

世界各国机床制造业

第二輯

(各国齿輪磨床概况)

第一机械工业部第二局
金属切削机床研究所

1959年9月

目 录

I. 引言	1
II. 齿轨磨床类型	1
III. 各类齿轨磨床的结构特点	5
IV. 苏联的齿轨磨床	6
A. 齿条和小砂轮断续分度展成	7
B. 大砂轮断续分度展成	13
B. 成形砂轮断续分度	16
C. 蜗杆砂轮连续分度	26
V. 英国的齿轨磨床	31
1. Orwitt 12"	31
2. Orwitt 24" 齿轨磨床	32
3. Orwitt 24" 斜齿内齿轨磨床	34
4. Orwitt HK-IV	37
5. Matrix No. 40	38
6. Matrix No 61	40
7. Heligvind HG-1	42
8. Sykeda	43
VI. 美国的齿轨磨床	44
1. Geay Grinding—GG 公司	44
2. Red Ring—SGD 12", SGC 18"	51
3. Vinco 14"	52
4. Fitchburg 32", 48", 72", 96"	53
5. Pratt & Whitney 10"	54
6. Pratt & Whitney 26"	56

7. National Tool 4B	57
8. National Tool 4C	59
9. Lees-Bradner 10B, 2HS	61
10. Sheffield-140	62
11. Fellow-Reishaver No. 12.	62
12. Philadelphia Gear 公司 phillie Gear 齿软磨床	64
VII. 德国的齿软磨床	65
1. Niles-ZSWZ	65
2. Kolb KZ	69
3. Schavdt	72
4. Lovens	73
5. Wofen-Z50, Z43	75
6. Reinecker HZS	76
VIII. 瑞士的齿软磨床	78
1. Reishaver-N2A, OZA, ZB	79
2. Maag—中小型	83
3. Maag—大型	85
4. Maag—JHSS-60型内齿软磨床	86
5. Wifag M450	89
IX. 捷克的齿软磨床	90
Tos OB-16	90
X. 其他国家齿软磨床	91
法国, 意大利, 保加利亚, 波兰	
XI. 结论	93

I. 引 言

在近代各种机械上，动力及运动的传递，齿轮是重要而不可缺少的元件。近年来，机械工业的迅速发展对于精密、高速、高负荷的要求日日提高，而重量及尺寸则要求尽量减轻减小。齿轮的精度及制造材料也已非过去可比。虽然目前仍广泛应用剃齿及研齿等工艺，但很多齿轮须经淬硬热处理，在高速高负荷下工作，或要求具有互换性、长期使用寿命、高精度传动等工作特性；它们的加工已不能由普通切削方法满足，而必须加以磨削，以达到高精度及高表面光度的要求。

齿轮磨床最初约在1925年出现，经过数十年的使用改进，目前已发展成一种具有多种型式、标准加工机床，在世界各工业国家均有制造及使用。

下面根据在苏联实习同志所收集的資料，另外收集了一些有关机床的照片，补充了一些内容，将已有各国齿轮磨床加以整理叙述汇编成册，供有关工程技术人员参考。但因若干资料係翻译转载，可能有不尽准确之处，待今后发现更正。

II. 齿轮磨床类型

各种齿轮磨床的基本工作原理有所不同，因此它们的结构也完全不同。齿轮磨床结构的复杂性主要由于被加工的工件为渐开线形表面，而加工刀具又为砂轮，因此就得出各种不同的方案，它们主要的类型有下列几种：

1. 螺旋形砂轮断续分度展成磨削法

两个螺旋形砂轮的啮合，当作齿条的两个面与工件展成运动，同时工件与砂轮间有沿工件轴向的进给运动。这类机床有Maag型，磨削情况如图1。

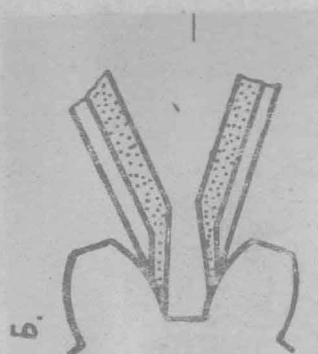
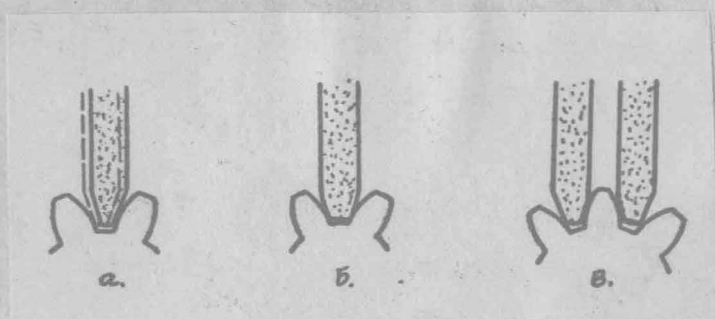


图 1.

2. 齿条形小砂轮断续分度展成磨削法

砂轮两侧面及外圆修整成齿条形截面，与工件依展成运动；同时工件与砂轮间有沿工件轴线的运动。这类机床又可分为三种：



a. 砂轮的一个侧面先磨削齿轮的一个面，回程时另一侧面磨削齿的另一面（图 2. a）。

b. 砂轮的两个侧面同时磨削齿轮的两个面（图 2. b）。

B. 两个砂轮同时进行工作，一个砂轮的一个侧面磨削齿的一面，另一个砂轮另一侧面磨削齿的另一面（图 2. B）。

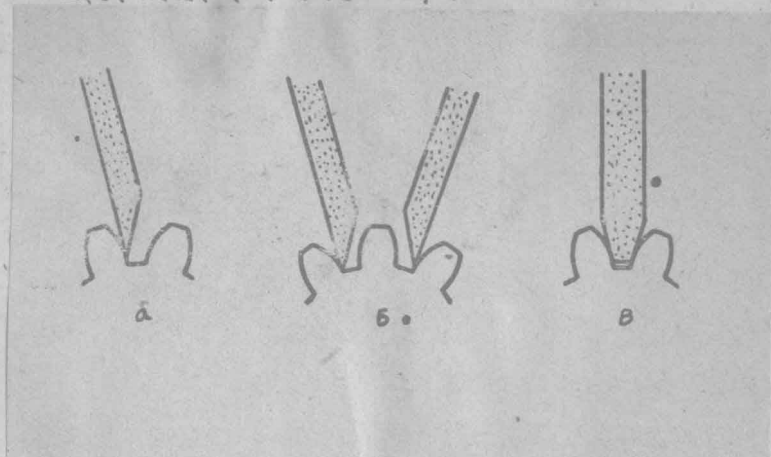
这类机床有苏联的 5831, 584, 西德的 Niles, Kolb, Wotan, 和捷克的 TOS 等。

3. 大砂轮断续分度展成磨削法

大砂轮的面当作齿条，与工件依展成运动，工件与砂轮间

沿工件轴向无进给。

这类机床又可分为三种：



a. 一个砂轮的一个侧面磨削齿轮的一个齿面，工件掉头装夹后磨削另一个齿面（图3a）。

b. 两个砂轮分别磨削齿轮齿的各一面（图3.b）。

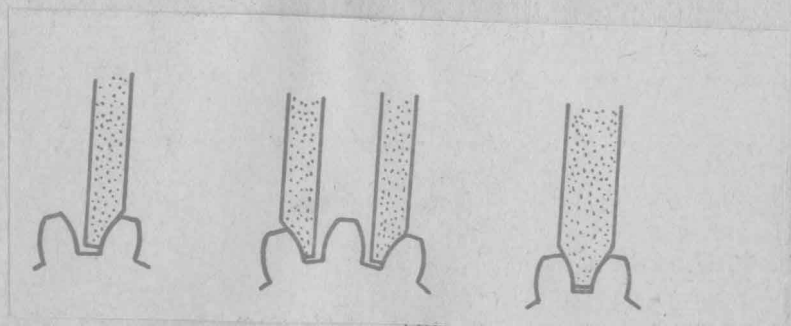
B. 一个砂轮的一个齿形截面，同时磨削齿轮齿的两面（图3.B）。

这类机床有苏联的 5892A, 5893, 美国的 National Tool, Lees-Bradner 和西德的 Lorens 等。

4. 成形砂轮断续分度磨削法。

砂轮的侧面及轮廓修整成工件所要求的齿形，工件断续分度，逐齿往复磨削，砂轮与工件间无展成运动。

这类机床又可分为三种：



a. 一个砂轮一个侧面的形面磨削齿轮的一齿面 (图 4. a).

b. 两个砂轮的各一侧面形面磨削齿轮的两个齿面 (图 4. b).

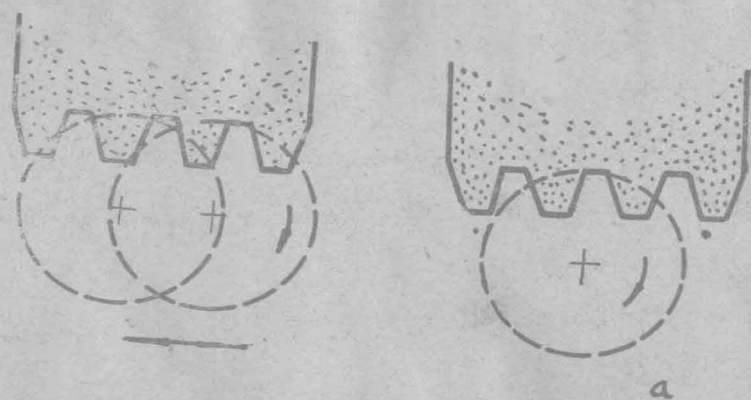
B. 一个砂轮的二侧面形面同时磨削齿轮两齿面 (图 4. B).

这类机床有苏联的 586, 5860A, 5860B, 5861, 英国的 Orowitt, 美国的 Gear Grinding, Fitchburg, 和瑞士的 Wifag 等。

5. 蜗干形砂轮连续分度展成磨削法。

砂轮修整成蜗干形, 切面如齿条, 与工件齿轮间维持严格的啮合关系进行磨削, 工件自动连续分度。

这类机床又可分为二种:



a. 砂轮与工件间有固定的严格转动关系 (图 5. a);

b. 砂轮与工件间隙啮合的转动关系外, 工件还要依滚动运动 (图 5. b).

这类机床有苏联的 5832, 5833, 瑞士的 Reishaver, 英国的 Matrix, 和美国的 Sheffield 等。

III. 各类齿轮磨床的结构特点

在上述各类齿轮磨床中，虽然根据同一工作原理，但仍有不同结构方案，现在再分述如下：

1. 碟形小砂轮断续分度展成

展成机构利用滚元及钢带组成，滚元直径为工件齿坯基元直径，分度机构利用分度板。砂轮仅用一圈快速磨削，磨削时快速展成，而工件对砂轮沿轴向作慢速进给，工件表面形成十字花纹，为此种磨削方式的特有现象。砂轮有自动补偿机构，基本上能随时保持准确的几何位置。

2. 齿条形小砂轮断续分度展成

根据展成运动及分度方法，这类机床又可分为三种：其一利用滚元、钢带及分度板，如 Kolb, Wotan 等；其二利用标准齿条齿轮对，如 Pratt & Whitney 等；其三利用蜗轮对、螺干对及机械传动链，如：Niles, Tos, 5831 等。

根据布局，可分为二种：其一为卧式，即工件轴水平安装，如：Kolb, Wotan 等；其二为立式，即工件轴垂直安装，如 Niles, Tos 等。

这类机床上均为展成运动慢而砂轮快速往复，工件表面理论上为断续棱形面。

3. 大砂轮断续分度展成

根据展成运动，这类机床可分为二种：其一为利用渐开线凸轮及挡块，如 National Tool, 5892A 等；其二为利用标准齿轮及齿条对，如 Lees—Bradner 等。

根据布局，可分二种：其一为砂轮轴成水平，工件在水平斜面中作展成运动，如：National Tool, 5892A 等；其二为砂轮轴成垂直，工件在垂直面上作展成运动，如 Churchill。

4. 成形砂轮断续分度。

根据分度方式，这类机床可分为二种：其一为利用分度板，如，Orcutt等；其二为利用蜗轮对，如 Gear Grinding, 5861等。根据进给运动，可分为二种：其一为工件头架固定，砂轮架向下进给或修整进给，如：Gear Grinding 5860A等；其二为工件头架向砂轮作进给，砂轮仅依修整进给，如 5861, Orcutt等。根据砂轮修整机构，可分为三种：其一为利用平行尺机构，放大 3:1, 4:1 或 6:1 倍，如 Gear Grinding, 5860A等。其二是利用 1:1 样板直接仿形修整，如 Orcutt等；其三是利用无样板机构，展成法修整，如 Schavat, 5860B等。根据布局，可分二种：一如同花键磨床一样，工件依往复运动，砂轮架不动，如，Fitchburg, Vinco等；第二是工件不动，砂轮依往复运动，如 Orcutt, 5861等。

5. 蜗杆形砂轮连续分度。

根据传动方式，这类机床可分三种：其一是利用机械传动链保持工件与砂轮间的严格齿合关系，如 Matrix, 5832等；其二是利用精密同步电动机（电轴）保持该关系，如 Reishauer, Fellows等。根据砂轮修整方式，可分二种：其一是利用精密滚子滚修砂轮成形，如 Matrix, 5832等；其二是利用金刚石修整砂轮，如 Reishauer。根据布局可分二种：其一是由砂轮架旋转成斜角，如 5832；其二是由工件头架旋转成斜角，如 Reishauer ZA型。此外进给运动也有砂轮架进给及工件头架进给二种区别。

IV. 苏联的齿枕磨床

苏联的齿枕磨床，除可碟形小砂轮断续分度展成法这一类机床未制造外，其他类型均有生产，现将各类齿枕磨床的情况

分述如下：

A. 齿条形小齿轮断续分度展成。

这类磨床中最早为 5831 型，在 1951 年已经制造；在 1951 年同时自行设计 5784 型，齿条磨床 1952 年改进为 5784—1 型，1953 年又改为 584 型，至今仍在制造中。

尺寸系列摘录为：

规格	ϕ_{320}	ϕ_{500}	ϕ_{800}	ϕ_{1250}
型号	5831	584	1963 年设计	1964 年设计

(设计日期为计划摘录)

1. 5831 型。

工件：

外径 $\phi_{30 \sim 320}$ 公厘

中心距 $150 \sim 375$ 公厘

螺旋角 $\pm 45^\circ$

立柱斜角 $6^\circ 30'$

节径 $27 \sim 308$ 公厘

齿数 $12 \sim 200$

模数 $1.5 \sim 6$ 公厘

压力角 $12 \sim 22^\circ$

宽度 直齿 100 公厘

15° 斜齿 97 公厘

20° " 94 "

25° " 91 "

30° " 87 "

35° " 82 "

40°斜齿 77 公厘

45° " 71 "

砂枕架：

横向移动 170 公厘

垂直移动 140 "

横向每格 0.02 "

行程 120 "

速度 6级 50~280 转/分

砂枕：

尺寸： $\phi 160-240 \times 13-16 \times \phi 75$ 公厘

转速 2560 转/分

台面：

直径 $\phi 320$ 公厘

定位孔 $\phi 65A$

移动量 200 公厘

锥孔 莫氏 #2

进给量 56~866 公厘/分

快速移动 0.6 公尺/分

砂枕与工件间中心距：

直齿 130~300 公厘

斜齿 150~300 "

修正器：

金刚石与予

补偿器 40.

交换齿轮：11/15 宽 15

马达：砂枕 0.75 匹，2800 转/分。

滑鞍 1.8/4.0/4.5 匹，720/1420/2800 转/分。

齿枕箱 1.7 匹，1420 转/分。

冷却系 0.1 升, 2800 转/分。

机床尺寸: 2390 × 2110 × 2990 公厘

机床重量 4500 公斤

机床为立式布局, 工件轴垂直安装在台面上, 砂轮轴成水平, 砂轮架沿立柱垂直导轨作上下运动; 砂轮修整成齿条形截面, 工件同向砂轮作展成运动, 展成运动慢而砂轮的转速快。砂轮以单面进行磨削, 工作台来回移动各磨削工件的一面。

机床全部传动为机械链, 砂轮滑鞍上下往复由三速电动机经过一对变速齿而得到 6 种不同速度, 展成运动由蜗轮对、螺母对及交换齿轮的机械链传动。机械链中有行星式差动装置, 使展成及分度动作, 分度蜗轮对为双头, $m_1 2:71$; 螺母对为 1 头, 梯形 32 × 5。

工作台用圆锥形及圆柱形滑动轴承, 制造时耗资很费时; 砂轮轴用 A 级 36207 滚动轴承, 砂轮架立柱原设计上可以倾斜磨削插齿刀面, 但目前制造中机床精度未能达到插齿刀要求标准, 此种结构徒然费工费料, 意义不大, 可以取消。

砂轮的修正为手动, 祇能修正成标准齿条形截面, 磨削时可以使用冷却油, 但因防护装置不够完善, 操作者时常不用冷却。

机床精度根据说明书规定如下:

α. 展成精度机床调整在 $D = (\frac{1}{2} \sim 1) D_{\text{最大}}$ 上, 误差在节圆上为 7 公忽。

Б. 相邻节距角度误差 $20''$

В. 累积节距角度误差 $50''$

在注意讲究制造工艺的条件下, 机床上可磨削齿顶圆 46 号标准 I 级齿。

2. 584 型

机床也为立式布局, 工作原理与 583/ 型相似, 传动除机械

外，並採用油壓系統。在第一台樣机上曾用工作台由氣缸變速及稍緩油壓往復移動，但因為存在若干問題未能解決，後來就改為機械傳動，油壓僅動僅保油缸在進給及改形修整機構等部件中。

机床傳動鏈的特點是工件軸導向運動及分度，當拖板回程時仍按同一方向旋轉，分度也不接相卸齒而是間隔一定齒數。此種分度方式在一定程度上可消除傳動鏈中間隙的影響，並在砂輪磨削對工件精度的影響減少。這種運動是由於在机床上採用了一種新穎的環形齒系（заключится кольцевая рейка）而達到。這種結構同時使傳動鏈的長度也減短，机床的總成分度傳動鏈如圖 6。

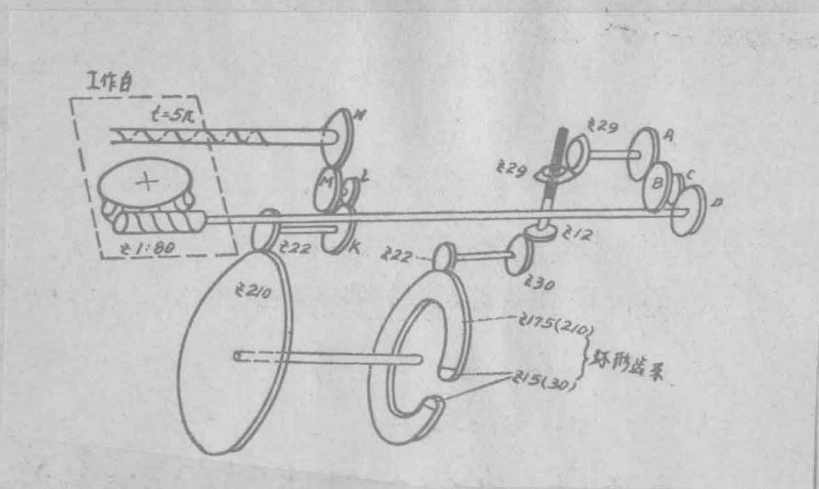


圖 6.

机床的另一項改進為砂轮的二面同時進行磨削。在工件開始分度前，砂轮自工件沿徑向退却，工作台並快速回程，這樣磨削效率也有改善。

机床可採用自動循環，按調整條件自動磨削，分度，進給及修整砂轮。修整砂轮可以按標準齒形或變形齒形截面以油壓

传动进行。

砂轮滑板上下运动由单速电动机经变速齿轮而得7级变速，进给由液压传动。

主要规格

工件：

直径 $\phi 500$ 公厘

底径 最小 $\phi 60$ 公厘

螺旋角 45°

齿数 $8 \sim 150$

模数 $2 \sim 10$ 公厘

宽 直齿 180 公厘

45° 螺旋齿 50 公厘

工作台：直径 $\phi 520$ 公厘

行程 320 "

速度

粗磨 15—200 秒/往复行程

精磨 10—100 秒/往复行程

修正器：进刀 0.06 公厘

速度 5—12 公厘/秒

砂轮：尺寸 $\phi 260-180 \times 13-25 \times \phi 75$ 公厘。

转速 2200 转/分

滑板：行程 20—200 公厘

速度 7 级 34—268 往复行程/分。

横进给：共 1.64 公厘

自动 14 级 0.03—0.4 公厘

砂轮与工件中心距 155—410 公厘

电动机：砂轮 1 台，2800 转/分。

肩鞍 1.7 转, 1440 转/分

进刀 1.7 转, 1440 转/分

细齿 1.7 转, 950 转/分

冷却 MA 45

交换齿轴: $M 15 \times 16$

机床尺寸: $2580 \times 2140 \times 2330$ 公厘

机床重量: 6000 公斤

机床精度按说明书规定如下:

在 $M 4$ $Z 81$ 的齿轴上

1. 相邻节距误差 12 公忽

2. 累积节距误差 30 公忽

3. 展成精度 机床调整在 $M 4$ $Z 50$ 时, 误差在节元上为 75 公忽

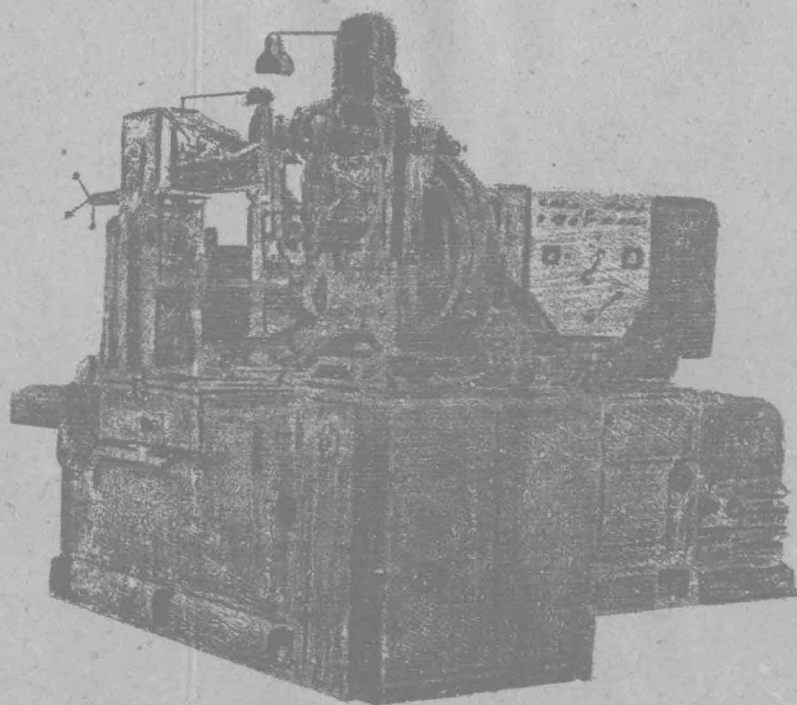


图7. 5A84 型齿轴磨床相图

新机床一般可磨削苏联 46 号标准上級齿轨，生产率较 5831 的高出 12-100%，但由于结构复杂目前成本较 5831 的高出 150-200%。

5. 大砂轨断续分段展成

这类齿轨磨床主要用于磨削样板齿轨，插齿刀及剃齿刀等工具。最早出现的为 5892 型机床，在 1955 年试制，1956-57 年改出为 5892A 型，制造至今。在 1958 年又试造出 5893 型齿轨磨床。

尺寸系列单表为

规格	$\phi 200$	$\phi 320$
型号	5892A	5893

1. 5892A 型

工件：节径 $\phi 20-250$ 公厘

模数 $m1-8$ 公厘

螺旋角 $\pm 45^\circ$

齿数 $4-120$

齿宽直齿 40 公厘

45°螺旋齿 20 公厘

工作台：纵向移动量 220 公厘

进给量 0.02 公厘/格

微动进给 0.002 公厘/格

砂轮：尺寸 $\phi 400-300$ 公厘

转速 1380 转/分

砂轮架：垂直移动量 220 公厘

进给量 0.0125/格

立柱：迴转角 $\pm 45^\circ$
(刻度 5'1 格)

头架：速度 13. 18. 24. 36 往复行程/分

马达：

头架 1台，930转/分

砂轮 1.7台，1420转/分

机床尺寸：1845×1460×2175 公厘

机床重量 3000 公斤。

机床为卧式布局，工件及砂轮轴均为水平，采用大直径砂轮以单面磨削工件齿形，磨完一面后掉转工件磨另一面。工件作展成运动，利用一个渐开线凸轮，并能利用分度板。

机床全部为机械传动。工件头架有横干系统作进给运动。分度机构由软轴传动。凸轮及分度板均为可换零件。

工件头架往复变速时用宝塔式三角皮带轮，工件向砂轮进给有微动装置。砂轮修整机构为手动。有样板可修整要形齿用砂轮，砂轮架立柱可迴转成角度，以磨削螺旋齿形。

砂轮轴及工件轴均采用滚动轴承，工件轴有内外二个主轴，内主轴采用滑动轴承。

工件台导轨及工件头架导轨均为滑动导轨。

机床的精度按说明书规定如下：

模数	m1-4, m4-6, m6-8
相邻节距误差	3 公忽 3 公忽 4 公忽
累积节距误差	10 公忽/最大直径
齿形误差	3, 4, 5 公忽
齿向误差	2 公忽/10 公厘以上
表面光洁度	▽▽9

2. 5893 型

工件：节径 4, 100-320 公厘
模数 m2-12 公厘。