

电加工工艺学

勃彼洛夫、杰姆丘克、И. Я. 保高拉德、
Л. Я. 保高拉德、卡茲納切依、別里亞也夫、
阿斯基納澤、扎依采娃、賈特欽科合著

李玉璇、陈 燕譯



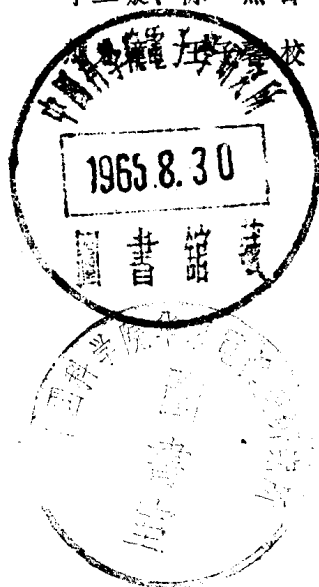
中国工业出版社

77.15
3.80
= 3

电 加 工 工 艺 学

勃彼洛夫、杰姆丘克、И. Я. 保高拉德、
Л. Я. 保高拉德、卡兹纳切依、别里亚也夫、
阿斯基纳泽、扎依采娃、贾特兹科合著

李玉璇、陈 燕 译



中国工业出版社

1101363

4794

0109/28

本书全面地综合了已经研究成熟、并且已在工业中行之有效的金属电加工工艺的各个方面：电化学加工（电抛光和电成型），电热加工（熔化材料的和不溶化材料的）和电蚀加工（阳极机械加工和电火花加工）。这些方法在国外已广泛地采用，在我国好些工业企业中也已试用成功，它将对提高劳动生产率和改进产品质量起一定的作用。因此翻译出版本书，以便能更好地推广这一先进经验。本书供工程技术人员、设计人员和科学研究人员们参考，也可供高等和中等技术学校的同学们学习。

Л. Я. Попилов, И. С. Демчук, И. Я. Богорад,
Л. Я. Богорад, Б. Я. Казначей, Г. С. Беляев,
Б. М. Аскинази, Л. П. Зайцева, А. П. Дятченко

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ
СУДПРОМГИЗ 1952

* * *

电 加 工 工 艺 学

李玉璇、陈 燕 译

（根据原机械工业出版社纸型重印）

*

机械工业图书编辑部编辑（北京苏州胡同141号）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

北京市书刊出版事业许可出字第140号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168\frac{1}{32}$ ·印张 $10\frac{3}{4}$ ·字数273,000

1956年10月北京第一版

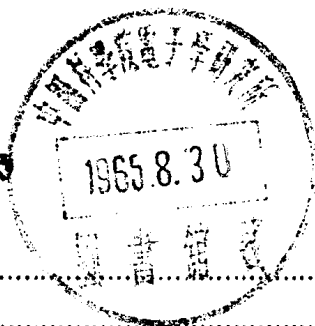
1963年11月北京新一版·1963年11月北京第一次印刷

印数0001—1,363·定价 2.00 元

*

统一书号，15165·2946（一机-614）

目次



原序.....	9
緒論.....	7

第一部分 电化学加工法

第一篇 金屬的电抛光.....	11
第一章 电抛光法的实質	11
1. 金屬去除过程的本質 (12)——2. 应用範圍 (15)	
第二章 电抛光的技術特性	15
3. 机械性質 (15)——4. 表面微觀幾何 (17)——5. 表面的耐腐蝕性 (21)——6. 光学性質 (23)	
第三章 电抛光的设备与材料	23
7. 槽、陰極、夾具 (24)——8. 用电量与电源 (32)——9. 电解液 (35)——10. 工段設備与設計 (44)	
第四章 电抛光工藝.....	45
11. 操作技術 (45)——12. 管道附件、管子、渦輪机葉片的电抛光 (48)——13. 刀具及量具的加工 (52)——14. 金相学中的电抛光 (55)	
第二篇 电成型.....	66
第一章 电成型法的实質	66
1. 电成型过程的主要規律 (66)——2. 应用範圍 (69)	
第二章 设备及材料	70
3. 工段設備 (70)——4. 模型 (72)	
第三章 电成型技術	74
5. 模型表面的加工 (75)——6. 積聚工序 (89)	

1101363

第二部分 电熱加工法

第一篇 不熔化材料的电熱加工99

第一章 加熱方法99

1. 电解液加熱 (101)——2. 接觸加熱 (102)——3. 感应加熱 (105)——4. 电介質加熱 (111)

第二章 黑色金屬的表面強化114

5. 电解液加熱淬火 (115)——6. 接觸加熱淬火 (120)——7. 感应加熱淬火 (124)

第三章 压力加工前金屬的加熱133

8. 在电解液中加熱的金屬压力加工 (134)——9. 用接觸加熱的金屬压力加工 (138)——10. 用感应加熱的金屬压力加工 (143)

第四章 金屬的电气机械精加工155

11. 精車 (155)——12. 整平 (160)

第五章 用高频电流乾燥及粘合材料及零件163

13. 木材的乾燥 (163)——14. 木材的粘合与製膠合板 (165)——15. 型砂的乾燥 (169)

第二篇 熔化金屬的电熱加工174

第一章 黑色及有色金屬及其合金的熔化174

1. 在有鋼心的感应爐中熔化金屬 (175)——2. 在無鋼心感应爐中熔化金屬 (179)——3. 在真空爐中熔化金屬 (186)

第二章 金屬的鑄鍛188

4. 鑄鍛時的加熱方法 (189)——5. 鍛料与熔剂 (190)——6. 結構零件用感应加熱的鑄鍛 (194)——7. 在刀具上鑄鍛硬質合金刀片 (197)

第三部分 金屬的电蝕加工法

第一篇 金屬的陽極机械加工203

第一章 陽極機械加工的實質	208
1. 去除金屬過程的本質 (.09)——2. 加工過程的基本規律 (213)——3. 各種金屬的被加工性 (218)——4. 工具 (219)	
第二章 切刀與銑刀的陽極機械刃磨	220
5. 硬質合金刀具的刃磨工藝 (220)——6. 機床 (232)	
第三章 金屬的陽極機械切割	246
7. 切割工藝 (247)——8. 機床 (254)	
第四章 陽極機械加工法應用範圍的擴展	267
9. 特形槽穴的插削 (267)——10. 精加工 (269)	
第二篇 金屬的电火花加工	271
第一章 加工方法的實質	271
1. 加工過程的物理原理 (271)——2. 應用範圍 (273)	
第二章 电火花加工法的技術特徵	275
3. 加工用量 (277)——4. 电火花加工後的表面質量 (279)——5. 金屬去除的強烈程度 (283)——6. 加工精度 (285)	
第三章 电火花加工的工具及設備	286
7. 工具與媒質 (286)——8. 設備的分類 (292)——9. 設備的電路 元件及自動控制 (294)——10. 幾種標準的機床及器械 (302)	
第四章 电火花加工工藝	318
11. 操作技術 (318)——12. 穿製孔穴 (320)——13. 鋼表面的強 化 (332)——14. 各種电火花加工工序 (339)	
參考文獻	342

电 加 工 工 艺 学

勃彼洛夫、杰姆丘克、И. Я. 保高拉德、
Л. Я. 保高拉德、卡兹纳切依、别里亚也夫、
阿斯基纳泽、扎依采娃、贾特兹科合著

李玉璇、陈 燕 译

机械工业出版社

中国工业出版社

D-109/28

本书全面地综合了已经研究成熟、并且已在工业中之有效的金属电加工工艺的各个方面：电化学加工（电抛光和电成型），电热加工（熔化材料的和不溶化材料的）和电蚀加工（阳极机械加工和电火花加工）。这些方法在国外已广泛地采用，在我国好些工业企业中也已试用成功，它将对提高劳动生产率和改进产品质量起一定的作用。因此翻译出版本书，以便能更好地推广这一先进经验。本书供工程技术人员、设计人员和科学研究人员们参考，也可供高等和中等技术学校的同学们学习。

Л. Я. Попилов, И. С. Демчук, И. Я. Богорад,
Л. Я. Богорад, Б. Я. Казначей, Г. С. Беляев,
Б. М. Аскинази, Л. П. Зайцева, А. П. Дягченко

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ
СУДПРОМГИЗ 1952

* * *

电 加 工 工 艺 学

李玉璇、陈 燕 译

（根据原机械工业出版社纸型重印）

*

机械工业图书编辑部编辑（北京苏州胡同141号）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路西10号）

北京市书刊出版事业许可证出字第140号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168\frac{1}{32}$ ·印张 $10\frac{3}{4}$ ·字数273,000

1956年10月北京第一版

1963年11月北京新一版·1963年11月北京第一次印刷

印数0001—1,363·定价 2.00 元

*

统一书号，15165·2946（一机-614）

目 次

原序.....	5
緒論.....	7

第一部分 电化学加工法

第一篇 金屬的电抛光.....	11
第一章 电抛光法的实質	11
1. 金屬去除过程的本質 (12)——2. 应用範圍 (15)	
第二章 电抛光的技術特性	15
3. 机械性質 (15)——4. 表面微觀幾何 (17)——5. 表面的耐腐蝕性 (21)——6. 光学性質 (23)	
第三章 电抛光的设备与材料	23
7. 槽、陰極、夾具 (24)——8. 用电量与电源 (32)——9. 电解液 (35)——10. 工段設備与設計 (44)	
第四章 电抛光工藝.....	45
11. 操作技術 (45)——12. 管道附件、管子、渦輪机葉片的电抛光 (48)——13. 刀具及量具的加工 (52)——14. 金相学中的电抛光 (55)	
第二篇 电成型.....	66
第一章 电成型法的实質	66
1. 电成型过程的主要規律 (66)——2. 应用範圍 (69)	
第二章 设备及材料	70
3. 工段設備 (70)——4. 模型 (72)	
第三章 电成型技術	74
5. 模型表面的加工 (75)——6. 積聚工序 (89)	

第二部分 电熱加工法

第一篇 不熔化材料的电熱加工99

第一章 加熱方法99

1. 电解液加熱 (101)——2. 接觸加熱 (102)——3. 感应加熱 (105)——4. 电介質加熱 (111)

第二章 黑色金屬的表面強化114

5. 电解液加熱淬火 (115)——6. 接觸加熱淬火 (120)——7. 感应加熱淬火 (124)

第三章 压力加工前金屬的加熱133

8. 在电解液中加熱的金屬压力加工 (134)——9. 用接觸加熱的金屬压力加工 (138)——10. 用感应加熱的金屬压力加工 (143)

第四章 金屬的电气机械精加工155

11. 精車 (155)——12. 整平 (160)

第五章 用高频电流乾燥及粘合材料及零件163

13. 木材的乾燥 (163)——14. 木材的粘合与製膠合板 (165)——15. 型砂的乾燥 (169)

第二篇 熔化金屬的电熱加工174

第一章 黑色及有色金屬及其合金的熔化174

1. 在有鋼心的感应爐中熔化金屬 (175)——2. 在無鋼心感应爐中熔化金屬 (179)——3. 在真空爐中熔化金屬 (186)

第二章 金屬的鑄鍛188

4. 鑄鍛時的加熱方法 (189)——5. 鍛料与熔剂 (190)——6. 結構零件用感应加熱的鑄鍛 (194)——7. 在刀具上鑄鍛硬質合金刀片 (197)

第三部分 金屬的电蝕加工法

第一篇 金屬的陽極机械加工203

第一章 陽極機械加工的實質	208
1. 去除金屬過程的本質 (.09)——2. 加工過程的基本規律 (213)——3. 各種金屬的被加工性 (218)——4. 工具 (219)	
第二章 切刀與銑刀的陽極機械刃磨	220
5. 硬質合金刀具的刃磨工藝 (220)——6. 機床 (232)	
第三章 金屬的陽極機械切割	246
7. 切割工藝 (247)——8. 機床 (254)	
第四章 陽極機械加工法應用範圍的擴展	267
9. 特形槽穴的插削 (267)——10. 精加工 (269)	
第二篇 金屬的电火花加工	271
第一章 加工方法的實質	271
1. 加工過程的物理原理 (271)——2. 應用範圍 (273)	
第二章 电火花加工法的技術特徵	275
3. 加工用量 (277)——4. 电火花加工後的表面質量 (279)——5. 金屬去除的強烈程度 (283)——6. 加工精度 (285)	
第三章 电火花加工的工具及設備	286
7. 工具與媒質 (286)——8. 設備的分類 (292)——9. 設備的電路 元件及自動控制 (294)——10. 幾種標準的機床及器械 (302)	
第四章 电火花加工工藝	318
11. 操作技術 (318)——12. 穿製孔穴 (320)——13. 鋼表面的強 化 (332)——14. 各種电火花加工工序 (333)	
參考文獻	342

原 序

提高勞動生產率及改善產品質量，改進產品的結構，繁重操作過程的機械化，縮短生產週期——這些都是工業中技術改進的最重要的問題。

對於解決這些問題來講，新的工藝方法，特別是在蘇聯所建立的、以廣泛直接應用電能為基礎的電加工工藝，有着重要的意義。近年來，由於許多巨大水電站的建立，電能的生產增加了許多倍。因而，就給電加工工藝的發展創造了更有利的條件。

當然，工程技術人員及科學工作幹部們，對電加工工藝問題付予了足夠的注意。但是，在討論電加工方法的豐富的書籍中，直到現在還沒有一本綜合所有種類的应用方法的書籍。

這就使電加工工藝在工業上的推廣遇到一定的困難，而這也就是編寫本書的理由。本書包括的材料反映了工業界及科學研究機關從事研究與推廣電加工工藝的經驗。

書中着重闡明電加工的一些主要方法的工藝問題與物理本質問題，至於有關電加工機床與裝置的設計問題，由於它們總是在不斷地改進，因此只用少量篇幅敘述。

書中第一部分討論利用電化學現象的加工方法；第二部分討論利用電流的熱效应的電熱加工法；第三部分敘述根據電的侵蝕現象利用放電破壞金屬的電蝕加工法。

本書不敘述某些久已熟知並且廣泛發表了的電加工方法，例如，金屬的電鍍和電沉積；也不敘述某些研究很少和幾乎在工業上沒有应用的方法，例如，電氣滲碳，電氣合金法，電氣着色。

還必須指出，由於缺乏關於電加工的公認的術語，所以書中保留了很多常用的名詞。例如，用電拋光代替電磨光，用穿孔代替開孔及挖穴，用粗加工與研磨代替初加工與終加工。

這本書是關於電加工工藝基本知識的綜合敘述的初次嘗試，缺點自然在所難免，編者以感謝的心情歡迎批評和指正。

[蒸汽机把熱能轉变成机械運動，但是电的利用給我們開闢了一條道路，那就是把所有種類的能量——熱能，机械運動，电，磁，光——从一种形式轉变成另一种形式或者还原，並且把它們应用到工業中去……

……十分明顯，由於这个緣故生產力已如此地增長，致使它們的管理越來越不是資產階級力量之所及。]

弗·恩格斯

緒 論

电加工方法的產生与發展，光輝地說明了每一种社会結構都是与它自己的生產力發展水平相適應的這一著名的馬克思主義法則。

電能的巨大能力——電的万能性，發電和輸電的簡單性，便於集中為大的或分散成為小的能量，能够變成任意其它形式的能量——在技術上已經熟知100年以上，但在財產私有制的資本主義社会条件下則不能利用到应有的程度。

潛藏於電的性質中的所有的能力要想完全發揮，只有在生產力已經從資本主義的人為的桎梏中解放出來了的社会才能實現。

蘇聯國民經濟所生產与使用的電能是巨大的。看一下明天的光輝远景，那時幾十億仟瓦·小時的電能，沿着高壓輸電綫路，通向廣大的國土的所有角落。

在社会主义國家裏，生產關係完全適合於生產力的特徵，這就能够把整個國民經濟導入統一的計劃之內，也就能够推動与解決那些在資本主義社会条件中連提都提不出來的科學技術問題。

电加工工藝就是開闢这个可能性的生動的例証。在這領域內，蘇維埃技術界把電能的間接利用（即把電能變成熱能或机械能之後

再予利用)轉變成電能的直接利用,這種轉變比從前業已熟知的工藝過程更加適合於電的本質。

電加工工藝的產生與發展是利用電的新型方法的綜合,是蘇維埃科學與技術的巨大成就。這只有在近代的條件下才有可能實現。然而,為了創造必需的基礎和前提,千百的學者們、工程師們、研究工作者們、發明家們和工人們曾經進行了兩個世紀的工作。

蘇維埃人民深深地尊敬羅蒙諾索夫(М. В. Ломоносов)——首先從事電的性質的研究並且提出了電學的理論基礎的學者;彼得羅夫(В. В. Петров)——發現電弧並指出利用它的可能性;雅柯貝(Б. С. Якобь)——電成型(電鑄)及電動機的發明者;楞茨(Э. Х. Ленц)——奠定了利用電熱過程的基礎;契柯列夫(В. Н. Чиколев)——許多有關實際利用電的方法的創作者;別納爾道斯(Н. Н. Бенардос)及斯拉汶諾夫(Н. Г. Славянов)——金屬的電銲、熔煉及切割的創造者;涅羅格金(В. П. Вологдин)——在工業中利用高頻電流的創始者。

在蘇維埃年代裏,為發展電加工工藝準備基礎的工作有着特別廣大的規模。

伊格納節夫(А. М. Игнатьев)應用電能加工金屬的工作是眾所週知的;蓋維林格(Н. В. Гевелинг)關於接觸電熱加工法的研究結果已在工業上應用;杜里切夫斯基(Д. А. Дульчевский)所創議的用震動石墨電極進行電氣強化的方法已經得到專利。

由涅羅格金所創造並且由巴巴特(Г. И. Бабат)和羅金斯基(М. Г. Лозинский)所發展的高頻電流在工業上應用的技術,已被廣泛採用。在工業上到處應用着由古雪夫(В. Н. Гусев)(陽極機械加工)、Б. Р. 拉札連科和 Н. И. 拉札連科(Лазаренко)(電火花加工)所發明的金屬的電加工方法。在電解液中加熱的方法有着相當的應用;電接觸磨削法和幾十種其他新型的電加工工藝也是常見的了。

毫無疑問，我們还是处在这个很有前途的技術的起始階段，這項技術的發展規模在不久的將來必然会得到不可限量的成長。

現有的技術提供了利用電能的廣闊的可能性。但到現在為止，在工業上还不是全部都能有效地實現。

研究得最透徹及工業上掌握得較好的電加工工藝方法，列於表1內。

電加工工藝與現有技術上採用的加工方法截然不同。由於它的利用，使工業上的能量、燃料、貴重及稀少材料的消耗顯著降低。

應用電加工工藝，可使繁重的手工操作改為機械化，提高生產技術水平並簡化生產組織，增加高質量的產品。

電加工工藝的推廣為導向流水生產創造了條件，改善了勞動條件，有助於創立更合乎工藝要求的設計，並且把新的設計材料引到技術規程中來。

電加工工藝對於解決某些複雜的技術問題顯得很是有利，它能促進快速加工法的推行，並且成為工業中技術改進的重要因素。

利用電的新的性質還只是剛剛開始。

無疑地，在這條道路上繼續前進必將獲得新的成就。

表 1 电加工方法的分类

加工方法 的名称	加工时的主要作用													
	电 化 学 法						电 热 法						机械法	
							脈衝电流		穩 定 电 流					
表面 层的 成分 改变	成分 不改 变	金屬 溶解 於溶 液中	形成 易溶 的膜	形成 牢固 的薄 膜	从溶 液中 析出 金屬	短 於 100 忽/秒 的衝	長 於 100 忽/秒 的衝	局 部 熔 化	全 部 熔 化	局 部 不 熔 化	全 部 不 熔 化	動 力 学 的	靜 力 学 的	
陽極-机械精加工法(拋光、磨削、研磨)			+									0		
陽極-机械粗加工法(切断、粗加工、銑削)			0				+					0		
高頻熱处理 (淬火、退火、回火)										0	+			
高頻及低頻熔煉								0	+				0	
接觸加熱及鐵鋅								0		+			0	
接觸及电容鋸接							+	0						
接觸切断及刃磨								+				0		
电解液中加熱		+						0	0	0	0			
电气合金法、电气渗碳法、陰極法去除氧化皮	+										0			
电气机械切削及整平										+		0		
电火花穿孔、切割、刃磨、刻寫						+								
电火花強化及積聚	0						+					0		
电气鑽孔及电气插削			0	+										
电浸蝕			+											
电沉積及电成型					+									
电气氧化处理及电着色	0				+									
电拋光			+	+										
化学-机械加工 (磨削、研磨)		0	+									0		

代号: (+)——主要作用; (0)——次要作用。

代号: (+)——主要作用; (0)——次要作用。

第一部分 电化学加工法

当电流通过电极及电解液时，在电极表面及电解液中发生化学作用，以利用这种化学作用为基础的金属加工方法称为电化学加工法。电化学加工法中最常用的有：电抛光、电沉积、电成型、电浸蚀及电磨削。

第一篇 金属的电抛光

金属的电抛光——整平金属粗糙表面的不平度的电化学加工法——是在俄罗斯发明的。电抛光的特点是工艺简单及能被广泛应用。电抛光近年来在工业上被广泛地用作金属零件的修饰加工，改善其微观几何，提高其耐腐蚀性，并被用以使零件获得各种特殊性质。

电抛光工艺尚未完全确立，它的理论问题尚未全部澄清，但现有经验已经使我们目前就有可能在工业上广泛地应用电抛光法。

第一章 电抛光法的实质

目前关于电抛光过程的实质有很多不同的观点，但是其中没有一个观点是完整详尽的，因为电抛光过程是由很多各种各样的因素所决定的。