

高等学校試用教科书



金属工艺学

JINSHU GONGYIXUE

下 册

天津大学金属工艺学教研室編

人 民 教 育 出 版 社

356 77/49C
高等学校試用教科書



金 屬 工 艺 学

JINSHU GONGYIXUE

下 册

天津大学金属工艺学教研室編



人民教育出版社

09762

高等工业学校机械类专业用“金属工艺学”教材系于1981年3月間，由西安交通大学、哈尔滨工业大学、北京工业学院、清华大学、天津大学、上海交通大学、北京航空学院、华中工学院、西北工业大学等校金属工艺学教研组的有关教师，参考了各校讲义，进行了适当增删选编而成。

全书共六篇，分上、中、下三册出版。上册包括第一、二、三篇，内容为冶炼、金属性质及铸造；中册包括第四、五篇，内容为压力加工及焊接；下册为第六篇，内容为金属切削加工。

本书为下册，内容包括：概述；毛坯 钳工加工；金属切削加工的基础知识；各种机床及其工作；各种加工；特种工艺；各种表面加工及零件机械加工工艺过程 装配工艺等。

下册内容选用了天津大学金属工艺学教研室所编“金属工艺学”中金属切削加工部分（这部分曾由人民教育出版社1961年4月出版）。为了及时出书，只对原书作了少量增删；基本上系利用原纸型重印，因此在开本上和上、中册不统一，页码和图号也不衔接，希读者使用时注意。

本书可作为高等工业学校机械类专业“金属工艺学”课程的试用教科书，也可供其他专业师生及有关工程技术人员参考。

金 属 工 艺 学

下 册

天津大学金属工艺学教研室编

人民教育出版社出版

高等工业学校用书 机械类
北京宣武门内大街25号

北京市书刊出版业营业登记证出字第20号

京 华 印 书 局 印 装
新华书店科技发行所发行
各地新华书店经售

统一书号 15010·1181 开本 850×1168 1/32 印张 11 1/2 插页 1

字数 257,000 印数 60001—20,000 定价 (7) 1.30

1981年8月第1版 1981年8月北京第1次印刷

目 录

第六篇 金属切削加工

概述	1008
第一章 毛坯	1005
§ 1. 毛坯的种类及其选择	1006
§ 2. 加工余量	1007
§ 3. 切削加工前毛坯的准备工作及条料毛坯的预加工	1009
第二章 钳工加工	1018
§ 4. 钳工各主要工作及其机械化	1018
第三章 金属切削加工的基础知识	1022
§ 5. 零件精度和表面光洁度的概念	1023
§ 6. 切削加工的运动分析及切削要素	1029
§ 7. 刀具的几何形状及刀具材料	1034
§ 8. 金属切削加工过程	1043
§ 9. 生产率及提高生产率的途径, 切削用量的选择	1052
§ 10. 机床夹具概念	1076
第四章 车床及其工作	1078
§ 11. 车床	1078
§ 12. 车床能完成的工作及所用刀具和附件	1104
§ 13. 车床类机床及普通车床的自动化	1144
第五章 钻床、镗床及其工作	1162
§ 14. 钻床及钻削过程	1163
§ 15. 钻床	1176
§ 16. 钻床的附件和夹具	1178
§ 17. 钻床上完成的工作	1181
§ 18. 镗床及其工作	1187
第六章 刨床、插床及其工作, 拉削加工概念	1195
§ 19. 刨刀与插刀, 及其切削过程	1196
§ 20. 刨削类机床	1209

§ 21. 在刨床上完成的工作	1210
§ 22. 拉削加工概念	1215
第七章 铣削加工	1223
§ 23. 铣刀的结构及其刀齿的几何形状	1224
§ 24. 铣削过程	1229
§ 25. 铣床	1237
§ 26. 铣床所能完成的工作	1246
第八章 齿轮加工	1270
§ 27. 圆柱齿轮的加工方法	1271
§ 28. 圆锥齿轮的加工方法	1281
§ 29. 齿轮精加工的概念	1284
第九章 磨削加工	1286
§ 30. 砂輪	1288
§ 31. 磨削过程	1293
§ 32. 磨床及其所完成的工作	1303
§ 33. 精密加工	1316
第十章 特种工艺	1321
§ 34. 金属的电加工	1321
§ 35. 超声波机械加工	1325
§ 36. 用冷压塑性变形法改善零件表面质量	1326
第十一章 各种表面加工及零件机械加工工艺过程	1328
§ 37. 各种表面的加工	1328
§ 38. 零件机械加工工艺过程	1338
第十二章 装配工艺	1345
§ 39. 装配工艺过程的概念	1345
§ 40. 典型连接和典型组合件装配举例	1350

在古代,劳动人民很早就发现并且应用到切削了。最古老的切削刀具是石头,它是用手拿着操作的。此后又发展成用柳条或动物筋把石头刀绑在手柄上使用的工具,这样切削加工的发展便向前迈进了一大步。远在公元前 3500~3000 年左右,即发明了用弯轴和石头手轮带动钻头旋转。除掉使切削工具旋转外,还采用了使工件旋转的装置。如古代的车床,就是利用弓弦带动工件旋转,同时用手握住石制刀具来进行加工的。这就不仅有切削工具,而且出现了机床的雏形。

我国本是世界上文化和科学发展较早的国家之一。勤劳勇敢的中华民族,很早就在金属切削加工方面作出了许多贡献。但是由于长期受着封建势力的束缚,以及近百年来帝国主义势力的侵入,特别是国民党反动派的统治,以致一直到解放前,切削加工的技术水平和机械制造工业其他部分一样,是十分落后的。

解放以后,由于党的正确领导和先进的社会制度、以及苏联和其他兄弟国家的大力支援帮助,通过我国工人阶级和全体劳动人民的努力,我国的金属切削机床、工具及切削加工工艺,发生了巨大的变化,获得了高速度的发展。

苏联在伟大的十月革命以后,通过几个五年计划,在机械制造业方面的生产力与技术水平都有很大的发展。目前苏联仍在不断进行技术革新,生产过程日趋全面机械化和自动化。苏联所出产的新型硬质合金和陶瓷材料以及所创造的新型结构刀具,给进一步运用高速切削和强力切削创造了更有利的条件。苏联学者以及工人同志们在解决切削加工所提出的各种问题,以及创造各种新型的加工工艺方面,都作出了巨大的贡献。

金属切削加工是机械制造工艺的重要部分,在各机械制造厂的机械加工车间里,正在制造着各式各样的零件,每种零件又各有其不同的加工过程。但无论如何它们都是在若干机床上(有时

配上一些鉗工)一步一步地加工出來的。雖然機床型號有許多種，但都是由最主要的幾種機床(工種)演變而來。如果懂得了這幾種最主要機床和它們的最基本的加工方法以後，則對於其他各種機床的加工方法便容易理解，進而對零件加工過程也就容易理解。

根據上述，本篇將主要介紹金屬切削過程的基本原理，刀具的基本類型和它們的幾何形狀，最主要的機床(及附件)和基本加工方法；另外並扼要介紹各種表面加工和零件加工過程的知識；最後講一下有關裝配的概念。

通過切削加工部分的学习，使學生能重點掌握各種基本加工方法，初步認識到由於不同加工方法在零件結構上有不同的要求。在掌握了各種基本加工方法的基礎上，培養學生對金屬切削加工的工藝方法具有初步分析比較，綜合運用的知識。進而把零件的設計和工藝性以及合理的工藝方法聯繫起來，給以後機械零件的課程設計、其他的基本技術課及專業課打下必要的基礎。

在講授本篇之前，應組織學生進行以金工教學為主的生产勞動。在不同的工種上適當輪換，並輔以現場教學，使學生具備有關切削加工方面的必要的、巩固的感性知識，然後再在課堂上作系統的講授。

第一章 毛坯

在機械制造中，用來通過切削加工得到成品零件的材料叫做毛坯。為了節省材料和減少切削加工費用，制成的毛胚在形狀和尺寸上應當與成品零件相接近，而且毛坯材料必須符合成品零件

的使用要求。

§ 1. 毛坯的种类及其选择

毛坯的种类 在现代机械制造业中，制造零件所用的毛坯主要有以下几种：

1. 由生铁、钢、有色金属及其合金通过铸造方法做成的铸件。
2. 由钢、一些有色金属及其合金通过自由锻造或模型锻造的方法做成的锻件。
3. 由上述材料或其他塑性材料通过冷冲压的方法做成的冲压件。
4. 由钢、一些有色金属及其合金通过轧造的方法做成的型材。
5. 非金属材料如塑料、橡胶、纤维材料及各种木材等。

复杂形状零件的毛坯，宜用铸造的方法制造。由于铸件制造方法的不同，它们之间的精度也不同。生铁铸件广泛地用于制造机体、机座、床身、变速箱体、皮带轮、飞轮及其他复杂形状的零件。铸钢件用来做在运转条件下承受较大应力及变向载荷的零件，如机车的汽缸、机箱、轧钢机以及内燃机的曲轴等。机器上（特别是仪器上）某些中小型零件，有时用有色金属或其合金来铸造。

锻件和冲压件主要用来制造承受拉伸、弯曲、扭转或其他复杂应力的零件。由于冲压件可以获得较高的精度，所以有时可不再进行切削加工。

如果零件形状和某些型材的形状相近似时，则用型材作为零件的毛坯最合适。这样可减少切去的金属量，甚至对零件某些要求不高的表面可不必进行切削加工，从而省掉大量的加工时间。如果把型材进一步冷拔成与零件尺寸相符合的冷拔料，则可使切削加工更为方便。

由于非金属材料在大多数情况下具有不受浸蚀、比重小以及易于抛光等性能，因此在机械制造业中已经逐渐地用来代替金属零件。

毛坯的选择 切削加工前毛坯的选择，是零件制造过程中的重要问题之一。

选择毛坯时，应当考虑到以下几个方面：

1. 零件的材料及其机械性能在大多数情况下就决定了毛坯的制造方法。例如生铁件只能用铸造方法获得。
2. 零件结构的形状和它的外形尺寸，常会影响采用某种毛坯制造方法的可能性及经济性。例如形状复杂和薄壁的毛坯不能在硬模中铸造。零件愈大，采用模锻或硬模铸造的费用也愈高。
3. 生产批量愈大，采用精密制造毛坯的方法就愈有利。
4. 尽量利用毛坯车间的现有设备，而且也应考虑到采用新型设备的可能性。

正确地选择毛坯，能够在满足零件的使用性能和技术要求的条件下，合理地使用原材料以及减少零件的加工时间，从而降低了产品的成本。

§ 2. 加工余量

在切削加工过程中，为了得到零件的最后形状、尺寸及表面光洁度而要从毛坯上切去的一层金属称为加工余量(或简称余量)。

加工余量在毛坯的各个表面上不一定是均匀分配的。例如铸件，在浇注时处于顶部的表面，缺陷层常比其他表面严重，因此余量应适当地加大。

加工余量有所谓总余量和工序间的余量。需要从毛坯上切去的金属层总厚度称为总余量。工序间的余量是指在某一道工序中所切去的金属层厚度。

余量的大小对切削加工过程的经济性有很大意义。如果规定很大的余量,不但会降低切削加工的生产率和增加切削能量的消耗,而且还意味着金属材料的浪费。因此应当把余量尽量规定的小一些,但如余量太小以致不够加工时,反而会造成废品。

影响余量的因素很多如:

1. 毛坯材料;
2. 制造毛坯的方法;
3. 毛坯的尺寸;

表 137. 灰生铁铸件的加工余量

(按苏联国家标准 ГОСТ 1855-45)

铸件的最大尺寸 (毫米)	余 量 类 别					
	I		II		III	
	大量生产		成批生产		单件生产	
	最 太 加 工 余 量 (毫米)					
	简单铸件	复杂铸件	简单铸件	复杂铸件	简单铸件	复杂铸件
100 以下	2	3	3	3	3	4
100—200	2	3	3	4	4	5
200—300	2	3	3	5	5	6
300—500	3	4	4	6	6	8
500—800	3	5	5	7	7	9
800—1200	4	6	6	8	8	10
1200—1800	5	7	7	9	9	11
1800—2600	6	8	8	10	10	12
2600—3600	—	—	9	11	11	14
3600—5400	—	—	10	12	12	16
5400 以上	—	—	12	14	14	18

注 1. 铸件的下表面和侧表面(按浇注位置确定)的余量相同;

2. 第 I 和第 II 两类铸件顶面的余量应取次一类(第 II 和第 III 两类)的余量;

3. 第 III 类铸件顶面的余量应按铸造工艺确定。

4. 零件外形的复杂性;
5. 生产批量的大小;
6. 被加工表面要求的精度及表面光洁度等。

适当地选择加工余量是一个比较复杂的过程。它常根据某机械制造工厂的具体经验并结合切削加工手册来选取近似的数值。按照苏联国家标准规定, 灰生铁铸件的加工余量如表 137 所示。

§ 3. 切削加工前毛坯的准备工作 及条料毛坯的预加工

毛坯的准备工作 具有坚硬组织的、硬的或硬化后的毛坯材料, 以及毛坯表面杂质的存在(特别是非金属杂质的存在如: 铸件表面的烧结浮砂及锻件表面的氧化皮等), 会大大地降低刀具的耐用度以及增加机床能量的消耗, 这给切削加工带来很大的麻烦。

为了要消除毛坯表层在制造时所产生的硬化组织以及残留在毛坯表面的杂质、硬斑及飞刺等, 在切削加工以前, 毛坯需要进行一系列的准备工作。

为了改善毛坯的切削加工性能, 常用热处理(退火、调质或时效处理等)方法来消除或降低毛坯表层的硬化组织以及消除或降低毛坯制造时本身所产生的内应力。

毛坯表面的杂质、硬斑、飞刺及其他不必要的凸出部分, 可分别采用垫子、手锯、软轴砂轮或钢丝刷等工具进行修理和清理。有时也采用滚筒或喷砂的方法清理铸件表面的浮砂。为便于清理, 有时用酸蚀的方法软化模锻件表面的氧化皮。

毛坯的准备工作一般在专门的准备车间里进行。

划线 在毛坯上划出必须要加工到的表面界限叫做划线。通过划线可以: 1) 检查毛坯的尺寸和校对毛坯的几何形状; 2) 适当地分配毛坯的加工余量; 3) 作为毛坯安装时找正的依据; 4) 确定

工件的加工界限。

划綫是在涂有顏料(白垩水)的毛坯上划出綫条并在綫条上間断地打出冲眼作記。根据加工的复杂情形有时要进行几次划綫。如果需要在已加工表面上划綫,可事先在表面上涂以硫酸銅溶液。毛坯上有孔的地方在划綫前要塞以木块或鉛块,以便确定划綫的中心。

划綫要从选择基面开始。基面(在个别情况下是綫或点)是用以确定其他要加工表面位置的面。基面的选择基本上依加工过程为轉移。应该采用可以作为一切(尽可能)工序基准的面作为基面,这样可以减小由于定位而产生的誤差。

在平面上或两度空間(长和寬)里的划綫称为平面划綫;在三度空間(长、寬、高)里的划綫称为立体划綫。

平面划綫与平面作图的方法类似。它是用适当的工具(划針及兩脚規等)并輔以直尺及矩尺等在毛坯的表面上划出几何图形及綫条。划綫一般应从軸綫开始,然后再划其余的綫。

立体划綫是把毛坯放在划綫平板上,使基面(或軸綫)大致地处于水平位置并用划綫盘上的划針在基面上找几个点来檢查。为了校正及安置毛坯的位置,采用角鉄、垫鉄、楔块及千斤頂等工具。然后把划綫盘上的針尖依高度規上的刻度安置到所需要的每一尺寸,按次在毛坯上划出全部水平綫来。进而用角尺(矩尺)或借划綫箱逐次划出全部垂直綫来。

划綫工序的生产率很低,而且也不能保証高的精度。因此它仅适用于单件或小批生产,在加工巨大而笨重的毛坯时也被采用;目前在大量或大批生产中,划綫已被特制的夹具所代替。

条料毛坯的預加工 为了加快和減輕切削加工过程,对毛坯要进行某些与零件最后形状无关的初步加工。

条料毛坯的預加工一般包括調直、切断或截料、钻中心孔及預

先粗切等步驟。

1) 調直 条料毛坯預先經過冷的或热的調直手續是为了使毛坯在加工时能够均匀地切下規定的余量，并可給机床上的送料和夹紧等工作創造有利的条件。

調直可用手工方法在平板或虎鉗上进行，也可在校直机上进行。在校直机上調直热轧条料能达到每米长度为 0.5—1 毫米的准确度。

在切削加工过程中，由于金屬內应力的重新分布，往往使已經調直过的毛坯又发生弯曲，因此条料毛坯的調直工作不仅在加工前是需要的，而且在加工过程中也同样需要。

2) 切断或截料 按照零件的尺寸把长的条料截断或把它截成 1.5—2 米的长度。这样可大大減輕并改善切削加工車間的劳动組織。

切断工作一般是用手鋸、机器鋸或在专用的截料机床上完成的。对于硬的材料(如淬火鋼)可采用截料砂輪。

3) 钻中心孔 在軸类零件毛坯的两端钻出由圓柱及圓錐部分所組成的中心孔来，以便于把毛坯裝卡在机床頂尖間加工。中心孔的形状如图 752 所示。

中心孔的軸綫应与毛坯的軸綫重合，而且圓錐部分应光滑整潔，并应具有准确的圓錐角。

內部的圓柱形孔保證了机床頂尖和中心孔錐面間的緊密接触，此外还可容納潤滑油。

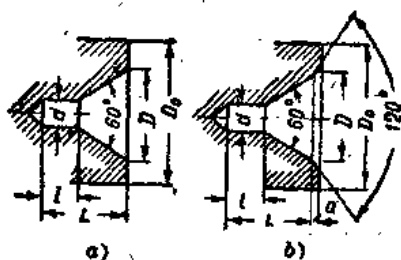


图 752. 中心孔:

a — 有一个錐面的中心孔;

b — 有双錐面的中心孔。

双重锥面的中心孔(图 752, b)有两个锥面。外部的第二锥面(锥角 $=120^\circ$)叫做保护锥面,用来保护内部锥面的准确度,而且便于加工端面。保护锥面主要用于需要在顶尖间进行多次加工的零件。

根据毛坯直径的不同,中心孔的各部分尺寸如表 138 所示:

表 138. 中心孔的各部尺寸

组别	毛坯直径(毫米)	中心孔的各部分尺寸 (毫米)					毛坯端部的最小直径(D_0)
		D	d	L	l	α	
1	大于 5 到 8...	2.5	1.0	2.5	1.2	0.1	4.0
2	大于 8 到 12...	4.0	1.5	4.0	1.8	0.6	6.5
3	大于 12 到 20...	5.0	2.0	5.0	2.4	0.8	8.0
4	大于 20 到 30...	6.0	2.5	6.0	3.0	0.8	10.0
5	大于 30 到 50...	7.5	3.0	7.5	3.6	1.0	12.0
6	大于 50 到 80...	10	4.0	10	4.8	1.2	15.0
7	大于 80 到 120...	12.5	5.0	12.5	6.0	1.5	20.0

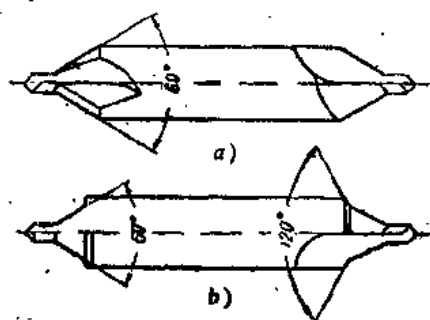


图 753. 中心鑽:

- a—用于普通的中心孔;
b—用于双锥面的中心孔。

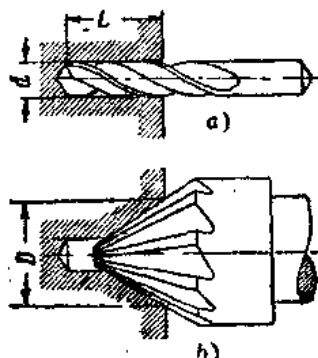


图 754. 用麻花鑽头及錐坑划鑽
依次鑽出中心孔:

- a—用麻花钻钻圆柱孔;
b—用划钻修锥面。

中心孔的加工过程一般是先用单脚划規在条料端面上找出中心来。然后在端面中心处冲出孔痕作記。按照作出的标記在钻

床、車床或專用機床上用特制的中心鑽頭(圖 753, a 或 b) 進行加工。對於重大的毛坯, 中心孔可依次用麻花鑽(圖 754, a) 及錐坑划鑽(圖 754, b) 敲出。

4) 預先粗切 在大量及成批生產中, 預先粗切可以使毛坯達到需要的圓度和光滑的表面, 以方便於用機床的彈簧卡頭夾緊。

第二章 鉗工加工

鉗工一般是指工人手持工具對金屬進行加工的方法。

由於鉗工是一種勞動強度大、生產率低、製造成本高的手工勞動, 因此目前在機器零件的生產上, 鉗工已逐漸地被各種機械加工(如: 車工、銑工、鉋工等) 所代替。

但是, 具體到機器裝配和修配上, 以及某些工具和精密零件的製造上, 鉗工却都能根據要求, 巧妙地進行“選擇切削”, 準確地進行調節和修復, 從而得出十分滿意的結果。

在一些較大規模的工廠中, 鉗工又細分為若干專業性的工種, 如: 工具鉗工、修理鉗工、裝配鉗工、調整鉗工以及工廠其他設備的修理鉗工等。近幾年來由於在黨的領導下開展了全民性的技術革命, 因此在鉗工中也廣泛地採用了機械化工具、夾具及機器設備, 使鉗工這一工種無例外地走向了機械化。

鉗工一般包括下列一些基本工作: 划綫、鑿切、錘削、刮削、研磨、彎曲、切割、鉚接、鉗孔、切制螺紋、錫焊及鍍錫等, 其中有些工作(如: 鑿切、彎曲和鉚接) 也可以在金屬的熱態下進行加工。

§ 4. 鉗工各主要工作及其機械化

鑿切 用手錘敲擊鑿子從毛坯上切下一層相當厚的金屬的過

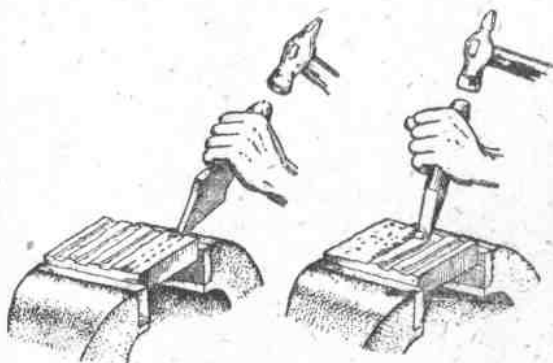


图 755. 鑿切平面。

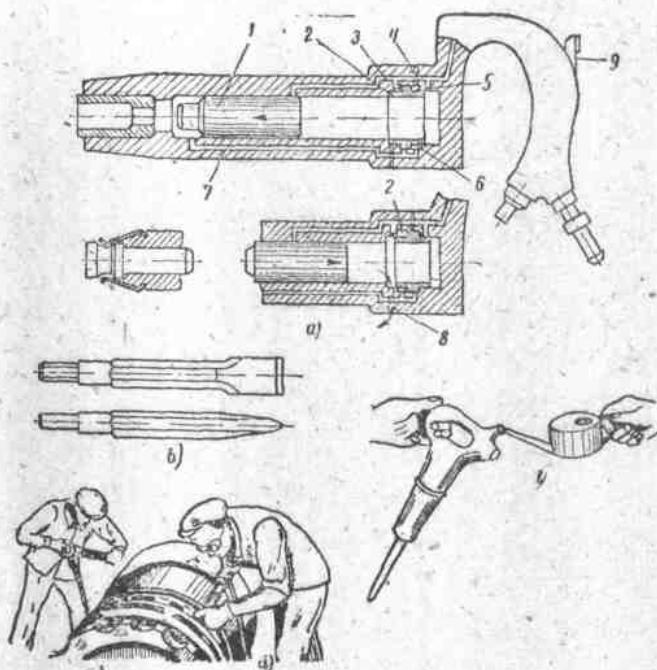


图 756. 机械化鑿切:

a—风鏟的构造; 1—彈子; 2—活閥; 3, 4, 6, 7, 8—氣路; 9—氣門; b—鑿子; c—用风鏟的鑿切操作; d—风鏟的調滑。

程称为整切(图 755)。

在现代工厂中,只有因某种原因不能或不宜在机床上加工的工件才用整切的方法。它可用作毛坯的切断(一般是金属的薄板),加工沟槽、切去不可拆连接件上的铆钉或其他零件以及对锻压毛坯的清理工作。

手工整切是一种繁重而生产率又低的劳动,改用气整及电整可以大大减轻整切的劳动强度。图 756 为机械化整切。

切割是将工件分割成几个部分的工作。切割可以用锯或剪刀来完成。

小剖面棒料及板料的切割一般可用手锯(图 757)来完成。

为减轻体力劳动、提高劳动生产率,对厚度在 1.5—2 毫米以下的金属板料可用手工电剪(图 758)来进行剪切,工作时电剪的上下刀刃作快速的往复运动。

在切断较厚的金属板、切割冲模模孔及其他零件时,可在专用

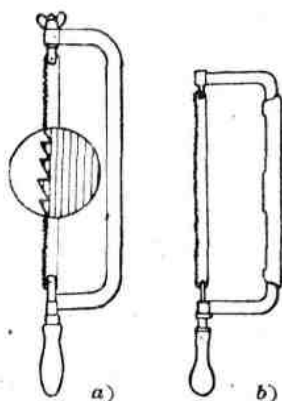


图 757 手锯:

a—固定框架手锯; b—活动框架手锯。

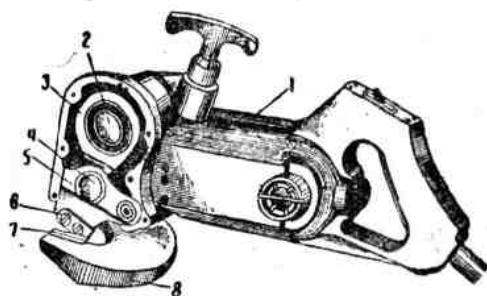


图 758. 手工电剪:

1—壳体; 2—由蜗轮副所带动的偏心轮; 3—套在偏心轴上的联杆; 4—连接联杆与杠杆 5 的关节; 6—装在杠杆上的刀刃; 7—装在弓形夹上的下刀刃。