

插 齿 刀

馬 丘 申 著



机 械 工 業 出 版 社

插 齒 刀

(制 造 和 檢 查)

馬 丘 申 著
徐 書 鐘 譯



机 械 工 業 出 版 社

1 9 5 7

出版者的話

本書介紹精密插齒刀的制造工艺和工序檢查的理論基础，以及檢查技术和所用量具。特別着重介紹插齒刀的磨齒工序以及這一道工序的檢查。此外，还介紹漸开綫仪及其他檢查插齒刀的量具的工作原理。本書所介紹的对象，主要是标准盤形直齒插齒刀。

齒輪加工是机械制造中最困难的工作之一。所用刀具对加工質量的好坏有直接的关系。插齒刀是常用的齒輪刀具之一。它的制造正是不易掌握的技术問題。本書的出版希望对这项問題的解决能够有所帮助。

本書的讀者对象是齒輪加工和齒輪刀具制造方面的工程技术人员。

苏联 В. М. Матюшин 著 ‘Зуборезные долбяки’ (Машгиз
1948 年第一版)

*

*

*

NO. 1477

1957 年 6 月第一版 1957 年 6 月第一版第一次印刷

787×1092¹/₃₂ 字数 89 千字 印張 4¹/₄ 0,001— 3,900 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) 0.65 元

目 次

原序	5
第一章 導言	7
插齒刀設計和制造的基本特点	7
第二章 插齒刀制造工藝和檢查的概述	11
1 材料、毛坯工序、車工和銑齒	11
2 插齒刀的热处理	21
3 插齒刀基准面的加工和檢查	28
4 初磨前面齒頂圓和磨削背錐面	34
5 齒形的磨制和插齒刀的檢查	36
6 插齒刀齒頂圓和前面的終磨	51
第三章 Нейшенел Тул 型磨齒机	55
1 基本規格	55
2 机床工作原理	57
3 磨齒过程	66
4 傳动簡圖和机床主要部件	71
5 机床調整和加工的准备	77
6 机床工作时的缺陷及其防止	88
7 机床的維護	91
8 切削用量	92
第四章 插齒刀齒形的檢查和測量	94
1 一般概念	94
2 漸开綫仪工作原理	95
3 插齒刀齒形檢查的一般計算	98
4 滾動圓盤直徑的決定	102
5 齒形測量的可能誤差	103

6 滚动圆盤直径误差的影响	105
7 测尖位置的影响	111
第五章 插齿刀刀齿尺寸的检查和测量	122
1 一般概念	122
2 用直角卡板测量	123
3 不同齿侧的公法线距离的测量	124
4 用梯形卡板测量	125
参考文献	135

原 序

本書是為刀具制造工程技術人員們寫的。其中一大部分，例如插齒刀的檢查問題對於從事于正齒輪加工的工程技術人員也是有益處的。

書中的大部分篇幅——插齒刀施工和檢查的一般問題和磨齒機的操作等——對於制造或使用插齒刀的优秀工人、檢查員、工組長和修理工等也是有用的。

由於廣泛而經常用到的是標準盤形的直齒插齒刀，因此本書特別注意這種插齒刀的制造問題。因篇幅所限，對於其他形式——斜齒的、帶柄的、用於剃齒工序前的、小模數的插齒刀不可能全面而完善地加以敘述。所以對於此類插齒刀的制造特點僅限於極個別而簡短的敘述[●]。

對於用氰化、鍍鉻、電鍍硬質合金等方法以改善插齒刀的切削性能這些方面也沒有加以詳細考慮。

● 所述各種類型的插齒刀的制造在下列各書中或多或少地談到了一些：

В. М. Матюшин, Особенности работы и производства хвостовых долбёжков, "Станки и инструмент" № 7, 1939.

С. И. Самойлов (Уралмашзавод), Изготовление долбёжков типа Сайкса с наборными зубьями, "Станки и инструмент" № 9, 1939.

ВТИ МСС СССР, Технологические маршруты и нормы времени изготовления режущего инструмента, вып. IV, "Зуборезный и протяжной инструмент", Машгиз, 1946.

Л. А. Архангельский, Различные способы заточки косозубых долбёжков и их анализ, "Сборник работ Центрального бюро реконструкторства" № 1, 1940.

如果本書能幫助插齒刀的制造者和使用者掌握插齒刀的制造和使用的一般工藝,并提高其質量,使之成为高精度的刀具,作者是会感到充分滿意的。

作者

Отдельные ценные сведения по производству долбяков содержатся также в работах:

Проф. И. И. Семенченко, Режущий инструмент, т. ш, Машгиз, 1944.

А. Н. Грубин, М. Б. Лихднер и М. С. Полоцкий, Зубо-резный инструмент, ч. 1, Машгиз, 1947.

第一章 導 言

插齒刀設計和制造的基本特点

插齒刀具有下列各項基本特点，在設計和使用時必須注意到它們。

1. 插齒刀是成形刀具——其切削刃具有複雜而嚴格規定的截形，而且其齒形是被加工工件的截形即齒輪齒形的直接函數。

2. 制造插齒刀的工作量很大，因此設計和制造插齒刀必須使其總壽命（即每次刃磨的耐用度和刃磨次數的乘積）達到最大值。插齒刀的設計必須使其每次刃磨後能保持齒形不變，直到其工作壽命終了為止。

3. 當設計插齒刀和其制造加工時，必須考慮切削理論和嚙合理論。這樣便使：第一，與插齒刀設計、制造和使用有關的計算十分複雜；第二，為了精通其制造和檢查工藝必須通曉漸開線的嚙合理論。

4. 插齒刀設計的複雜性及其高精度（插齒刀是精密刀具之一）也造成其工藝的複雜性和特殊性，而在制造和檢查上要求特別的設備。

插齒刀（圖1），作為一種刀具來考慮，其本身即具有正齒或斜齒的齒輪的形狀並具有相當的切削角度——齒頂前角 γ_n 、齒頂後角 α_n 和齒側前角 γ_c 及齒側後角 α_{oc} 。插齒刀用高速鋼制造並經過熱處理以得到足以進行切削的硬度。

從齒輪的漸開線嚙合原理來說，插齒刀本身就是利用原

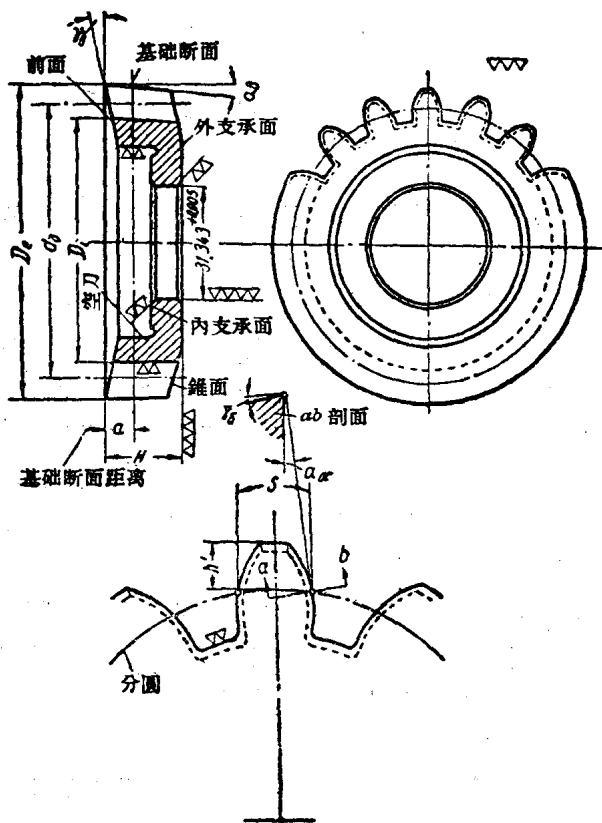


圖 1

始齒條位移的方法來修正的圓柱齒輪，其每一垂直於軸綫的断面都有其各別的位移(圖 2)。

为了明确这个道理，我們可以考慮在“共青团員”型銑齒机用螺旋模数銑刀銑制插齒刀的加工方法。

螺旋銑刀除了平行工件軸綫方向的一般的垂直走刀 a 外，

同时还有垂直軸綫方向的走刀 b (更确切地说, 作后一走刀的不是銑刀而是插齒刀)。这两种走刀的走刀量按傳动計算,

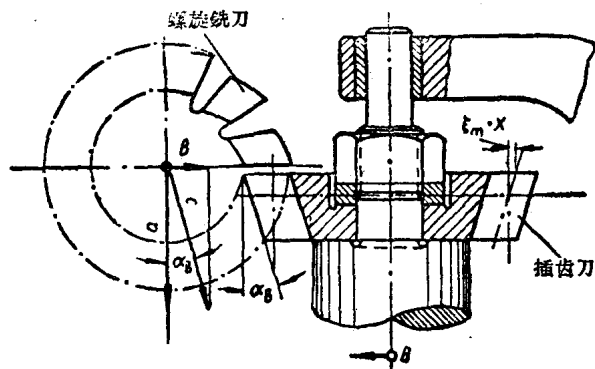


圖 2

須使銑刀的合成走刀对插齒刀軸綫傾斜一个角度 α_β , 此角度等于插齒刀的齒頂后角, 亦即 $\frac{b}{a} = \operatorname{tg} \alpha_\beta$ 。在每个垂直于插齒刀軸綫的截面內, 銑刀与插齒刀的軸綫相隔一定的距离。在另一垂直截面內, 这个距离是不一致的。由于这样, 每一个断面都有其各自特有的原始齒条(銑刀)的位移 x 。

用这个方法作成的插齒刀其齒的兩側是漸开綫螺旋面。插齒刀的切削刃是由前錐面和上述的螺旋面相交而形成的。插齒刀的齒側面是漸开綫螺旋面, 这一事实具有特殊重要的工藝意义。根据螺旋面的原理, 很明顯, 所有螺旋面中只有漸开綫螺旋面能在一平面上展开, 因此它們可以用一平面加工出來; 其他的螺旋面(阿几米德型的或法向剖面为直綫型的)則只能用綫(切削刃)加工出來。漸开綫螺旋面的这种特性便被利用來磨制插齒刀的齒形。磨齒在以后还須詳述, 就是

利用具有極簡單的工作面——平砂輪來進行的。因此磨齒的理論要求比成形磨齒較易達到。

插齒刀在插齒机上固定的基準面是插齒刀的內孔和外支承面。內孔應保證與机床主軸同心，亦即在平面內插齒刀內孔軸綫與主軸軸綫相重合。外支承面應保證這兩軸綫按空間方向相重合。

因此，第一，內孔應該加工成為嚴格的圓柱形。在ГОСТ的插齒刀的技術條件中，對插齒刀內孔公差有極嚴格的規定：A級插齒刀的內孔直徑公差不能大於0.005公厘，內孔的橢圓度和錐度允許在其公差範圍內，內孔孔緣的每邊超出孔公差的喇叭口不應超過孔長的25%。

第二，內孔和机床主軸的配合部分的間隙必須最小。為此目的，插齒刀內孔的公差對公稱尺寸實際上規定為負，而不是正方向，按通常公稱尺寸為31.75公厘($1\frac{1}{4}$ 吋)的內孔，其尺寸為 $31.75_{-0.002}^{+0.000}$ 公厘，或者按ГОСТ的規定為 $31.743_{-0.002}^{+0.000}$ 公厘。這樣做也是為了補償机床主軸常有的某些磨損及主軸的負方向的制造公差的緣故。

第三，插齒刀外支承面應嚴格地與內孔軸綫相垂直，這在A級插齒刀技術條件中規定為許可的端面脈動量——在頂尖間的心軸上檢查，在半徑為30公厘處的千分表讀數差不得大於0.005公厘。

第四，內外支承面必須互相平行。用以在心軸上或主軸上固定插齒刀的螺帽和墊圈的平面也必須是平行的。

第二章 插齒刀制造工藝和 檢查的概述

1 材料、毛坯工序、車工和銑齒

材料和毛坯工序

插齒刀一般都用PΦ1号高速鋼制造。也可用低合金高速鋼ЭИ-262制造。由于ЭИ-262高速鋼价格高和其性質上的某些缺点(如淬火温度范围較窄和磨削加工性較差等),最好用PΦ1号鋼制造。直径300至500公厘的插齒刀可制成裝配的形式。小尺寸的插齒刀也有建議制成裝配的形式。但至現在还没有合理的解决。关于制造小尺寸插齒刀節約高速鋼的問題可用鑄造方法——整体的或双金屬的——而得到实际的解决。此时特別宜于使用精密鑄造。制造裝配的及双金屬的插齒刀时,其基准面(內孔和端面)的硬度应不低于 $45\sim 50 R_c$ 。为了在基底上得到極細而分布均匀的碳化物,高速鋼必須經過不少于二至三次的鍛造。鍛造时必须將材料反复拉長和打扁。为了避免在鍛造中產生裂紋,应在功率足够的鍛鏈上頻繁地鏈击,其加热温度应在 $900^{\circ}\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 之間。由于高速鋼導熱性低,毛坯冲压时之加热应緩慢進行,以免產生裂紋。

某些工厂使用規定尺寸的圓材料制造插齒刀,这时毛坯系切割或鋸切而成,而不經過鍛造,僅在缺乏恰当直径的軋鋼料的情况下,毛坯才是用鍛鏈稍为打扁或拉長而得的。

这种獲得毛坯的方法,因为絕對不合理,所以不應該采取,这是由于大直径的軋鋼件(50~60公厘以上)的組織不

良——具有沿軋制方面粗大拉長的一次碳化物，在大多數情形之下，甚至有網狀的來氏共晶体[參考文獻 3]；而這種結構導使插齒刀在工作時耐用度降低，在淬火時發生裂紋和使用時折斷。

使用冲压方式製造毛坯是最好的方式，因為除了能改善插齒刀的質量外，並能節約材料。不管制毛坯時的工作量如何增多，插齒刀的成本並不增高。



圖 3

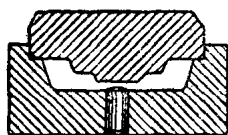


圖 4

如果冲压鏈的落鏈具有準確的導軌時，則可用普通無引導邊的冲模進行冲压。所得毛坯形式如圖 3 所示。冲压退火後除去毛刺。

如果冲压鏈沒有好的導軌，則建議使用有引導邊的活動冲模，其形狀如圖 4 所示。其上半部做成活動的，而用手工使之嵌合於下半部之內。此種構造的落鏈雖無精密導軌可循亦無關係。最後冲压完畢，將下半部翻轉，即可將毛坯敲出，落在上冲模內。這種方法的生產率較前者為低。

為了使毛坯溢出的毛邊為最小，毛坯重量的誤差必須極小。插齒刀的冲压工藝可參閱[參考文獻 17]。

自由鍛造時，建議採用下述留量：直徑為 5.5~6.5 公厘（公差±1.5 公厘），高度為 4~5 公厘（公差±1 公厘），如果採用冲压，則留量與公差可減少 30~40%。

車 工

如果插齒刀的毛坯是冲压成的，其車削加工可在一个工序內作完，但是更合理的是在平面磨床上事先磨削外支承面（如圖 5 所示）。为了提高这一工序的生產率，可把按厚度挑选出的毛坯安置在磁铁盤上加工。

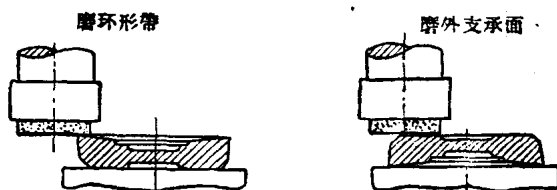


圖 5

精車加工大多在車床上進行，这时並沒有甚么特殊的地方。但如在六角車床上加工，生產率要高很多。此工序的加工程序如下（見圖 6）：a——鑽孔（如前工序未鑽孔）及車前面，这是用帶有鑽和兩刃鏢鑽的聯合刀具加工的；b——擴孔和沉割大孔，也是用聯合刀具加工的；c——鉸孔；d——挖空刀以利砂輪的离开并車內孔的一端的倒稜。工步 6 亦可用某些个别的刀具加工。內孔另一端的倒稜可單獨作一工序在鑽床上加工，使用如圖 7 所示的帶導向部分的專用鏢鑽。

毛坯为自由鍛造或切料之插齒刀，其車削加工可分为兩個工序：初車与終車，初車時其直徑的留量 $2h_1 = 2.0^{+0.4}_{-0.4}$ 公厘，厚度的留量 $2l_1 = 3.1^{+0.2}_{-0.2} \sim 1.5^{+0.3}_{-0.3}$ 公厘，鑽后內孔的留量 $2h_2 = 2.0^{+0.4}_{-0.4} \sim 4.0^{+0.6}_{-0.6}$ 公厘（圖 8）。

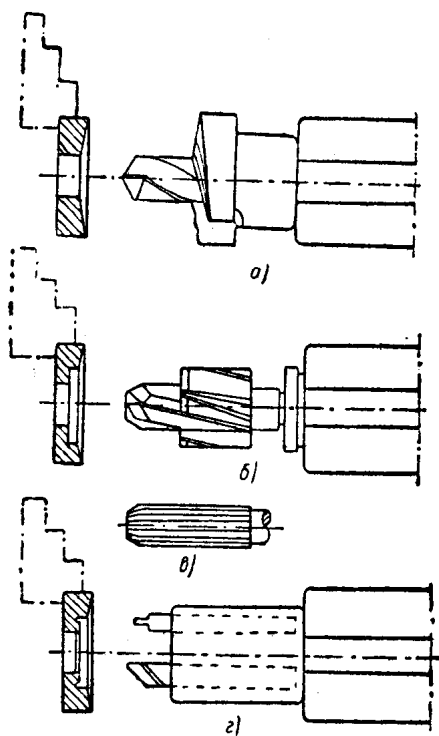


圖 6

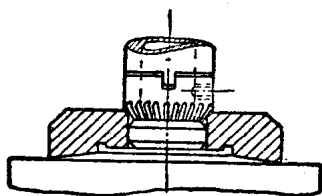


圖 7

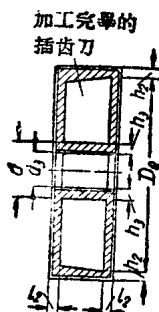


圖 8

較大模數的插齒刀在磨齒形過程中經常發生齒頂破缺的現象，如圖10所示。這種現象由下述原因造成。在磨齒開始

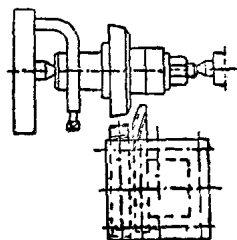


圖 9

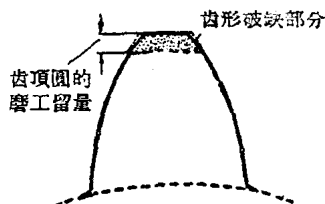


圖 10

時，砂輪與插齒刀齒形兩側的接觸面積很小（如圖11），因此机床所具有的間隙幾乎保持不變。以後當砂輪與齒形全長接觸時，工件加于砂輪的壓力增加，間隙則相應減少，而砂輪則稍微向離開工作物的方向讓開。

為了消除這非常不利的齒頂破缺或使它減少至最小程度，除相應地調整机床外，常將外圓的精磨留量加大至 $0.7^{+0.2}_{-0.2}$ 公厘。此外 $m = 2.75$ 公厘及以上的插齒刀，初磨時其外圓系按 3° 而不按 6° 加工。其結果則使“磨齒形工序”的留量加大，如圖12所示。當精磨插齒刀外圓時，這加大的留量被去掉，從而也除去了齒頂破缺部分。

加大插齒刀的外圓留磨量還有另一意義，即可從負荷最重的齒頂部除去淬火後可能產生的脫碳層。

兩端面總的磨工留量為 $0.5^{+0.10}_{-0.10}$ 至 $0.7^{+0.15}_{-0.15}$ 公厘。

插齒刀的內孔是用作銑齒時的基準面。車削工序給磨削和研磨的留量，當內孔 31.743 公厘時為 $0.3^{+0.01}_{-0.01}$ 公厘，內孔 44.443 公厘時為 $0.4^{+0.02}_{-0.02}$ 公厘。

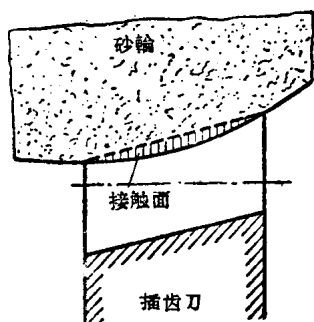


圖 11

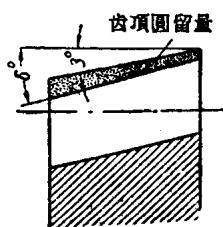


圖 12

除檢查尺寸之外，初車的毛坯必須在頂尖間的心軸上用千分表抽檢外圓和端面的脈動量。脈動量的大小（千分表極限讀數之差）不應超過車削工序公差之50%。

銑 齒

插齒刀的銑齒有兩種基本方法：a) 用分度夾具成形銑齒。

6) 用滾切法銑齒——在立式或臥式銑齒機上用齒輪滾刀加工。

成形銑齒是在分度夾具上用成形圓片銑刀加工（圖13）。插齒刀緊固在頂尖間的心軸上，頂尖對機床床面的平面成 $\alpha_s = 6^\circ$ ——插齒刀齒頂的后角。銑刀作平行於兩個齒間之槽的水平走刀。因此，銑刀的齒形應該採取垂直於齒底的齒槽剖面的形

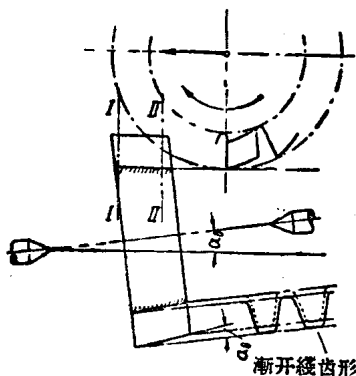


圖 13