

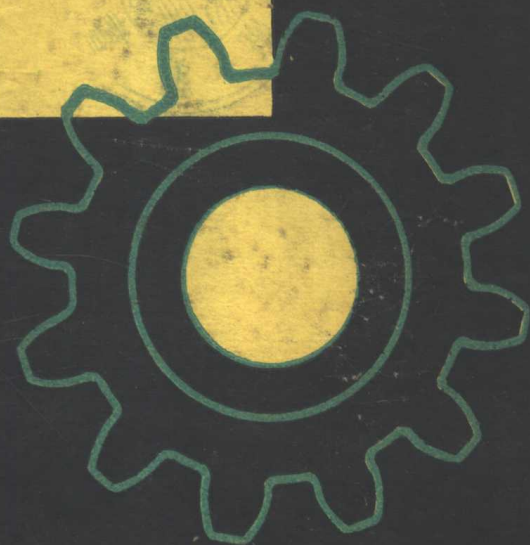
高 等 学 校 教 学 用 书

172213

謝明欽科著

齿轮刀具

下 册



机 械 工 业 出 版 社

高等学校教学用书



齿 輪 刀 具

下 册

設 計 与 制 造

張兴耀、李龙天譯

苏联机床制造人民委员会教育司审定为
机器制造高等技术学校教学参考書



机械工业出版社

1958

出版者的話

苏联謝明欽科教授是刀具方面的权威，所著[刀具]一書已成为刀具方面的經典著作。这部巨著共分四册，集刀具設計和制造之大成，从总的內容来看，前兩册介紹普通刀具，后兩册介紹齒輪刀具。由于一、二册出版時間較早，同时后来又有可以代替它的文献，所以暫不准备出版。現在翻譯出版的是原書三、四册，書名改为[齒輪刀具]，分上、下册出版。

本書是原書的第四册，由下列各章組成：1)剃齒刀；2)展成刀具；3)直齒圓錐齒輪刨刀；4)曲綫齒圓錐齒輪銑刀盤；5)錐形滾刀。每章都介紹了該項刀具的計算、設計、制造及使用。

齒輪刀具是目前重要問題之一，但是以前还没有出过这类專門性的著作。

本書的讀者对象为大專学校学生及有关刀具設計、制造和使用的工程技術人員。

苏联 И. И. Семенченко 著 'Режущий инструмент (конструирование и производство) Том IV' (Машгиз 1944年第一版)

*

*

*

NO. 1733

1958年6月第一版 1958年6月第一版第一次印刷

850×1168¹/₃₂ 字数368千字 印張13⁶/₁₆ 插頁2 0,001—3,000册

机械工業出版社(北京东交民巷27号)出版

机械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第008号 定价(10)2.30元

目 次

序言	6
第一章 剃齿刀 (張兴耀譯)	7
齿輪精加工	7
齿輪的技术要求(7)——配研(8)——挤齿(9)——研齿(10)——鍍磨(12)——磨齿(13)——剃齿(14)——剃齿-挤齿(14)——齿輪选配(14)	
剃齿刀具	15
剃齿的性質和意义(15)	
密契根工具厂剃齿法	16
密契根工具厂剃齿法的原理(16)——齿条狀剃齿刀(18)——剃齿时切削速度的确定(21)——剃齿刀刀齿螺旋角的选择(23)——刃槽傾角的选择(26)——齿条狀剃齿刀要素的公差(27)	
国家拉刀厂剃齿法	28
国家拉刀厂剃齿法的性質(28)——切削速度(33)——齿輪狀剃齿刀(35)——啮合的驗算(43)——加工直齿齿輪的齿輪狀剃齿刀的計算举例(47)——齿輪狀剃齿刀的公差(51)	
密契根工具厂剃齿法与国家拉刀厂剃齿法的比較	51
剃齿对齿輪的矯正作用	53
齿輪材料的加工性能与剃齿刀的磨鈍	54
剃齿刀的修正	55
齿輪狀剃齿刀的制造	58
材料(58)——工艺过程(58)——檢驗(64)	
第二章 展成刀具 (張兴耀譯)	66
展成刀具的种类	66
展成法的基本原理	67
刀具齿形的求法	68
刀具齿形的作圖法	69
軋刀作圖法(70)——印形作圖法(71)	
刀具齿形的数解法	73
原始数据(73)	
利用啮合綫求滾刀的齿形	75
求啮合綫的方程式(75)——节圓半徑对啮合持續時間的影响(77)——用滾刀加工时花鍵軸的最小节圓半徑的确定(79)——典型工件的节圓半徑的确定(82)——求滾刀齿形的方程式(85)——求滾刀齿形的有效部分(86)	
利用工件齿形的順序位置的包絡綫求滾刀齿形	88
求滾刀齿形的方程式(88)——过渡曲綫值(90)——节圓半徑的选择(92)——用圆弧代替齿形理論曲綫(93)	
标准的花鍵接合	97
計算滾刀齿形用的数据	100
花鍵滾刀齿形的計算举例	106
展成花鍵滾刀的結構尺寸的选定	115
滾刀的种类(115)	
节圓直徑的选定	116
花鍵齿的計算寬度(117)	
外徑和內孔直徑	118

滾刀的長度	119
齒紋	121
齒全高	121
中徑	121
螺旋槽螺旋角和螺旋槽距	122
刀齒槽	125
鏈齒量	125
其他結構尺寸	125
花鏈滾刀的公差(126)	
成形滾刀	128
成形切削法的實質和特點(128)	
求成形滾刀的齒形	132
位移量的確定(132)——位移的選擇(136)——滾刀齒數的選定(138)——鏈齒(138)——成形滾刀的結構尺寸的確定(144)	
成形滾刀的設計說明	147
成形滾刀的公差(150)	
長齒滾刀	152
花鏈滾刀的製造	154
材料(154)——展成滾刀的製造(154)——成形滾刀的製造(159)	
花鏈插齒刀	161
插制的花鏈軸的最小節圓半徑的求法(161)——嚙合綫有效部分的長度(164)——插齒刀齒形方程式的求法(165)——插制的花鏈軸的齒形的過渡曲綫和直綫部分(166)——求過渡曲綫的方程式(168)——過渡曲綫高度的確定(172)——減小過渡曲綫尺寸的方法(173)——原始齒廓的齒形(175)——插齒刀刀齒的尖度(176)——插齒刀的頂圓半徑和根圓半徑(177)——插齒刀的切削刃角(178)——插齒刀齒形的磨制(180)	
第三章 直齒圓錐齒輪刨刀 (李龍天譯)	182
直齒圓錐齒輪	182
直齒圓錐齒輪的用途(182)——嚙合原理(182)——齒形的近似構形法(185)——相當於平面齒輪輪齒的刨刀(188)	
格里生及蓋斯烈赫-加爾別克型機床用刨刀	190
格里生型機床(190)——蓋斯烈赫-加爾別克型機床(193)——刨刀的型式及其規格的統一(194)——刨刀尺寸的決定(197)——刨刀的切削刃角(202)——粗切刨刀(209)——公差(210)——縮減刨刀型式-尺寸的可能性(210)	
比爾格拉姆型機床用刨刀	213
比爾格拉姆型機床(213)——比爾格拉姆型機床用刨刀(215)	
格里生及蓋斯烈赫-加爾別克型刨刀的製造	217
材料(217)——工藝過程(217)	
第四章 銑切曲綫齒圓錐齒輪的格里生銑刀盤 (李龍天譯)	221
曲綫齒圓錐齒輪的優點及其應用範圍	221
曲綫齒圓錐齒輪的切削方法	224
格里生與克林根伯爾格方法的比較(229)	
在格里生機床上切削曲綫齒圓錐齒輪	233
格里生方法的原理(233)——平面齒形齒輪的形狀(237)——機床的傳動系統(238)——齒輪的切削法(242)	
曲綫齒圓錐齒輪的基本要素	244
嚙合角(244)——銜接齒輪的齒頂與齒根尺寸(244)——分齒圓、齒頂圓和齒	

根圓直徑(247)——分齒錐的公共母綫長(247)——齒厚(247)——分齒錐、面錐和根錐角(248)——齒頂角和齒根角(249)——輪齒的螺旋方向和螺旋角(249)——齒進弧(251)——齒長(252)——作用在支承上的軸向力(253)	
格里生方法的嚙合理論基礎	256
點嚙合(256)——齒輪嚙合的基本原則(259)——刀號制度(260)——小齒輪的精切安裝(261)——對角接觸的校正(262)——短接觸區的校正(264)	
銑刀盤	265
格里生刀盤的優點(265)——刀盤的型式和尺寸(266)——小尺寸刀盤的構造(266)——鑲刀片刀盤的構造(266)	
銑刀盤的構成要素	275
刀盤的名義直徑(276)——刀齒數(279)——刀片的刃尖距(279)——刀盤的刃尖直徑與產形直徑(286)——刀號(289)——切削刃齒形角(290)——刀片的基準距離(290)——墊片厚度(291)——刀片的切削刃角(297)——刀片齒側表面的形狀(299)——銑刀盤的計算說明卡(304)	
銑刀盤在切齒機床上的安裝	313
刀盤的粗切安裝(313)——刀盤安裝的簡化(315)——刀盤的精切安裝(317)——用一個刀號的刀片來銑切各種齒輪(322)	
接觸區的調節	325
接觸區及其定義(325)——調節接觸區的基本概念(328)——接觸區分布位置的典型缺陷及其消除法(333)——裝配齒輪傳動時保證接觸區正確位置的條件(335)——對角接觸(337)——接觸區的 $\frac{V}{H}$ 校正法(346)	
銑刀盤各要素的公差	348
標準化齒輪的杜普列克斯切削法	351
小批生產圓錐齒輪的焦賓切削法	354
焦賓法的作用及優點(354)——焦賓切削法的特点(355)——銑刀盤的選擇(356)——求產形齒輪的齒數(358)——求刀片的刃尖距及刀號(259)	
銑切圓錐齒輪的新方法	363
克里伏蘭德-霍賓法(363)——格里生公司的福爾密特法(365)——馬曼諾法(366)	
格里生銑刀盤的製造	367
材料(367)——刀盤製造的工藝過程(368)	
第五章 克林根伯爾格錐形滾刀(李龍天譯)	385
滾刀的工作原理	385
錐形滾刀的構造	387
型式(387)——節錐母綫的形狀(388)——齒形部分(393)——輪廓尺寸(394)——切削部分(396)——安裝角的修正(397)	
用克林根伯爾格錐形滾刀銑切齒輪的原理	400
基本定義(400)——工作原理(401)——滾刀、產形齒輪和輪坯的運動(404)——滾刀的形狀(405)——正向和負向銑切(406)	
用克林根伯爾格錐形滾刀切制齒輪的理論分析	408
延伸漸開綫和收縮漸開綫(408)——相當於錐形阿基米德蝸杆的滾刀(410)——延伸或收縮漸開綫齒輪齒形的求得(413)——准漸開綫嚙合(415)	
克林根伯爾格滾齒機	418
克林根伯爾格錐形滾刀的製造	423
材料和毛坯(423)——滾刀製造的工藝過程(423)——錐形滾刀的公差(427)	

序 言

[刀具]第四册繼續第三册討論下列刀具: 1. 剃齿刀, 2. 展成刀具, 3. 直齿圓錐齒輪刨刀, 4. 曲綫齒圓錐齒輪銑刀盤(格里生Глисон), 5. 錐形滾刀(克林根伯格 Клингельнберг)。

为了使書的內容編排方便起見, 作者認為將直齿和曲綫齒圓錐齒輪嚙合的基本概念編于第四册內第三、四、五各章之首, 較之編于第三册第一章內更为合理, 而在第三册內則仅討論齒輪嚙合的一般基本概念。

在第四册內用了較多的篇幅來闡明 a) 展成刀具(第二章)和 б) 格里生銑刀盤(第四章)兩章。

在第二章內除去詳細地闡明了非漸開綫齒形的展成滾刀和插齒刀的計算和設計之外, 同时还闡明了成形加工法(或拉制法)的, 亦即非展成法的成形滾刀。在苏联和其他各国这些滾刀的重要性与年俱增, 并在机器制造业, 尤其是花鍵軸加工上占極重要的地位。

虽然曲綫齒圓錐齒輪較之直齒圓錐齒輪具有極大的优越性, 但是曲綫齒圓錐齒輪在苏联工業中的应用并不广泛。这主要是由于苏联工業对它的加工方法不够熟悉和缺乏制造这种齒輪的机床。在美国格里生机床不但在汽車制造工業, 并且在許多其他机器制造工業中得到極其广泛的采用。这类机床的独占者格里生公司的發展就足以說明它的应用的广泛。1930 年格里生公司出产了:

切直齿齒輪的机床……………三种类型

切曲綫齒齒輪的机床……………六种类型

而在 1940 年切曲綫齒齒輪机床的类型的出产比重显著地提高:

切直齿齒輪的机床……………三种类型

切曲綫齒齒輪的机床……………十四种类型

即二十三型号。

还必須注意, 与此同时还出产了許多机床設備以適應机器制造业对于圓錐齒輪的不同要求。

近年来由于格里生公司提出了一些新的修正方法(如焦宾 Джоббинг, 福尔密特 Формэйт, 零度齒輪 Колёса Зерол 等方法), 这更促进了这类机床在机器制造中更广泛的应用。

苏联的齒輪制造和工具制造的專家們对曲綫齒圓錐齒輪的加工方法必須予以極其严重的注意, 以便广泛地运用这种齒輪及其修正方法的一切重大的优点。鑒于这一問題的重要性和在文献上这方面的著述不多, 作者認為詳細地对这一問題加以研究是非常必要的。

第四册的內容的編排与前三册相同, 它包括切齿刀具的計算、設計和制造。

本書的讀者对象是刀具制造部門的工程师、技術員和高等机器制造工業學校的学生。

第一章 剃齿刀

齒輪精加工^①

齒輪的技术要求

随着現代机器,特别是飞机和汽車的迅速发展,对齒輪的技术要求更越来越严格了。齒輪傳动的最坏因素是噪音,它显示着齒輪傳动的不正常并使齒輪由于过早磨損而报废。

近十年来切制齒輪的技术部門大力探求产生噪音的原因及其避免方法。这一时期的特出方法有:

- 1) 减小齒輪的公差;
- 2) 采用斜齿齒輪来代替直齿齒輪;
- 3) 应用新的热处理方法(氰化, 气体渗碳, 高频淬火等);
- 4) 运用新方法來精加工齒輪(剃齿、精磨等);
- 5) 采用非金屬齒輪。

虽然在这方面已經作过許多工作,但如何制出無噪音齒輪,至今还没有得到解决。

假使現今欧美的名厂多多少少制出些無噪音齒輪,那末首先是由于采用了大量耗費材料、成本昂貴和生产率低的加工方法,其次是由于采用了違反互換性原則的加工方法。

齒輪产生噪音的基本原因有:

- 1) 加工不精确;
- 2) 裝配不精确;
- 3) 齒輪箱內發生共振;
- 4) 齒輪共軛齿形發生接触摩擦;

① 參閱 Н. П. Чаласев, Чистовая и окончательная обработка зубчатых колёс, "Труды I зуборезной конференции", 1936.

5) 潤滑油被挤掉;

6) 軸在負荷作用下發生弯曲变形。

其中加工不精确是造成齒輪傳動噪音的最重要因素，由此应極力研究改进齒輪加工工艺是很明显的。于是出現了新的加工方法和比較完善的新式齒輪精切机床，这种机床即使在大量生产中也能加工出齿形精度达 2.5μ 的齒輪。

然而提高精度必然会引起产品成本的增高。因此問題在于如何在保証齒輪精度的条件下將成本降至最低限度。但是消除齒輪傳動的噪音不仅是个工艺問題，齒輪制造的專家們还必须努力寻找措施以克服引起噪音的其他因素。

本書仅討論关于改善齒輪加工的工艺問題。

近代采用了各种齒輪精加工方法 其中有:

- 1) 配研; 2) 挤齿; 3) 研齿; 4) 鏜磨; 5) 磨齿; 6) 选配; 7) 剃齿;
- 8) 剃齿-挤齿。

下面分析每种方法的实質。

配 研

旋轉一对衔接的齒輪，同时附加或不附加以輔助运动，运用或不运用磨料使之磨合謂之配研。配研的目的在于获得光滑的齿面和促进齒輪装配后的磨合作用。可見配研不需要任何刀具来切削金屬薄層，以便提高齒輪的精度。因此配研不能改善齿形，反而使之变坏。为了避免这一缺点，某些公司在机床上附加以齒輪的軸向的和徑向的

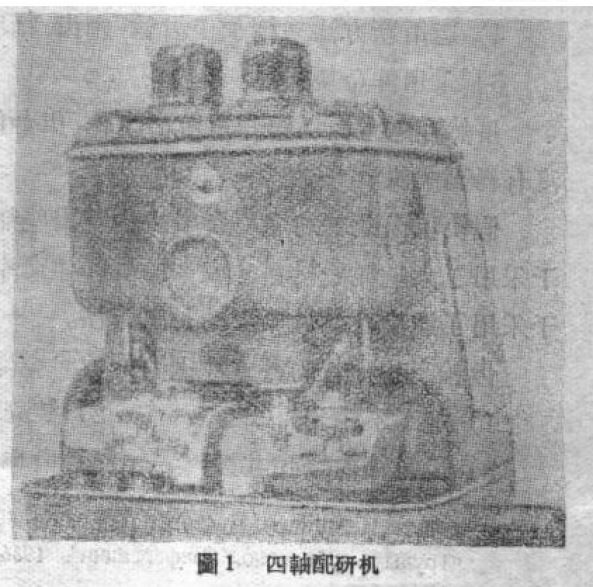


圖 1 四軸配研机

往复运动。其中值得注意的有魏尔聶尔公司 (Ф. Вернер)、克林根伯尔格公司、比尔納茨基公司 (Бирнацкий) 的机床。

有时將齿輪直接裝于齿輪箱內，然后放在特种試驗机 上进行配研。这个方法目前未被采用来加工高質量的齿輪。

圖 1 是魏尔聶尔公司的四軸齿輪配研机。每对主軸上裝上配对的直齿、斜齿或人字齿的齿輪。机床的特点除旋轉外，每个輪坯尚有輔助运动 (圖 2)。例如左主軸上的輪坯作徑向运动，則右主軸上的輪坯作軸向运动；右主軸上的輪坯作徑向运动，則左主軸上的輪坯作軸向运动，即上下运动。配研过程中在設備上的特殊裝置的作用下，齿面始終在接触。由于徑向和軸向运动迅速地交替进行和輪坯本身旋轉的結果，輪坯

的齿面上被刻划出弧形曲綫 (圖 3)。

配研的时间 为 5~10 分鐘。該公司建議不用磨料来配研。

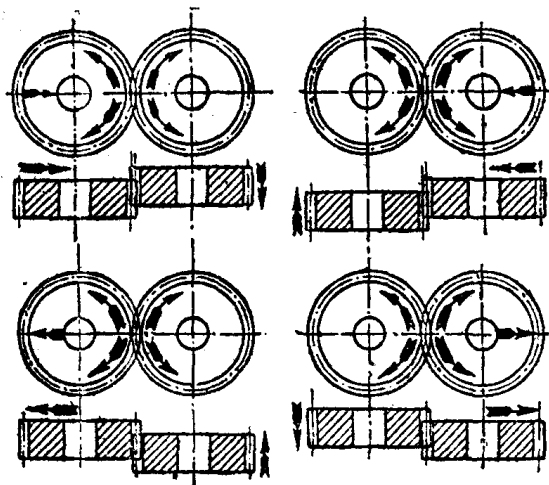


圖 2 配研机的工作原理圖

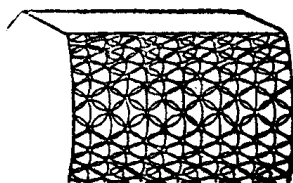


圖 3 配研后的紋絡

挤 齿

挤压并旋轉輪坯和已淬火的標準齿輪，利用冷压作用来碾光未淬火的輪坯的齿面謂之挤齿。挤齿后齿面光滑發亮。但齿形不仅不能改善，反而更坏。

其原因是：根据漸开綫的嚙合原理，銜接的輪齿的齿面作不均匀的滑动。在节圓上無滑动而只有滾动。此后齿面的滑动程度随离开节圓的距离按比例增加而至齿根处和齿頂处为最大。由于齿面的材料磨耗不

均,引起了齿形的改变。

已淬火的齿輪的齿面变形小,而被已淬火的 标准 齿輪挤压的未淬火的輪坯的齿面的变形大。这些在挤齿时所得到的不准确的齿形被以后的热处理固定下来。

挤齿的另一缺点是加工硬化,热处理时它使 齿輪产生極大的內应力。苏联及其他国家的試驗証明挤齿对齿輪的質量是有害的。

为此福特(Форд)和派卡(Паккард)汽車厂已停止采用挤齿,并且在1935年采用了剃齿来代替挤齿。

挤齿是在挤齿机上进行的。值得注意的挤齿机有鮑連杰尔(Болендер)、費洛(Феллоу)、雷聶凱尔(Рейнекер)等公司的 机床。鮑連杰尔公司1928年出产的机床的采用較广。机床的工作原理是輪坯与周圍三个已淬火的 标准齿輪啮合并旋轉。标准齿輪具有高精度的齿形(在 $\pm 5\mu$ 內)。用气动装置將輪坯夾持于标准齿輪的中間。

1928年至1932年間挤齿是最主要的和采用最广的 齿輪精加工方法。

研 齿

使用研輪和研粉并利用輪坯和研輪的相对运动来磨正輪坯的輪齿謂之研齿(或称細磨,或称研磨)。研磨的目的在于获得高精度和光滑發亮的齿面。研齿的齿厚最大加工余量应小于0.03公厘。

研磨可用于已淬火的和未淬火的齿輪。对已淬火的齿輪采用軟研輪(鑄鉄的或銅的),研輪上粘以比輪坯硬度高的研粉。研輪的作用与油石相同,对未淬火的齿輪采用淬过火的研輪,研輪上粘以軟性研粉,它的硬度比輪坯高,但比研輪低。將研粉洒于輪坯和研輪的摩擦面之間。

研齿是齿輪精加工中广泛应用的老方法之一。

目前实际应用的齿輪研磨机不下十五种,但基本上可以分为两大类:

1) 德国式和 2) 美国式。

第一类机床的工作原理是研輪的軸綫与輪坯的軸綫平行,彼此交

替进行軸向和徑向运动。

其中值得注意的有魏尔聶尔、克林根伯尔格、比尔納茨基等公司的机床。这同时也代表了机床的型类，彼此的區別和它們的齒輪配研机的區別相同。所不同者只是研齒机以研輪代替了配研机上的配研齒輪。

根据“机床結構”工厂(Станкоконструкция)● 在魏尔聶尔机床上的試驗結果，研齒后齒輪的精度为：

	研齒前	研齒后
1) 节圓摆差……………	0.07公厘	0.05公厘
2) 齿距……………	0.024公厘	0.008公厘●
3) 齿形……………	0.02~0.03公厘	0.02~0.03公厘

由此可知齿形沒有改善，而齿距的精度却大为提高。

菲罗机床只能应用于二級精度的齒輪。

第二类机床的工作原理是研輪的軸綫与輪坯的軸綫交錯，于是形成螺旋齒輪傳动。螺旋齒輪傳动具有的一些特点是一般齒輪傳动所沒有的：

- 1) 工作的平稳性，由于嚙合率的提高；
- 2) 輪齒的磨損均匀，由于齿面上同直徑的点是依次先后接触的；
- 3) 輪齒的滑动量大。

輪齒的滑动是齒輪傳动的坏因素，它会引起齿面的过早磨損。但是对研齒說来，它是有利的。因为滑动促进加工的速度，提高机床的生产率。

第二类机床中值得注意的有密契根工具厂(Мичиган-Тул)、国家拉刀厂(Нейшенел-Броуч)和費洛厂的机床。

在应用較广的密契根工具厂牌的机床上，輪坯本身旋轉并與三个研輪嚙合，輪坯的軸綫与两个研輪的軸綫交錯而与第三个研輪的軸綫平行。輪坯有軸向运动。

按螺旋傳动的嚙合原理，理論上輪齒是点接触，但实际上是面接

● 詳見 Н. П. Чапаев, Пригирка шестерён на станке Ф. Вернер, “Станки и инструмент”, № 3, 1936г.

● 此处原書为 0.08 公厘，可能有誤。——譯者

触。在嚙合过程中,接触面沿齿面的对角线方向移动(圖4)。由于輪坯与两个螺旋齿研輪依次接触,于是在輪坯的輪齿全長的一小部分內形成許多帶狀的痕迹(長度为 e),傾斜着排列并彼此互相交錯。

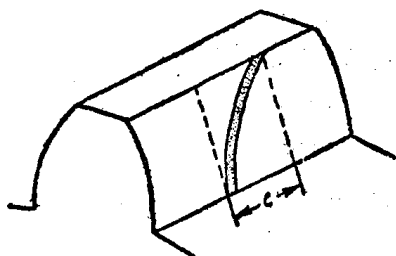


圖4 研痕的傾斜排列

第三个是直齿研輪,它的軸綫与輪坯的軸綫平行,使研齿能在輪齿的全長內进行。根据“金屬切削机床科学研究院”(ЭНИМС)的試驗結果,在这类机床上研齿后,齿輪的精度如下:

摆差.....	0.01~0.03 公厘
齿距.....	0.01 公厘
齿形.....	0.005~0.010 公厘

研齿时间的長短对齿輪的精度起極大的作用。假使研齿时间过长,則輪坯的齿形不但不能改善,反而变坏。其原因,一方面是由于螺旋傳动嚙合过程中齿面遭到大量的磨耗,另一方面是由于留存有研粉。建議对規格不同的齿輪应先用几个試样找出最合理的研齿时间,然后投入生产。

研齿后面光滑鏡亮,它的质量远比磨制的齿面高。

研齿机的生产率很高,齿厚方向的加工余量等于0.02公厘时,研齿的时间为2分鐘。密契根工具厂牌机床宜用于制造一級精度的齿輪。使用这种机床时应注意使加工余量均匀并且不得超过0.03公厘,否則机床的生产率將大为降低。

研比磨精細,因此研齿应该在初磨之后进行,这样研齿的效果会更好。

研齿的缺点是研齿后面粘有研粉,虽經清洗亦难完全去掉,这会使齿輪在使用时容易过早磨損而降低其使用寿命。

鏟 磨

用細研料制成的研輪来加工已淬火的齿輪謂之鏟磨。鏟磨的目的

在于获得高精度和光潔平滑的齿面。鏢磨与研齿基本上相似,唯一的区别是鏢磨用的研輪是用細研料制成的。

与研齿比較,鏢磨的优点是工件材料的均匀性不影响鏢磨的質量,反之,材料的均匀性对研齿則極为重要,它影响工件輪齿的精度和光潔度。鏢磨能磨去較大的加工余量,可达 0.25 公厘的齿厚尺寸。因此鏢磨可以矯正齿形由于热处理变形的偏差,鏢磨后齿形的精度在 0.01~0.02 公厘內。鏢磨的生产率比研齿高。

鏢磨的显著优点是沒有研料粒粘在工件的齿面上,因此鏢磨加工的齿輪的磨損沒有研齿加工的齿輪那样快。

可以用費洛厂牌的一般研齿机和桑宾厂牌(Санбин)的机床来进行研磨,后一种机床專用来鏢磨花鍵孔。

这一齿輪精加工方法尚在試驗研究阶段。

磨 齿

磨齿是較可靠的齿輪精加工的老方法之一。它的优点首先是能提高齿形的精度(漸开綫的偏差在 0.0025 公厘以下),其次是热处理后齿輪的加工余量不受限制。但它的缺点是生产率低。例如用展成法加工齿厚方向的加工余量等于 0.3 公厘的工件时,磨齿的时间是每齿 2~3 分鐘。用成形磨削加工虽能提高机床的生产率(每齿在 0.75 分鐘以下),但齿形的精度則大为降低(0.01~0.015 公厘)。

由于生产率低,操作复杂和要求工人的技巧高,許多厂家采用其他齿輪精加工方法来代替磨齿。比尤克(Бюик)汽車公司早在 1932 年就采用了密契根工具厂牌的研齿机(50 台)来代替整个齿輪磨床工段(32 台)。

虽然磨齿有缺点,但假使热处理后,齿形、齿距及节圓同心度的誤差超过 0.12 公厘时,則必須采用磨齿。研齿不能矯正这样大的誤差。如实际經驗所指出,輪齿的誤差超过 0.025 公厘时,采用研齿是不經濟的,此时必須采用磨齿。可見磨齿可以与研齿配合起来运用,先用齿輪磨床磨去各种誤差,然后用研齿机使工件的齿面光潔平滑。

按加工方法区分齒輪磨床为兩类:

1) 展成法的和 2) 成形法的。

第一类机床利用一个或两个砂輪作为假想齿条上的齿来加工齒輪。这类机床的制造公司有馬格(Магг)、納里斯(Найльс)、普拉特-烏依特聶(Пратт-Уитней)、切尔契里(Черчиль)、李斯-勃拉德聶尔(Лис-Браднер)、国家工具厂、雷聶凱尔等。第二类机床利用漸开綫的成形砂輪来加工齒輪之間的齿溝。这类机床的制造公司有吉尔·格拉丁格(Гир-Грайндинг、奥尔凱特Оркэт)和雷聶凱尔等。

剃 齿

用特种刀具(剃齿刀)来加工未經磨削的齒輪輪齿,从齿面上刮下頭髮狀的切屑,这种加工方法謂之剃齿。剃齿能提高齒輪的精度和齿面的質量。这种輪齿精加工方法下文將詳細闡明。

剃齿-挤齿

把剃齿(切削)和挤齿(冷压)二法联合起来加工未經磨削的齒輪輪齿謂之剃齿-挤齿,它是用特种刀具,即挤齿剃齿刀来进行加工。

齒輪选配

在特种試驗机上按規定的工艺要求將齒輪分組配对以获得耐用和無噪音的齒輪对謂之齒輪选配。它是齒輪精加工后的最后工序,并在国家拉刀厂、密契根工具厂、魏尔聶尔、盖尔別特(Герберт)等公司的机床上进行,根据噪音的測量結果来鑒別齒輪配对的正确程度。

其中值得特別注意的是国家拉刀厂牌的机床,它的优点是可直接安裝在車間內使用,而其他厂牌的机床則必須安裝在特殊的房間內使用,以防止其他声音的混淆。利用声音使振動器振动的原理,用指示測音計来測量噪音。

剃齒刀具

剃齒的性質和意義

如前所述剃齒是對未淬火的齒輪的精加工方法，加工時剃出頭髮狀的切屑。“剃”是仿照美國的稱法。在美國這種加工方法稱“剃”(shaving)，是英語“to shave”和俄語“брить”的同義字。這一名稱對這種精細的齒輪精加工方法是非常恰當的。

剃齒的加工余量在齒厚方向為 $0.1 \sim 0.25$ 公厘。加工的刀痕與插齒或刨齒的情況不同，不是沿齒輪的縱向方向，而是沿齒輪的橫向方向。因此，在切齒時遺留下來的縱向刀痕就完全可以去掉。

剃齒法的出現並不久。1923 年才開始向這方面進行研究，但是在 1928 年普拉特-烏依特聶公司的特種機床出產後，這些研究就停頓了。

1932 年剃齒開始在工業上獲得應用。當時出現了兩種典型的機床，即密契根工具廠牌的機床（以齒條狀剃齒刀作為刀具）和國家拉刀廠牌的機床（以齒輪狀剃齒刀作為刀具）。從此，剃齒便在歐美各廠迅速地發展並佔據了齒輪精加工方法的首位。剃齒之所以能迅速地發展是由于下列的原因：

- 1) 能切去足夠厚的金屬層；
- 2) 剃齒後齒輪的精度高，齒面的質量好，可以用來精加工高級精度的齒輪；
- 3) 生產率高；
- 4) 剃齒之前可以用滾刀來初切齒輪，滾切的生產率遠比插齒高，因此可以降低齒輪的制造成本；
- 5) 刀具的耐用度高；
- 6) 機床構造簡單，調整簡便，對工人的技巧要求不高。

但是剃齒也有缺點，其中應注意的有：

- 1) 刀具昂貴；

2) 不能消除加工硬化;

3) 必須規定剃齒的加工余量, 其在齒厚方向不得超過 0.25 公厘。

剃齒的廣泛採用引起了齒輪加工工藝過程的改變。以前, 齒輪精加工, 如磨齒、研齒或磨研聯合法, 是在熱處理後進行的。一般的熱處理方法常使工件產生劇烈的變形, 因此, 淬火之前進行精加工是被認為不經濟的, 因為這種工藝需要大量的研齒機。

剃齒出現的同時, 也出現了更完善的熱處理方法(氣體滲碳、氰化等), 可以保證齒輪在淬火後輪齒不扭曲。於是, 在熱處理之前進行輪齒的精加工, 切下較薄的金屬層以保證高的生產率和精度就非常經濟合理了。

必須說明, 某些工廠採用剃齒的目的是為了便於經過一般熱處理之後的齒輪的精加工。事實上只有當齒輪的精度不低於 0.025 公厘時採用研齒才會合算。在裝備優良的熱處理車間內, 熱處理的誤差可以保證在 0.005~0.025 公厘內, 這完全可以滿足研齒的要求。但是還應加上插齒機本身的誤差(可達 0.02 公厘)。因此, 可以採用剃齒來去掉機械加工的誤差; 然後採用研齒來去掉熱處理所產生的誤差。這種工藝用於比尤克汽車廠。

剃齒提高了用滾刀切齒的作用, 這是因為滾刀加工能保證齒輪在剃齒之前的技術要求, 並且用滾刀切齒的生產率遠比插齒高。由於這一原因某些公司(如通用汽車公司 *автомобильная фирма Дженераль Моторс*)現在已經不採用插齒機進行生產了。

密契根工具廠剃齒法

密契根工具廠剃齒法的原理

這個方法的特点是齒條作為刀具。機床總圖見圖 5, 用斜齒齒條來加工直齒齒輪而用直齒齒條來加工斜齒齒輪。兩種情況下齒條和輪坯的軸綫都是交錯的傳動, 即螺旋傳動。