

中等專業學校教學用書

# 航空發動機 零件機械加工施工學

中 冊

Ф. Т. БЛИНОВ, В. П. ФИРАГО 著  
北 京 航 空 學 院 譯

商 務 印 書 館

中等專業學校教學用書



# 航空發動機 零件機械加工施工學

中 冊

Φ. T. 勃里諾夫, B. II. 費拉柯著  
北 京 航 空 學 院 譯

(修 訂 本)

商 務 印 書 館

本書係根據蘇聯國立國防工業出版社 (Государственное издательство оборонной промышленности) 出版的勃里諾夫 (Ф. Т. Блиннов) 和費拉柯 (В. П. Фираго) 合著“航空發動機零件機械加工施工學” (Технология механической обработки деталей авиационных двигателей) 1951 年版譯出。原書經蘇聯航空工業部審定為發動機製造中等技術學校教科書。

本書論述機械加工施工過程的設計原理、零件各種表面的加工方法與航空發動機零件機械加工施工過程。

參加本書 (中冊) 翻譯的為北京航空學院陳啓民、李哲浩、過鼎城, 並由周士炎校訂。

## 航空發動機零件機械加工施工學

中 冊

北京航空學院譯

---

★版權所有★

商 務 印 書 館 出 版

上海河南中路二一一號

(上海市書刊出版業營業許可證出字第〇二五號)

新 華 書 店 總 經 售

商 務 印 書 館 印 刷 廠 印 刷

上海天通菴路一九〇號

(62311B)

---

1953年12月初版 1954年8月再版(翻印)

1955年2月3版(6月第5次印)10,501—12,000

版面字數190,000 印張7<sup>9</sup>/<sub>16</sub> 定價¥0.97

# 目 錄

## 第二部分 各種表面的加工方法 .....127

### 第八章 外圓柱面的加工(軸的加工) .....127

|                      |     |
|----------------------|-----|
| § 28 概述 .....        | 127 |
| § 29 軸加工的準備工序 .....  | 132 |
| § 30 在車床上車外圓 .....   | 140 |
| § 31 在多刀車床上車外圓 ..... | 148 |
| § 32 銑、鏤、鉋 .....     | 155 |
| § 33 輪磨 .....        | 158 |
| § 34 精車 .....        | 166 |
| § 35 研磨 .....        | 168 |
| § 36 拋磨 .....        | 171 |
| § 37 超級光磨 .....      | 172 |

### 第九章 孔的加工 .....175

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| § 38 概述 .....           | 175 |
| § 39 鑽床上的加工 .....       | 179 |
| 鑽 .....                 | 179 |
| 鏤 .....                 | 181 |
| 鉋 .....                 | 185 |
| 孔加工時的其他分工序與工序 .....     | 189 |
| § 40 鑽深孔法 .....         | 190 |
| § 41 鐓孔 .....           | 196 |
| 在車床上鐓孔 .....            | 196 |
| 在鐓床上鐓孔 .....            | 197 |
| § 42 鉋孔 .....           | 202 |
| § 43 孔的輪磨 .....         | 204 |
| § 44 精鐓 .....           | 208 |
| § 45 孔的砥磨 .....         | 210 |
| § 46 孔的研磨、拋磨與超級光磨 ..... | 213 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 第十章 在轉塔車床、立式車床、自動機床與立式半自動機床上的加工 .....  | 214 |
| § 47 在轉塔車床上的加工 .....                   | 214 |
| § 48 在立式車床上的加工 .....                   | 225 |
| § 49 在自動機床上的加工 .....                   | 228 |
| § 50 在立式半自動機床上的加工 .....                | 235 |
| 第十一章 平面的加工 .....                       | 239 |
| § 51 概述 .....                          | 239 |
| § 52 車平面 .....                         | 244 |
| § 53 鉋平面與銑平面 .....                     | 246 |
| § 54 銑削工序生產率的提高 .....                  | 250 |
| § 55 鉋平面 .....                         | 256 |
| § 56 平面的輪磨與研磨 .....                    | 259 |
| § 57 溝槽與鍵槽的加工 .....                    | 262 |
| 第十二章 型面的加工 .....                       | 266 |
| § 58 概述 .....                          | 266 |
| § 59 錐面的加工 .....                       | 268 |
| § 60 複雜旋轉型面的加工 .....                   | 272 |
| § 61 直線型面的加工 .....                     | 279 |
| § 62 立體型面的加工 .....                     | 288 |
| 第十三章 切螺紋 .....                         | 291 |
| § 63 概述 .....                          | 291 |
| § 64 用車刀與梳絲刀切削螺紋 .....                 | 293 |
| § 65 用絲錐、絲鈹和切絲刀頭切削螺紋 .....             | 295 |
| § 66 螺紋的滾壓 .....                       | 303 |
| § 67 銑螺紋 .....                         | 306 |
| § 68 磨螺紋 .....                         | 307 |
| § 69 車錐體螺絲、方牙螺絲、馬牙螺絲、承力(鋸齒)螺絲與螺桿 ..... | 309 |
| 第十四章 齒輪齒的加工 .....                      | 313 |
| § 70 概述 .....                          | 313 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| § 71 用模數銼刀加工正齒輪齒 ..... | 315 |
| § 72 用蝸桿銼刀加工正齒輪齒 ..... | 318 |
| § 73 正齒輪齒的插削 .....     | 323 |
| 用圓形插刀插削 .....          | 323 |
| 用梳形插刀插削 .....          | 328 |
| § 74 正齒輪齒的光加工的方法 ..... | 329 |
| 修刮法 .....              | 329 |
| 輪磨法 .....              | 333 |
| 研磨法 .....              | 334 |
| 滾壓法 .....              | 336 |
| § 75 傘齒輪齒的切削 .....     | 337 |
| 直線齒的切削 .....           | 337 |
| 曲線齒的切削 .....           | 343 |
| 第十五章 花鍵槽的加工 .....      | 345 |
| § 76 概述 .....          | 345 |
| § 77 花鍵軸的加工 .....      | 346 |
| § 78 花鍵孔的加工 .....      | 349 |
| 第十六章 特種加工法與工序 .....    | 351 |
| § 79 電加工 .....         | 351 |
| 電力(電花)加工法 .....        | 351 |
| 陽極機械加工法 .....          | 352 |
| 電力拋磨法 .....            | 353 |
| § 80 噴粒加工法、液磨加工法 ..... | 353 |
| 噴粒加工法 .....            | 353 |
| 液磨加工法 .....            | 354 |
| § 81 檢驗—機械 工序 .....    | 355 |
| 平衡 .....               | 355 |
| 重量校整 .....             | 358 |

## 第二部分 各種表面的加工方法

### 第八章 外圓柱面的加工(軸的加工)

#### § 28 概述

在機器製造中所遇到的零件形狀的種類是非常多的,而並且有的時候是很複雜的。但所有這樣多的零件的外形都可以用樣數不多的各種簡單表面組合而成。

在構成零件的形狀時所最廣泛採用的簡單表面有:平面、圓柱面和少數複雜表面——螺旋面(螺紋)漸開線形曲面(齒輪齒牙),錐面。施工程師所最常遇到的是外圓表面的加工工作。

外形主要是外圓表面的工件是我們最常遇到的,如果它的長度比直徑大的多,這種工件就叫做軸。

圓柱體表面加工的技術條件在加工準確度方面一般包括下列各項要求。

#### 1. 表面的準確度方面有:

- (a)直徑尺寸與長度尺寸的準確度(後者是有條件的)①;
- (b)表面光滑度;
- (B)幾何形狀的容許偏差量(橢圓度,桶形度等)。

#### 2. 在表面位置的準確度方面有:

---

① 其所以有條件,因為圓柱面的長度決定於其端平面,而端平面相距距離的準確度能具有獨立的性質而不管這一情況,圓柱面的長度取決於這距離的大小。

(a)與其他圓柱表面間的容許不同軸度(軸心線的容許位移,此位移一般是用“跳動量”的數值來評定);

(6)容許與規定的平面間的不垂直度或其他有關於表面的軸心線的位置(指容許歪斜度)的技術條件。

圓柱表面按照尺寸的公差和加工的光滑度可以分為四類:

(1)特別準確的表面,它的準確度為一級,加工表面光滑度為 $\nabla\nabla\nabla\nabla 9$ — $\nabla\nabla\nabla\nabla 10$ ;

(2)準確的表面,它的準確度為二級,光滑度為 $\nabla\nabla\nabla\nabla 7$ — $\nabla\nabla\nabla\nabla 9$ ;

(3)中等準確的表面,它的準確度為三級或四級,光滑度 $\nabla\nabla 4$ — $\nabla\nabla 6$ ;

(4)準確度較低的表面,它的準確度為五級及五級以下,光滑度為 $\nabla 1$ — $\nabla 3$ 。

應當指出,在每一類範圍中表面光滑度的要求常常可能比上面所列的更高。例如,當直徑準確度為二級時,表面光滑度可以是 $\nabla\nabla\nabla\nabla 10$ 或準確度為三級時,光滑度為 $\nabla\nabla\nabla 7$ 等。

零件的圓柱表面,一般用車削類機床:通用車床、六角車床、立式車床、自動車床和半自動車床來進行外圓加工,並在磨床上進行磨圓工作,其他的加工方法有精車、研磨、超級光磨等。

需要加工的工件在機床上按裝的方法有:用兩頂針按裝(圖 48a),用各種構造的自動定心卡盤(圖 48b),一端夾在卡盤內,另一端用後頂頂住(圖 48c),按裝在四爪卡盤上(圖 48d)或按裝在心軸上(圖 48e)或其他特種夾具中。

圓柱體表面加工的施工順序(即工序的先後次序與其內容)決定於對直徑準確度和加工表面光滑度的要求,如準確度較低的表面(5級及5級以下,光滑度為 $\nabla 1$ — $\nabla 3$ 者)在粗車後即可獲得,中等準確度的表面(三和四級,光滑度為 $\nabla\nabla 4$ — $\nabla\nabla 6$ 者)要先粗車然後細車,對三級準確度表面的加工光滑度的要求如果還要高的話,那就需要再加

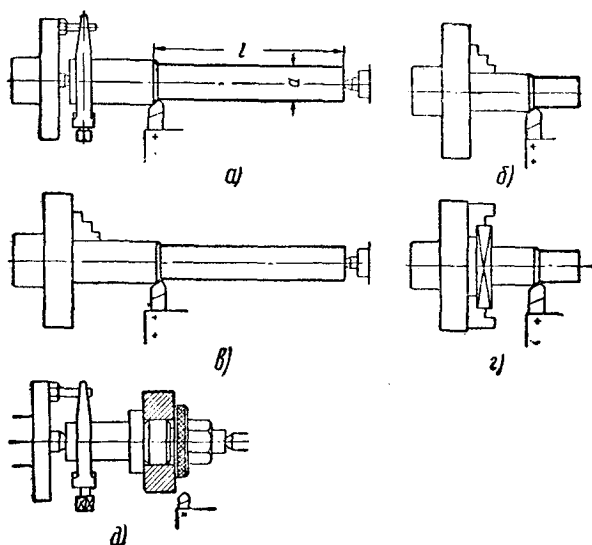


圖 48 工件在作外圓柱面加工時的定位法。

一次輪磨。

準確表面(二級準確度,光滑度為  $\nabla\nabla\nabla 7 - \nabla\nabla\nabla 9$ )在細車後要加準確輪磨:包括初磨與最後磨,在對表面光滑度要求更高的情形下,加工應以拋磨、研磨或超級光磨來結束。

更準確的表面(一級準確度,光滑度為  $\nabla\nabla\nabla 9 - \nabla\nabla\nabla 10$ )用在粗車、細車、初磨以後再加精磨。精磨可以用研磨來代替。光滑度更高的加工可以用拋磨或超級光磨來得到。

在加工有色合金的零件時最好是用精車來代替輪磨。

圖 49 所說明的是外圓表面加工方法的次序,這個次序是按照直徑準確度的要求和所規定的光滑度定出的,圖中所指示出的施工順序係根據正常的加工餘量與公差而定出,第 18 表與第 19 表中所列的是外圓表面的加工餘量與公差的數值,這些數值是在航空製造標準 PTM-588 中所規定的。

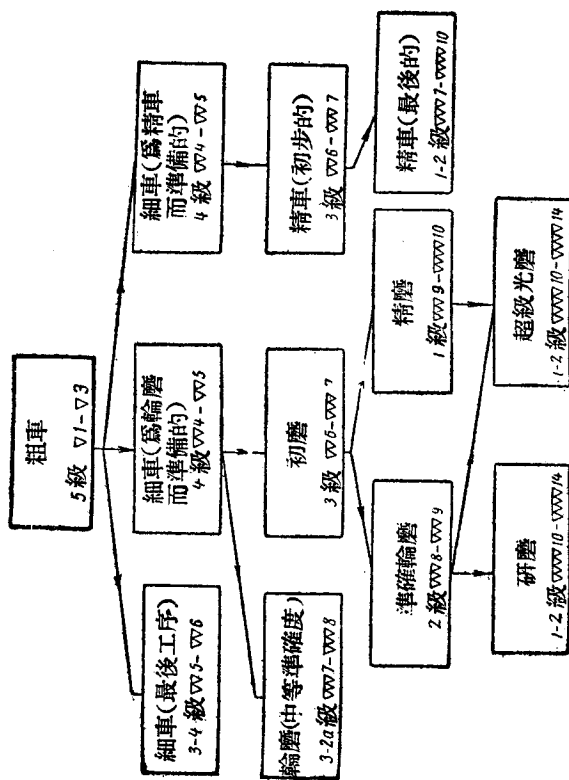


圖 49 各級準確度的外圓表面的取得法。

表十八 車外圓時工序間加工餘量與公差  
(根據 PTM-588)


尺寸 單位: 公厘(MM)

| 直徑尺寸的<br>範圍  | 粗車                |                 | 細 車        |                 |            |                 | 不論長度多少 |                                                        |                                              |
|--------------|-------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|--------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|              | 包括已熱處理的<br>與未熱處理的 |                 | 材料         | 未熱處理的<br>材料     |            | 已熱處理的<br>材料     |        | 糙車<br>外<br>皮<br>時<br>的<br>公<br>差<br>(七<br>級<br>準<br>度) | 粗車<br>時<br>的<br>公<br>差<br>(五<br>級<br>準<br>度) |
|              | 長 度               |                 |            |                 |            |                 |        |                                                        |                                              |
|              | 不超過<br>200        | 大於 200<br>到 400 | 不超過<br>200 | 大於 200<br>到 400 | 不超過<br>200 | 大於 200<br>到 400 |        |                                                        |                                              |
|              | 直徑的加工餘量 $\alpha$  |                 |            |                 |            |                 |        |                                                        |                                              |
| 從 3 到 6      | —                 | —               | 0.5        | —               | 0.8        | —               | -0.30  |                                                        |                                              |
| 大於 6 到 10    | 1.5               | 1.7             | 0.8        | 1 0             | 1 0        | 1.3             | -0.36  | -0.20                                                  |                                              |
| 大於 10 到 18   | 1.5               | 1.7             | 1.0        | 1.3             | 1.3        | 1.5             | -0.43  | -0.24                                                  |                                              |
| 大於 18 到 30   | 2.0               | 2.2             | 1.3        | 1.3             | 1.3        | 1.5             | -0.52  | -0.28                                                  |                                              |
| 大於 30 到 50   | 2.0               | 2.2             | 1.4        | 1.5             | 1.5        | 1.9             | -0.62  | -0.34                                                  |                                              |
| 大於 50 到 80   | 2.3               | 2.5             | 1.5        | 1.8             | 1.8        | 2.0             | -0.74  | -0.40                                                  |                                              |
| 大於 80 到 120  | 2.5               | 2.8             | 1.5        | 1.8             | 1.8        | 2.0             | -0.87  | -0.46                                                  |                                              |
| 大於 120 到 180 | 2.5               | 2.8             | 1.8        | 2.0             | 2.0        | 2.3             | -1.0   | -0.53                                                  |                                              |
| 大於 180 到 260 | 2.8               | 3.0             | 2.0        | 2.3             | 2.3        | 2.5             | -1.15  | -0.60                                                  |                                              |
| 大於 260 到 360 | 3 0               | 3.3             | 2.0        | 2.3             | 2.3        | 2.5             | -1.35  | -0.68                                                  |                                              |

附註: 車製的零件, 如果具有大小不同的直徑就按零件的總長與最大的直徑來定加工餘量。

表十九 磨外圓時的工序間加工餘量與公差  
(根據 PTM-588)



| 直徑尺寸的<br>範圍  | 第 一 類                      | 第 二 類          |      | 第 三 類                |                      | 公 差                                              |                               |
|--------------|----------------------------|----------------|------|----------------------|----------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|
|              | 最後磨已<br>作與未作<br>熱處理的<br>零件 | 輪 磨<br>(在熱處理後) |      | 在熱處<br>理以前<br><br>粗磨 | 在熱處<br>理以後<br><br>細磨 | 爲最後磨<br>與熱處理<br>前粗磨<br>(4級準<br>確度)而<br>準備的細<br>車 | 熱處理後<br>粗磨(3<br>級準<br>確<br>度) |
|              |                            | 粗磨             | 細磨   |                      |                      |                                                  |                               |
|              |                            |                |      | 直 徑 的 加 工 餘 量 $a$    |                      |                                                  |                               |
| 從 3 到 6      | 0.2                        | 0.15           | 0.05 | —                    | —                    |                                                  |                               |
| 大於 6 到 10    | 0.3                        | 0.2            | 0.1  | 0.2                  | 0.3                  | -0.10                                            | -0.030                        |
| 大於 10 到 18   | 0.3                        | 0.2            | 0.1  | 0.2                  | 0.3                  | -0.12                                            | -0.035                        |
| 大於 18 到 30   | 0.3                        | 0.2            | 0.1  | 0.3                  | 0.4                  | -0.14                                            | -0.045                        |
| 大於 30 到 50   | 0.4                        | 0.3            | 0.1  | 0.3                  | 0.4                  | -0.17                                            | -0.05                         |
| 大於 50 到 80   | 0.5                        | 0.3            | 0.2  | 0.3                  | 0.5                  | -0.20                                            | -0.06                         |
| 大於 80 到 120  | 0.5                        | 0.3            | 0.2  | 0.3                  | 0.5                  | -0.23                                            | -0.07                         |
| 大於 120 到 180 | 0.8                        | 0.5            | 0.3  | 0.5                  | 0.8                  | -0.26                                            | -0.08                         |
| 大於 180 到 260 | 0.8                        | 0.5            | 0.3  | 0.5                  | 0.8                  | -0.30                                            | -0.09                         |
| 大於 260 到 360 | 0.8                        | 0.5            | 0.3  | 0.5                  | 0.8                  | -0.34                                            | -0.10                         |

## § 29 軸加工的準備工序

軸的毛坯用棒料或用無型鍛造或鍛、壓模造法製成的鍛壓件。

在施工過程的各工序中屬於軸加工的準備工序者一般爲下列各工

序：

(1)切斷桿料(下料)，(2)調直(矯正)，(3)鑽中心孔，(4)毛坯的去皮工作。這些工作常常不在機械車間中進行，而是在工廠的毛坯車間(或在供應毛坯的工廠)中進行。根據這個情形，我們將這些工序劃為特殊的一類。在供應幾個主要車間的毛坯車間中可以使用高生產率的機器設備來完成上述的工序，這種高生產率的機器設備如果配置在主要車間中是不可能達到車間面積應有的經濟性(因為桿料很長)並且在使用時不可能達到充分的負荷的。

上列各種準備工序並不是對任何一種毛坯都是需要的。至於到底需要那些準備工序呢？這就要根據毛坯的性質和尺寸來決定。

**切斷工作** 直徑尺寸不大的軸常常是由桿料做成，送到工廠來的桿料一般的長度為4—9公尺。這些桿料按要求的長度切斷成毛坯。在確定毛坯的長度時應將切斷端面的加工餘量和切斷工作本身可能發生的不準確度考慮進去。

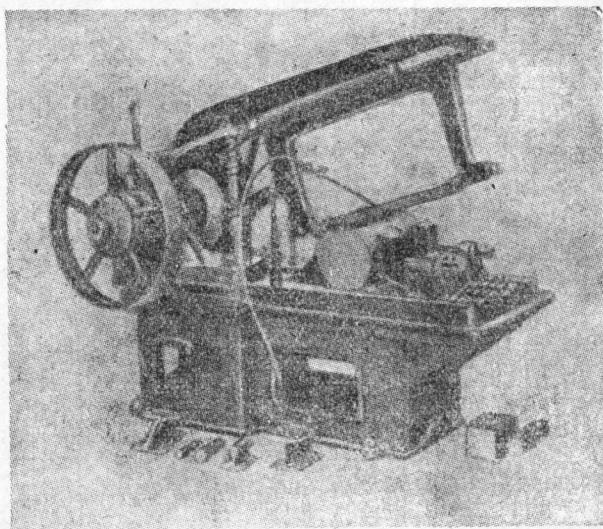


圖 50 動力弓鋸。

桿料是在機械切料機上進行切料工作。這種機床的型式很多,其中最常用的為動力弓鋸和圓盤鋸床。

動力弓鋸(圖 50)是切截機械中最簡便和最經濟的一種。鋸的切斷口很窄(1—1.5 公厘),這樣就可以節省材料,它的缺點是生產率較低,弓鋸是在生產規模不能保證生產率較高的機器設備充分負荷時用。

862 型圓盤鋸床(圖 51)在毛坯車間裏有着廣泛的應用,這種機床的優點是:生產率高,使用方便,經濟性高(節省),能切斷各種不同截面形狀的桿料。直徑為 80—200 公厘的毛坯在切斷時,切斷口的寬度在 3—7 公厘之間。

用轉動的圓盤來切斷工件的摩擦鋸床目前還用得很少。這種機床

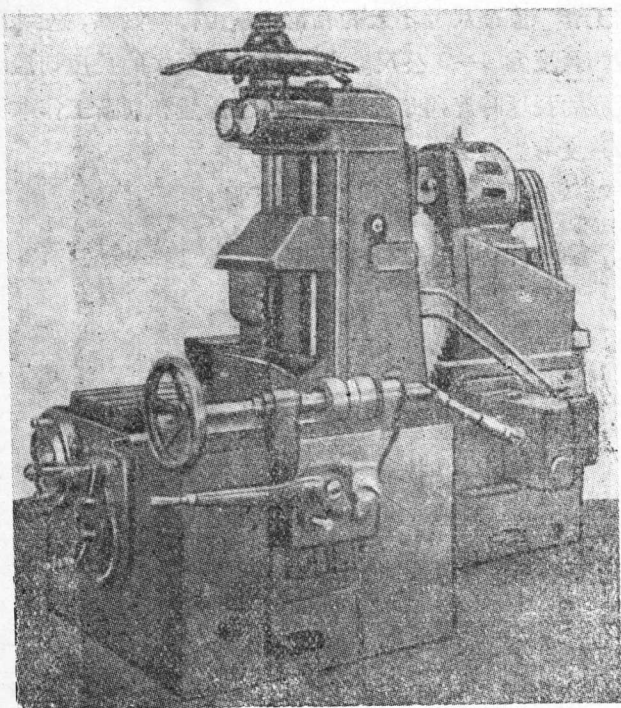


圖 51 圓盤鋸床。

的生產率很高,但卻具有一重大缺點:用這種鋸床切斷的毛坯的端面都很粗糙不平(與熔斷地一樣)並且有的時候兩端還會淬硬。

直徑不大的桿料有的時候就在車床上作切斷工作(如果這工序必須在機械車間中完成的話)如果這種工作的負荷很大,那我們可用些已失去原有的準確度的殘舊的機床,來進行這項工作,切斷工作是用切斷車刀來完成的。

**調直矯正** 很長的桿料常常是不直的(彎曲的)因此從這種桿料截下來的毛坯,其彎曲度可能會超出允許量,這樣的毛坯就要進行調直。

調直工作一般是用壓床來作。壓床有手壓機,磨擦壓床與液壓壓床等類,但它們的工作原理都是相同的,將毛坯的兩端放在兩個型槽塊上並將它轉動,用千分表或其他的方法(根據所要求的準確度而定)來定出毛坯彎曲度的大小與彎曲的方向,然後在相反的方向把毛坯彎直(壓直)。

對轉塔(六角)車床與自動機床來說,輾壓桿料的準備工作很重要的,爲了使六角車床而尤其是自動機床的送料與夾料裝置的工作可靠起見,桿料在直徑上的差別應當很小,這一點是非常重要的。因此輾壓桿料除調直外(如果其準確度低,則必須如此)常常還要進行一次機械加工——車外皮——以提高直徑的準確度。

對於長桿料的調直可用“基洛夫”工廠 389 型的調直機(圖 52 a)。把要調直的桿料穿進按裝在機床圓筒上的三對滾柱中間,然後開動機床使滾柱與圓筒一起轉動,滾柱繞着沿軸線移動着的桿料而轉動,將桿料調直。

車外皮的工作是在“基洛夫”工廠出品的 175 型無心外皮車床上完成的,在圖 53 a 中表示的是這種機床的總視圖。而在圖 53 b 中所畫的是機床的旋轉刀頭,待加工的桿料就從刀頭的車刀中通過,這種車外皮的加工同樣也可放在無心磨床上來做。

**鑽中心孔** 必須很仔細地鑽軸兩端的中心孔,以使在車床頂針間

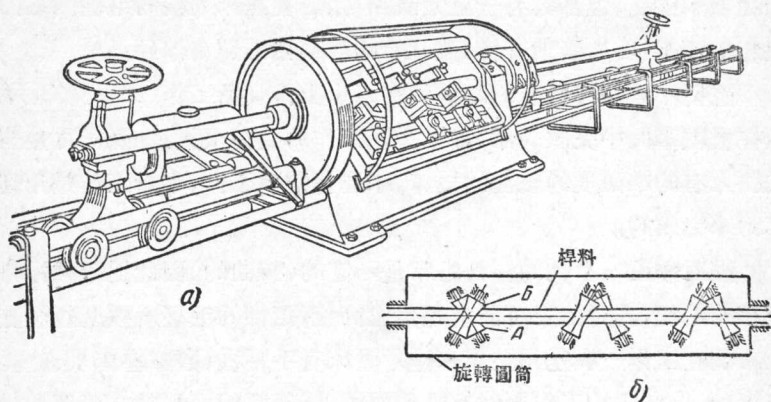
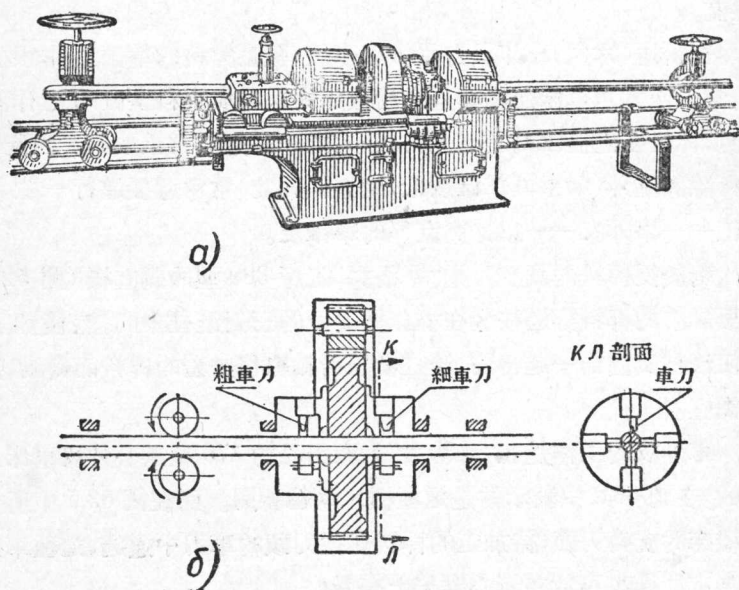
圖 52 調直機: *a*—外貌; *b*—工作圖。

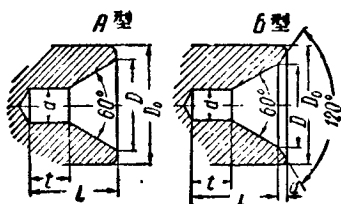
圖 53 無心去外皮機床。

按裝。作為定位基準的中心孔應當保證軸在直徑方向有均勻的加工餘量,並且應當成為軸的可靠的支承,中心孔祇以自己的圓錐面與車床的頂尖相接觸。

OCT 3725 中規定有兩種型式的中心孔(表二十)無保險(安全)錐孔的中心孔(A 型)與有保險(安全)錐孔的中心孔(B 型)這種附加的錐面可以使中心孔免受意外的損傷,並且容許在端面切削時不致減小支承錐孔的面積。

OCT 3725 規定了典型的中心孔刀具組。

表二十 中心孔



尺寸單位: 公厘

| $d$ | $D$<br>不大於 | $L$  | $t$<br>不小於 | $\alpha \approx$ | $D_0$ |
|-----|------------|------|------------|------------------|-------|
| 0.5 | 1          | 1    | 0.5        | 0.2              | 2     |
| 0.7 | 2          | 2    | 1          | 0.3              | 3.5   |
| 1   | 2.5        | 2.5  | 1.2        | 0.4              | 4     |
| 1.5 | 4          | 4    | 1.8        | 0.6              | 6.5   |
| 2   | 5          | 5    | 2.4        | 0.8              | 8     |
| 2.5 | 6          | 6    | 3          | 0.8              | 10    |
| 3   | 7.5        | 7.5  | 3.6        | 1                | 12    |
| 4   | 10         | 10   | 4.8        | 1.2              | 15    |
| 5   | 12.5       | 12.5 | 6          | 1.5              | 20    |
| 6   | 15         | 15   | 7.2        | 1.8              | 25    |
| 8   | 20         | 20   | 9.6        | 2                | 30    |
| 12  | 30         | 30   | 14         | 2.5              | 42    |