堤哥佛(Montgolfier)兄弟于1783年11月21日在巴黎利用热空气气囊实现了人类的升空飞行；同年的12月1日，J. A. C. 查尔斯完成了第一次乘氢气球升空。他们所用的氢气，是采用把硫酸浇在铁屑上的方法制取出来的。这就是说：在人们企图飞行的最初阶段，已开始利用酸的腐蚀能力来帮助航空事业的发展了。

十九世纪初期，出现了一些对于未来化学铣切技术具有深远影响的新事物，其中之一是刚刚开始摄影术。扼要地考察一下这种新技术在那时所取得的进展，将有助于对今天印刷电路及微型电子线路的制造作出正确的展望。

在法国，Nicéphore Niépce用各种不同的树脂在日光下进行了试验，并终于在1822年制成了日光胶板的蚀刻复制品。Niépce试验的安排示于图1.5中。其方法是把印刷图片放在一块涂有一层溶在薰衣草油中的犹太沥青层的平板上，然后使沥青层在太阳光下曝晒2~3小时，于是，在没有线条遮盖的面积上，沥青层便变得比在线条遮盖下的沥青层硬，同时，这些在线条遮盖下的沥青层仍然保持可溶性，因而能用一种经过仔细调匀的薰衣草