



齿轮精加工机床

〔苏联〕B.H. 柯基切夫著 熊大遑译

中国工业出版社

本书叙述了用滚光、研齿、剃齿、磨齿等方法工作的齿輪精加工机床及齿端加工机床；包括机床的調整、技术特性，以及設計工夹具时所必需的安裝地点尺寸。此外还提供了調整裝置的典型結構和机床的精度标准。这些内容对提高齿輪加工精度很有帮助。

本书可供齿輪精加工工作的工程技术人员和机床調整工閱讀，也可供有关专业的大专师生参考。

В. Н. Кокичев

ЗУБООБДЕЛОЧНЫЕ СТАНКИ

СУДПРОМГИЗ 1960

* * *

齿輪精加工机床

熊大遠譯

*

机械工业图书編輯部編輯（北京苏州胡同141号）

中国工业出版社出版（北京修睦园路丙10号）

（北京市书刊出版事业許可証出字第110号）

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{2}$ • 印張 $7 \frac{3}{4}$ • 字数200,000

1964年2月北京第一版 • 1964年2月北京第一次印刷

印数0001—4,880 • 定价(10-6)1.20元

*

統一书号：15165 • 2728(一机-565)

序 言

在現代的機器和機構中，廣泛應用着高速和重載荷的齒輪傳動裝置。

齒輪加工的最后工序，往往是用滾刀切齒。但是滾切的齒，必然有特定的誤差(波紋度)。這種誤差的來源是：滾齒時的溫度不可能恆定；機床的走刀機構有誤差；機床的其他機構有運動誤差。在減小上述誤差的方法中，有特殊意義的就是採用精加工工序，最后加工齒輪輪齒。這里說的精加工工序，就是指剃齒、研齒、滾光和磨齒而言的。中央工藝及機器制造科學研究院 (ЦНИИТМАШ) 的工作結果證明，加工未淬火齒輪輪齒的合理工藝過程是：精密滾齒，剃齒，然后研齒。當齒輪輪齒的硬度超過 $H_B=350$ 時，只好用磨齒來代替剃齒和研齒。因為正確應用研齒法能夠徹底消除以前各加工工序所造成的誤差，並且保證嚙合齒形的相互軋合，所以研齒法也用于高硬度的淬火齒輪輪齒的最后修整。

齒輪輪齒精加工工艺完善化的工作，与各機器制造工厂現有齒輪精加工機床的工艺可能性和裝置的研究工作，是緊密關聯着的。在調整這類機床時，需要知道關於它們的運動裝置的數據、工卡具配合地點尺寸的數據、技術特性基本指標的有關資料、調整機床用的計算公式等。這些數據資料，在生產人員的手邊往往是沒有的。這就使他們不可能迅速和正確地選出最合理的方案去運用和調整機床，以適應齒輪精加工的具体要求。

本書收集了機器制造工厂中齒輪精加工機床的基本資料，作了系統化的整理，並且給出了機床調整方法的指示。此外，書中還提供了齒端加工機床的資料，而齒端加工通常是在精加工工序之前施行的。

目 录

序言

第一章 齿端加工机床	1
1 齿端的形状和加工方法	1
2 机床的传动系统图	8
3 机床的调整	12
4 在万能机床上加工齿端	16
第二章 齿轮滚光机床	20
5 用标准齿轮滚光的方法	20
6 齿轮成对滚光的方法	27
7 圆柱齿轮和圆锥齿轮的检查-校验滚光	30
第三章 研齿机床	41
8 研齿方法和规范	41
9 机床的工作原理和技术特性	43
10 机床的传动系统图	53
11 研齿机床的调整	57
第四章 剃齿机床	77
12 关于剃齿的一般知识	77
13 机床的工作原理和技术特性	81
14 机床的传动系统图	90
15 机床的调整	97
16 机床的安装地点、刀具和卡具	108
17 大模数齿与鼓形齿的剃齿	115
第五章 磨齿机床	119
18 磨齿的方法	119
19 按样板修整砂轮的仿形法磨齿机床	123
20 不按样板修整砂轮的仿形法磨齿机床	128
21 齿条传动的滚切法磨齿机床	144
22 柔韧带传动的滚切法磨齿机床	175

23 連續分度的机床	210
24 磨齿精度和机床的技术特性	215
参考文献	239
出产工厂或公司名称 俄汉对照表	240

第一章 齿端加工机床

在现代机器中，为了使移动^①式圆柱齿轮的轮齿容易滑入其啮合齿轮的齿槽里去，要把齿端加工成曲线表面，同时倾斜成 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 角。

根据齿轮传动装置的工作特点和其中齿轮的转换条件，将齿端倒圆角或倒尖角。齿端倒尖角保证高速齿轮能迅速滑合；低速齿轮的齿端则宜于倒圆角。在好些情况下，是将齿端倒出斜稜；而通常只是去毛刺。

齿端倒圆角是把齿端做成锥面，而且对端面成 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 角。

齿端倒尖角是把齿端做成渐开线型和球型的倾斜面，在它的交叉处带有锐边。

齿端倒斜稜适用于转速很低的转换齿轮。

齿端边缘去毛刺则用于经过切齿工序后的齿轮。

1. 齿端的形状和加工方法

齿端圆角和尖角，有做成对称的，也有做成不对称的。对称的圆角和尖角(图1a~e)适用于可逆传动齿轮；不对称的圆角和尖角(图1ж~н)适用于单向回转的齿轮。

现在有几种铣削方法，能做出齿端圆角和尖角。

1. 采用绕自轴回转、同时又绕被加工齿端作迂回运动的特殊立铣刀，铣削出来。由铣刀相对于齿轮作往复运动，或者由齿轮相对于铣刀作往复运动。圆角的形状(图1a~e)依机床凸轮曲线而定。

2. 采用绕自轴回转的杯状铣刀，按滚切法，对于相隔一个齿

① 指轴向移动而言。——译者

距的①两个輪齿的对立侧面，进行加工，銑削出来。齿端尖角的形状，如图1*z*所示。

3.采用滾刀，按連續滾切法，在齿端銑出漸开綫輪廓的圓角(图1*e*)。

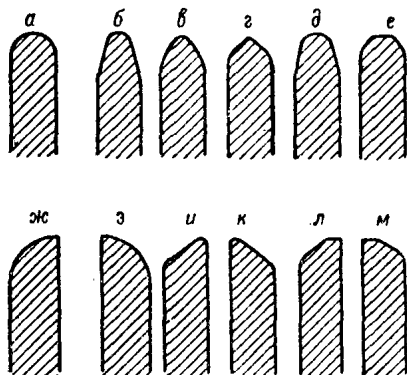


图 1 齿端的形状

4.采用带有刀尖圓角的端面車刀，沿一半徑等于被加工齿端圓角半徑的圓周回轉，按单个分度法进行加工。結果，就把齿端倒尖成圓柱形輪廓(图1*ж*和*з*)。

5.采用安装在特殊卡具中的端面車刀，按滾切法，对于相隔几个齿距的②两个輪齿的对立侧面，进行加工。

加工好的齿端尖角，如图1*u*~*m*所示。

倒齿端圓角和尖角的机床(采用立銑刀和杯状銑刀工作)的技术特性，如表 1 所示。

用滾刀加工齿端，是在带有特殊銑刀头的銑齿机床上进行的。第四种倒尖齿端的方法，是在带有分度头的立式銑床上实现的。第五种方法是在銑齿机床上，借套装在刀架上的卡具之助，把齿端倒尖。

齿端加工机床的工作原理 圓柱齿輪齿端加工机床，有在断續分度过程下工作的，有在連續分度过程下工作的。

“共青团員”工厂出产的 550 型机床(图 2)、XT3 型机床以及弥勒-芒塔格公司出产的 ZA 型机床(图 3)，是在断續分度过程下工作的。

这些机床的工作原理是，采用繞自軸回轉、同时又繞被加工齿端运动的立銑刀，給齿端逐步做出圓角。

① 即相邻的。——譯者

② 即不相邻的。——譯者

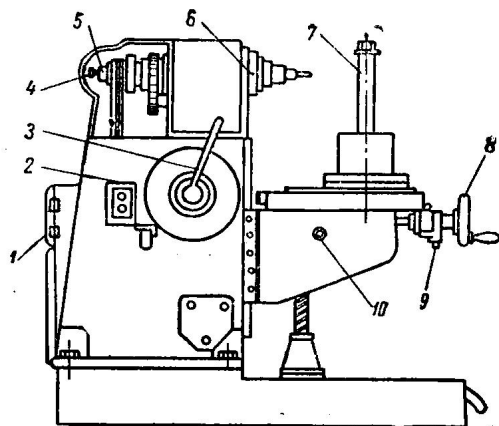


图2 “共青团员”工厂出产的550型机床

1—皮带传动装置的孔盖；2—按钮台；3—摩擦联轴节的闭合和分离手柄；
4—安置刀具至所需切削深度用的安置头；5—拉紧刀具的螺帽；6—滚切偏
距的控制器；7—安装齿轮的心轴；8—工作台水平移动的手轮；9—工作台
水平移动的定位器；10—工作台垂直移动的丝杠。

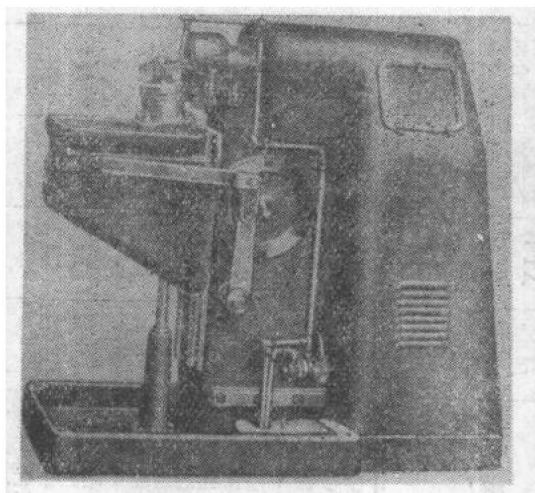


图3 弥勒-芒塔格公司出产的ZA型齿端加工机床

表 1 齿端加工机床的技术特性

出 产 工 厂 或 公 司									
机床的基本数据	“共青团”	XT3	弥勒- 世塔格	哈尔科夫 组合机床厂	列依聂凯	庇尔列斯	“共青团”	克 罗 斯	
	型 号								
	550		ZA	5580	5582	FAR	ZAM		№40 №41
							557		№60 №62
齿端倒圆角和倒斜棱									
机床的用途	立 铣 刀								
所用刀具	杯状铣刀								
分度特点	继续分度			连续分度			脚轴分度	连续分度	
被加工齿轮的最大直径(毫米): 倒斜棱时 倒圆角时	900 500	400 400	600 600	320 320	500 500	400 400	250 250	375 375	— 250 500 250
内啮合齿轮的最小直径(毫米)	—	—	—	180	200	35	—	—	—
被加工齿轮的宽度(毫米): 最大 最小	500 15	400 —	260 —	360 80	360 100	—	—	—	360 300 —
被加工齿轮的齿数	—	—	—	10~100	10~100	8~120	8~120	9~54	10~100 10~80 10~80

續表 1

出 产 工 厂 或 公 司									
机床的基本数据	“共青团”	XT3	弥勒-芒塔格	哈尔科夫 组合机床厂	列依叠凱	庇尔列斯	賴 普	“共青团”	克 罗 斯
	型 号								
	550		ZA	5580	5582	FAR	ZAM	557	№40 №41 №62
每分钟可加工齿 数	43, 30 17和 5	132, 87 42, 28 和 18	40和10	—	—	62, 50 45, 38 32, 28 20	62, 50 45, 38 32, 28 25, 20	—	—
机床功率(千瓦)	1.5	1.3	1.5	1.0	2.7	2.0	2.0	4.0	3.5 2.8
电动机转速 (轉/分)	1445	1430	900	—	—	1500	1500	720	—
机床的平面外形 尺寸(毫米)	1565× 830	1600× 900	1400× 600	1600× 1200	—	1500× 1400	1200× 1120	1440× 1180	1300× 1500
机床重量(公斤)	1500 _{1/2}	1500	690	2700	—	1000	1400	1750	1200 2500 1700 2800

被加工齒輪周期性地退到分度位置上来，并且轉过一个齿。

5580型和 5582型机床(图 4)、庇尔列斯公司出产的 FAR 型机床以及列依聶凱公司出产的 ZAM 型机床(图 5)，是在連續分度过程下工作的。

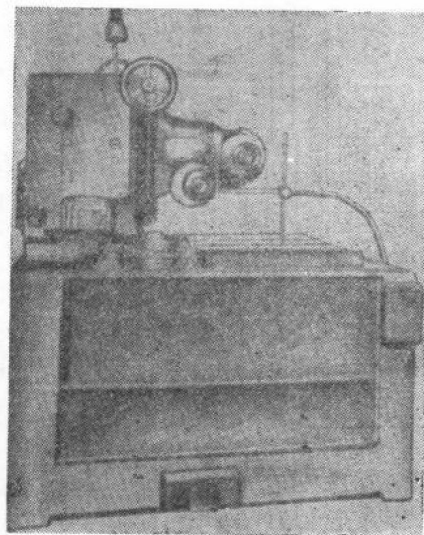


图 4 5582型齿端加工机床

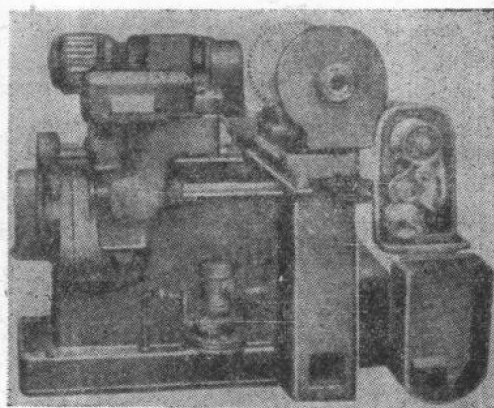


图 5 列依聶凱公司出产的 ZAM 型齿端加工机床

在这些机床上，立铣刀绕自轴回轉，同时借旋轉凸輪之助而沿着被加工齿輪輪齿移动。被加工齿輪連續地旋轉，并且在铣刀每一双行程后，齿輪就轉过一个角距。

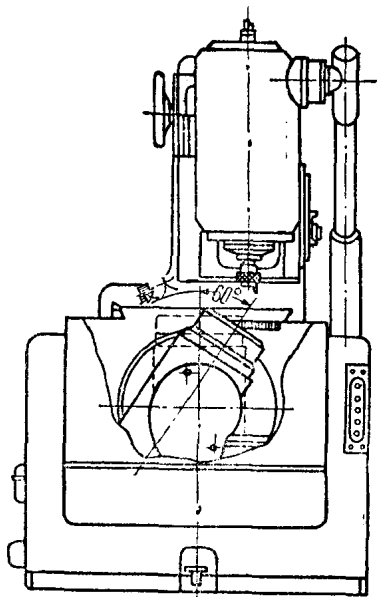


图6 “共青团員”工厂出产的557型齿端加工机床

賴普公司出产的机床是在断續分度过程下工作的。其工作原理是：采用杯状铣刀，对不动的齿輪，逐步地做出齿端圓角。“共青团員”工厂出产的557型机床(图6)、胡尔特公司出产的ZR2型机床、克罗斯公司出产的40型、41型、60型和62型机床，也是采用杯状铣刀，但是在連續分度过程下工作的。在这些机床上，能保証做到齿端的自动加工。在工作过程中，刀具得到回轉运动以及緩慢的垂直走刀运动。被加工齿輪連續地旋轉，并且在刀具每轉一轉后，齿輪就

轉过两个角距。

2. 机床的傳动系統图

“共青团員”工厂出产的550型齿端倒圓角机床的傳动系統图，如图7所示。

由电动机22，通过三角皮带16和皮带輪21及13的傳动，使机床主軸10和立铣刀8一起得到回轉运动。当加工模数小于5的齿时，铣刀轉速为1500轉/分；当加工模数大于5的齿时，铣刀轉速則为780轉/分。

在以后的傳动系統图上，齿輪旁边的数字就是它們的齿数。

利用三級皮带輪20和蝸輪組19，把运动傳遞給两个凸輪盘18

和17。借搖杆23(它可以繞軸心24搖擺)和連杆25(它的一端固定在工作台托架26上)之助,由凸輪盤18拉近和推開工作台1。而被加工齒輪7,就安置在工作台1上。

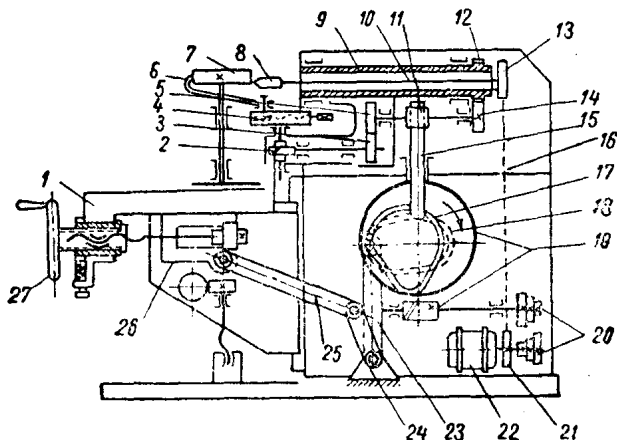


图7 “共青团員”工厂出产的550型齿端加工机床的传动系统图

在連杆25的作用下,工作台1就向前送进到止动器固定擋叉处,防止零件在加工时发生轉动。用手轉动手輪27,可使工作台1退开。凸輪盤17使齿条15得到往复运动。齿条15通过齿輪11、14和12,迫使偏心套筒9和主軸10以及銑刀8一起搖动。同时,通过齿輪5和3以及蝸輪組2,带动垫圈4和掣爪6,于是掣爪6便使坯料轉过一个齿。

XT3型齿端倒圆角机床的传动系統图,如图8所示。

安装在电动机2軸上的皮帶輪1,把回轉运动傳給皮帶輪36。皮帶輪36固定在傳动軸35上。傳动軸35使齿輪組28、30和31旋轉。这个齿輪組可以借手柄29来轉換。

从軸27,通过齿輪33和32、皮帶輪34和8,把回轉运动傳給主軸10。立銑刀12就夹紧在主軸10的彈性夹头里。

立銑刀的摆动、坯料的分度、工作台的送进和退离,都是自动实现的。軸35通过皮帶傳动裝置3、4和5而带动进給箱的軸14,然后再通过齿輪組15、16、6和7而带动蝸杆13的軸。蝸輪

23与两个凸輪盘17和26結合。右凸輪盘17，通过搖杆24、圓齿条25、齿輪21和扇形齿輪22(它与工作台齿条20啮合)，而帶動工作台。左凸輪盘26則驅動齿条18、齿輪19、齿輪11和杯形零件9。那承装主軸10的套筒就安置在这杯形零件9中。借助于安装在杯形零件端部的調节螺釘、止动螺釘和軸环，使得套筒可以相对于杯形零件的軸綫成为偏心地固定着并穩住下来。因此，主軸和铣刀除作回轉运动外，还作摆动。这摆动又借連杆之助而轉換成滑座的直綫往复运动。

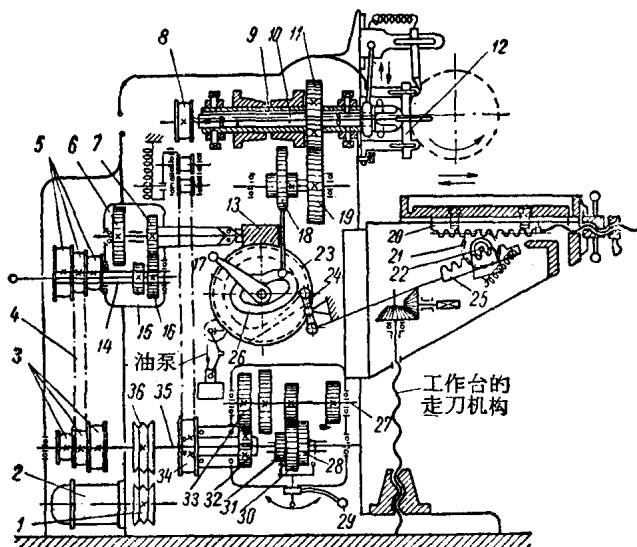


图8 XT3型齿端加工机床的傳动系統图

列依聶凱公司出产的FAR型齿端倒圓角机床的傳动系統图，如图9所示。

被加工齿輪3固定在水平心軸上，不断地回轉。立铣刀4对于齿端成 7° 的傾斜角。齿輪的回轉和铣刀刀架的往复运动之間，是互相協調的。采用两套挂輪架，保証在铣刀刀架作完一个双行程后，被加工齿輪就轉过一个齿。用手扳动手柄2，也可以轉动被加工齿輪；但是为此，需先借手柄1松开联轴节。

內啮合傳动齿輪齿端倒圓角，可在557型、5582型和5580型

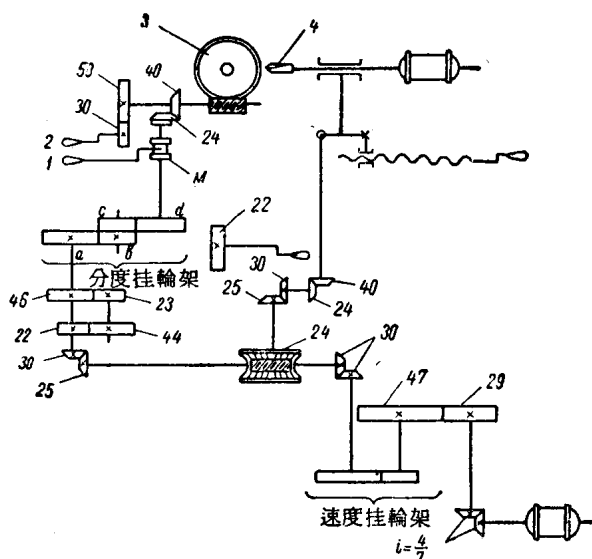


图9 列依聶凱公司出产的FAR型齿端加工机床的传动系统图

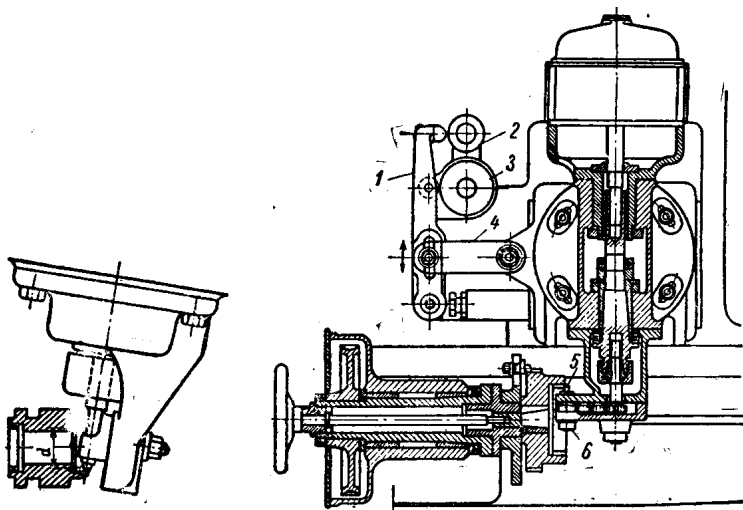


图10 直径为35~85毫米的内啮合齿轮齿端倒圆角用工作头的简图

图11 直径为85~400毫米的内啮合齿轮齿端倒圆角用工作头的简图

1—摇杆；2—偏心垫圈；3—凸轮；4—拉杆；
5—铣刀；6—铣刀主轴。

机床上实现,或在列依聶凱公司FAR型和ZAM型机床上实现。在列依聶凱机床上,是利用装在铣刀主軸上的特殊可卸工作头来加工的。图10和11所示的工作头,是直径(d)在35~85和85~400毫米的内啮合齿輪齿端倒圆角用的。

3. 机床的調整

齿端加工机床的調整过程,包括一系列的操作項目。下面簡單叙述几項基本的調整操作項目。

被加工齿輪的安装和夹紧 在550型、5580型、5582型机床

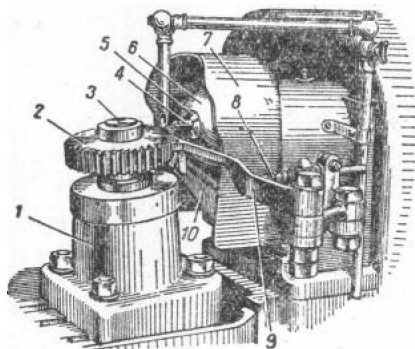


图12 齿端倒圆角时,齿輪在机床上的安装

1—卡具的外壳; 2—被加工齿輪; 3—心軸; 4—铣刀; 5—夹紧铣刀用的彈性夹头; 6—机床主軸; 7—罩板; 8—彈簧; 9—掣爪; 10—固定擋叉。

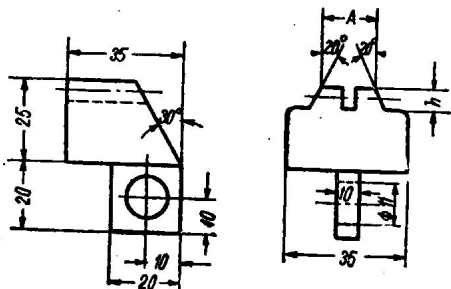


图13 固定擋叉

上以及弥勒-芒塔格公司出产的机床上加工齿端时,被加工齿輪是安装在特殊的卡具上(图12),而卡具又固定在机床工作台上。但是在列依聶凱公司出产的机床上加工齿端时,被加工齿輪則是安装在水平心軸上。被加工齿輪在机床上正确安装的基本条件是:齿輪配合孔的軸綫与心軸的軸綫要重合(图12),齿輪輪轂的基准端面与心軸的軸綫要垂直。

在断續分度的机床上,为了固定被加工齿輪的正确位置,采用着固定擋叉(图13)。根据被加工齿輪的模数,按表2可选出固定擋叉,再把它安装在机床的支架上,如图12所示。固定好擋叉,再固定被加工齿輪。