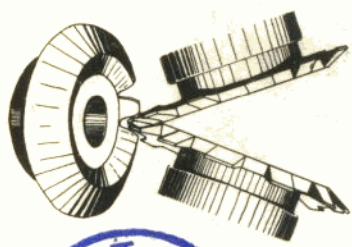


大连理工大学图书馆

351431

齿轮传动装置制 造的典型工艺过程

E·F·金兹布尔格, A·B·沙瑪宁 著



大连工矿车辆厂

齒輪傳動裝置制造的典型 工 艺 过 程

E. П. 金茲布尔格、A. B. 沙瑪寧 著

周沛、王變元譯

大連工礦車輛廠

序 言

現代技術發展的水平在國民經濟各部門中所表現特點是利用機械傳動顯著的增加。齒輪傳動是目前機械傳動的主要形式。

在重型和運輸機器製造業中減速機傳動裝置費用不小于機器總費用的25%。

在我國各工廠中每天生產上千種齒輪，從僅能用眼睛看得見的，直到逐步式挖掘機的巨型齒圈。

齒輪的工作條件是極其複雜的。這就有必要對齒輪傳動裝置的製造工藝問題給予極大注意。

工藝過程應當保證在最低成本的條件下製造出滿足工作條件和精度要求的齒輪。

傳動精度，工作平穩性，接觸斑點大小和位置以及保證在傳動中有合適的側向和徑向間隙，用這些標準來衡量齒輪精度。

齒輪製造工藝過程按其特點分為兩個階段。

第一階段是綜合工序，包括從齒輪毛坯幾何形狀的形成直到切齒之前，第二階段包括切齒工序和以後所有的精整加工輪齒的過程。

這樣來分工藝過程是比較合理的，因為齒輪加工的第一階段實際上和任何其他同類零件的加工過程大致相同，齒輪製造的主要特點表現在第二階段。

本書包括六章。I~IV章作者是技術科學副博士 E.Г. 金

兹布尔格，V，VI章作者是工程师 A. B. 沙瑪宁。

作 者

出版者的話

本书主要論述制造圓柱齒輪，圓錐齒輪，蝸輪副傳动裝置的典型工艺过程。同时对齒輪結構，材料以及齒輪刀具亦作些介紹。

本书可供齒輪工，齒輪机床調整工，工长及其有关的工程技術人員参考。

本书共六章，譯者为：第 I ~ V 章周沛，第 VI 章王變元。技术校对为洪民杰工程师，文字校对为王秦鑫同志，参加校对的还有宋明經同志。

編者 1963 年 11 月

目 录

序 言

第一章 齿輪結構及其工艺特点	1
§ 1. 齿輪工作条件对它的結構和制造工艺的影响	1
§ 2. 齿輪材料及其热处理和化学热处理	3
§ 3. 齿輪毛坯	6
第二章 圆柱齿輪制造工艺	10
§ 4. 齿輪加工的第一阶段	10
§ 5. 齿輪加工的第二阶段	15
§ 6. 制造圆柱齿輪的典型工艺路綫	28
§ 7. 編制圆柱齿輪制造工艺过程的实例	31
第三章 圓錐齿輪的制造工艺	47
§ 8. 圓錐齿輪加工的第一阶段	48
§ 9. 圓錐齿輪加工的第二阶段	51
§ 10. 制造圓錐齿輪的典型工艺路綫	57
§ 11. 編制圓錐齿輪制造工艺过程的实例	58
第四章 蝸輪傳动裝置的制造工艺	67
§ 12. 蝸杆的制造工艺	67
§ 13. 蝸輪的制造工艺	71
§ 14. 球面蝸輪傳动的制造工艺特点	72
§ 15. 在制造蝸杆和蝸輪时所应用的設備	75
§ 16. 制造蝸杆和蝸輪的典型工艺过程	76

§ 17. 編制蝸杆和蝸輪制造工艺过程的实例·····	77
第五章 在齿輪机床上安装工件所采用的夹具結構·····	85
§ 18. 夹具分类原則和齿輪定位原則·····	85
§ 19. 夹具和支座的主要类型·····	87
§ 20. 特殊的夹具結構·····	92
§ 21. 齿輪加工夹具的特点及其技术要求·····	97
§ 22. 国外的实例·····	99
第六章 齿輪切削刀具結構·····	103
§ 23. 盘形模数銑刀和指形成型銑刀·····	103
§ 24. 插齿刀和梳齿刀·····	107
§ 25. 齿輪滾刀·····	111
§ 26. 加工蝸輪的刀具·····	113
§ 27. 刨齿刀·····	117
§ 28. 加工圓弧齿錐齿輪的切齿刀盘·····	118
§ 29. 剃齿刀·····	118
§ 30. 利用滾切法和成型法加工的各种专用 滾刀·····	121
参考文献·····	125

第一章 齒輪結構及其工藝特點

§ 1. 齒輪工作條件對它的結構和製造工藝的影響

在現代機械中應用的齒輪可分為幾種類型。通用機械製造齒輪屬於第一種類型，用於通用減速機上、築路、食品、建築、起重、和與此相類似的機械上。

這類齒輪輪齒工作表面硬度通常為 $HB \leq 300$ ，工作圓周速度到15米/秒。

專用機械製造齒輪屬於第二種類型，用於機床、汽車、拖拉機、煤礦機械、紡織機械上。這類齒輪工作圓周速度到25米/秒。輪齒工作表面硬度為 $HB \geq 350$ 。

高硬度的輪齒是依靠適當的化學熱處理或熱處理來達到。凡屬於這一類齒輪的傳動裝置應具有高的耐磨性和無噪音。

在製造這類齒輪時採用剃齒工序是第二階段工藝過程的典型特點。

在重量最小的情況下具有更高的強度和高精度的齒輪屬於第三種類型。這類齒輪經熱處理後，其輪齒表面硬度可達 $HRC \geq 60$ 。在這種情況下用磨齒來保證其高精度。當圓周速度達150米/秒時，傳動裝置能傳遞很高的負荷。

第四種類型包括汽輪機組和某些其他機械的齒輪，這類齒輪圓周速度到130米/秒。利用高精度的切齒設備和工具來保證這類齒輪工作無噪音和壽命。在這類齒輪傳動裝置中輪

齿侧表面硬度通常为 $HB < 300$ ，并且轮齿的加工采用铣齿。

仪表齿轮，标准齿轮以及分度齿轮和精确传动链中齿轮则属于第五种类型。具有高的精度是这类齿轮结构的主要特点。

研究上述每一种类型齿轮的结构和工艺特点，指出制造各类齿轮工艺过程有本质上的区别。例如，虽然第二类和第三类齿轮都具有高硬度，但它们的工艺过程则有原则区别。

无论属于那种类型的齿轮，都有以下因素影响齿轮制造工艺过程的编制，确定工艺过程基本方案影响因素是：齿轮结构和尺寸；啮合特性和参数；传动精度等级；齿轮材料；热处理和化学热处理；设计和工艺基面位置；生产规模。

这里应当指出，齿轮结构和精度等级是影响工艺方案选择的主要因素。

在图1, a 和 b 所示为双联齿轮结构。双联齿轮所用材

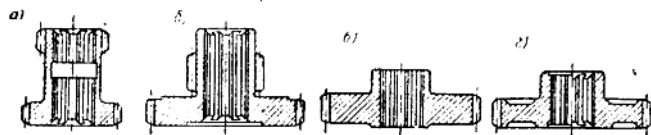


图 1. 双联齿轮结构

料，热处理和精度要求均相同。不过，如果图 a 的两个轮齿都可用铣削方法加工并可经过剃齿，但图 b 其中一个轮齿可采用铣削加工并能剃齿，而另一个轮齿只能用插齿方法加工，进行剃齿或者是不可能，或者是非常困难。

任何一个齿轮结构都应考虑工艺性。结构的工艺性可通

过金属加工量，加工难易程度和加工成本来确定之。在每一种不同的情况下用不同的方法来保证结构的工艺性。

图 1, B 和 r 为不同结构方案的车床变速箱齿轮。图 1, B 所示的结构工艺性不好，图 1, r 所示结构的工艺性好。为了使齿轮毛坯有更精确和足够刚性的定位基面，轮缘和轮毂的端面配置在一个平面上是合理的。为了保证装在花键心轴上的齿轮毛坯端面有切削的可能性，齿轮定位孔在拉花键之前应当车槽（或者倒角），此槽高度要超过花键（或单键）齿高。在图 1, r 所示齿轮还具有较小的金属加工量，它是依靠在模锻毛坯时对端面减少金属而获得。

§ 2. 齒輪材料及其熱處理和化學熱處理

机械制造中应用的齿轮是由结构钢，灰口铸铁，青铜和非金属材料——夹布胶木，卡普隆和其他非金属材料制成。

应用最广的是钢质齿轮；此时，所用钢材应采用以下牌号：

- 1) 碳素钢——40、45、50；
- 2) 铬钢——20X、35X、40X；
- 3) 铬镍钢——12XH3A、12X2H4A、20XH、40XH；
- 4) 钛钢——18XIT、30XIT、40XIT；
- 5) 硼钢——20XBP；
- 6) 含铝钢——35XIOA、38XMOA；
- 7) 多元素高合金钢——18XHBA、30XPT、0XM、0XB、0XH1M、0XH3M。

低碳合金钢用于高负荷齿轮，但需要经过复杂的化学热处理——渗碳和淬火，其结果轮齿和齿轮本体有明显的变

形。

除此之外在机器制造中广泛应用 18XIT 鋼，里哈乔夫工厂生产此种鋼，它具有高的淬透性和强度，对过载的灵敏性小和在热处理时变形小。这种鋼借助于气体渗碳能加速热处理过程，若得到厚为 1mm 渗碳层，气体渗碳仅需 45 分钟。

渗碳过程在加热温度为 1050°C 情况下进行，而后在盐池中退火。其结果得到硬度为 HRC=30，这样还允许进一步机械加工輪轂和精加工輪齿。对于輪齿的局部淬火通常采用高频加热。低合金鋼齿輪在渗碳后无需中间加热而直接进行淬火。

对高负荷齿輪同样可采用渗碳低合金青銅鋼 20XTP 代替合金鋼 12XH3A。这种鋼具有很好的淬透性，强度和韧性。在淬火和低温回火后可获得高的机械性能 ($\sigma_b=140\sim150\text{kr/mm}^2$ 和 HRC=36~40)。

在目前对某些鋼已广泛应用另一种化学热处理的方法。例如，鋼 12XH3A、18XHBA、20XTP、35X、30XIT 和其他一些鋼采用氰化。氰化过程是在含有 25% NaCN 溶液中进行，持续时间为 45~50 分钟，加热温度为 820°C，氰化层平均深度为 0.2~0.4mm。齿輪淬火是直接以氰化温度在油中冷却，然后在 180~200°C 的油池中回火，保持 1.5 小时。

氰化和淬火后，在某些情况下为了使輪齿表面层残余拉应力变成压应力，而利用鋼球来强化輪齿表面，使齿輪寿命得到显著提高。

由不太贵重的渗氮鋼 35XIOA 和 38XMIOA 制造的齿輪渗氮过程得到了广泛应用。渗氮过程是当温度为 500~600°C

时在游离氨中加热經加工的成品零件。其結果使鋼获得很高的表面硬度 ($HRC=60$)，第二次加热到 $600\sim 650^{\circ}C$ 时硬度不改变，而提高了疲劳极限和具有高的抗蚀性。渗氮过程在較低温度下进行有消除零件較大变形的可能性。渗氮层深度通常为 $0.2\sim 0.3mm$ 。同样的渗氮可以成功地用于 40X、0XM、0XB 和其他鋼上，得到硬度为 $HRC=43\sim 50$ 。

尽管材料成本占整个齿輪总成本的 $20\sim 50\%$ ，但是在很多情况下为了增加机器使用期限，减少机器外形尺寸和提高工作可靠性应采用較貴重的高合金鋼齿輪是合理的。

对大直径 (大于 $800\sim 1000mm$) 的齿輪采用牌号为 50A、55A 鑄鋼和牌号为 40XA、30XPC1、40XH1 合金鑄鋼。对于在較小圓周速度和低負荷工作下的齿輪來說，在某些机器上利用牌号为 CУ15~32、CУ21~40、CУ28~48 和 CУ32~52 的灰口鑄鉄。有色金属合金很少用来制造齿輪，不过在迫不得已时也采用它。

当蝸輪滑动速度很大时，制造蝸輪应采用各种不同牌号的青銅。应用最广泛的青銅牌号为 Бр.АЖК9—4，可是在蝸杆螺紋沿蝸輪輪齿滑动速度大于 $4\sim 5$ 米/秒时推荐用牌号为 Бр.ОНФ 和 Бр.ОФ10—1 的錫青銅。

有色金属合金很少用来制造圓柱和圓錐齿輪，它多半用来制造仪表齿輪。

在低負荷的傳动裝置中应广泛地采用非金属材料——夹布胶木，热压樺木，聚酰胺树脂 (卡普隆、尼龙、艾納特 (Энант) 和其他非金属材料)。

§ 3. 齒輪毛坯

每個齒輪成本在很大程度上取決於毛坯得到的方法，毛坯本身則取決於材料的選擇及齒輪結構和生產規模。

鋼質齒輪毛坯主要採用軋制鋼材和鍛件。直徑在 50mm 以下結構不複雜的齒輪，以及直徑 75mm 以下的圓柱齒輪毛坯通常直接利用軋材或以棒料切成一個或幾個長的毛坯。直徑大於 75~100mm 的齒輪毛坯採用鍛件。

根據零件材料和生產規模可應用各種不同方法來得到鍛件：利用自由鍛、底模模鍛、閉合式沖模模鍛、在曲柄壓床上模鍛，或在臥式鍛造機上模鍛。

在單件和小批生產條件下毛坯製造通常是應用自由鍛造。在平錘上可鍛出精度 8~9 級精度鍛件，但金屬利用系數低。

在成批生產時，在鍛錘上鍛造毛坯通常用底模，此時機械加工裕量減少，不過金屬利用系數仍然很低 (0.3~0.4)。

在閉合模上鍛造毛坯是較先進的，有鍛出孔徑大於 25 mm 的可能性，金屬利用系數可提高到 0.35~0.55。

在曲柄壓力機上用沖壓鍛造得到毛坯是最先進的方法，毛坯精度大大提高，並且與普通模鍛相比較生產率可提高兩倍。因為機械加工裕量減少 30~40%，使金屬利用系數增加。

為了製造軸頸各部分直徑相差不大的齒輪毛坯，廣泛應用在臥式鍛造機上頂鍛，而後把它切成棒料。也有應用模鍛和軋制帶齒形的齒輪毛坯。在這種齒輪的輪齒上通常仍有很小的精加工裕量。對 9 級或粗精度等級的齒輪模鍛或者軋制

的輪齒可以不經過進一步機械加工。

熱軋圓柱齒輪的簡圖見圖 2。被軋制輪齒毛坯的外徑大約等於齒輪分度圓直徑。在齒坯旋轉時，與此同時軋機的齒輪軋輥作旋轉和往復運動或者是輪坯在軋機上作往復運動，從而得到精確的輪齒。

為了實現金屬塑性變形並形成輪齒，毛坯用高頻加熱到深度為 $0.8 \sim 0.9$ 齒高。

冷卻液用專用設備澆到軋輥和被軋的輪坯之間，使被軋制的齒輪得到相應的淬火。軋輥旋轉速度為 $2 \sim 60$ 轉/分。軋輥在規定轉數下具有逆轉裝置。軋輥徑向進給量規定為毛坯每轉 $0.1 \sim 0.2 \text{ mm}$ 。熱軋齒輪生產率比切齒可提高 $7 \sim 9$ 倍，並能合理的利用金屬和得到機械性能較高的輪齒。

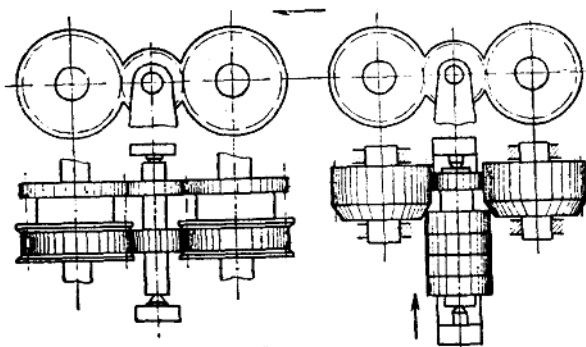


圖 2. 熱軋圓柱齒輪簡圖

最後需要說明，這種方法得到的輪齒的金屬纖維未被切斷，而銑削則不然，輪齒的金屬纖維則被切斷了，同時由於熱軋齒輪把金屬的纖維組織壓得很密實，從而使輪齒的抗拉

强度提高35~40%，抗剪强可提高25~30%。热轧直齿和螺旋锥齿轮的方法和轧机都已出现了。近年来很多工厂在曲柄压力机上利用模锻锻造汽车差动机构的直齿圆锥齿轮（行星齿轮和后桥的齿轮）。根据文献记载，精密锻造齿轮可使金属消耗降低38~65%，金属加工量可减少15~20%。

图3所示为汽车后桥齿轮的模锻过程。

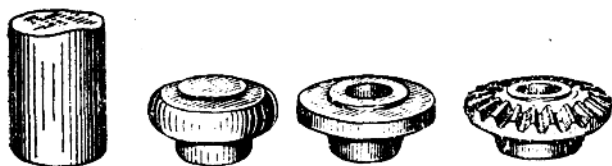


图 3. 模锻圆锥齿轮过程

无论应用何种方法得到的锻件都需要经过热处理，正火或者退火，其目的是为了消除应力和改善加工性能。根据锻件机械性能的要求可经过适当的淬火和回火。

起重和运输机械的齿轮经常作成轮圈。在这种情况下轮圈的毛坯采用锻件，而轮毂作成铸铁的，有时也用铸钢的。

采用有色金属及其合金制造齿轮毛坯的方法取决于材料本身的性质。

牌号为 Бр.ОФ10—1 青铜的蜗轮轮圈毛坯通常采用冷模铸造，牌号为 Бр.АН9—4 青铜的蜗轮轮缘毛坯采用砂型铸造。

夹布胶木和热压桦木的齿轮毛坯由板料或棒料切制而成。聚酰胺树脂齿轮是在专用模具中在压力作用下浇铸而成。

对汽車发动机、机床和其他机械的油泵应用粉末冶金齿輪。这种齿輪在压形机上压制成形，而后經過精整加工和热处理。压制的混合物有1%碳，3%銅和96%鉄。这些混合物在压形机上压制成形，而后将成形毛坯放在炉中加热到 $1150\sim 1180^{\circ}\text{C}$ 在保护气体作用下燒結而成，最后进行退火。这种齿輪采用剃齿作最后机械加工。粉末冶金齿輪比軋制齿輪的成本約低两倍左右。

第二章 圓柱齒輪制造工艺

不管齒輪結構特点和尺寸大小，其机械加工工艺，总是由某些特定工序所組成的，这些特定工艺过程的工序相应分为第一阶段与第二阶段。

§ 4. 齒輪加工的第一階段

按照齒輪毛坯的制造方法，第一阶段包括以下工序：

a) 粗車加工；b) 孔加工（套类零件）；c) 精車加工。

对齒輪毛坯要求保證安裝基準的精度（套类零件指中心孔和端面，軸类零件指外圓表面和端面）以及工艺基準精度（輪轂的凸出部分和端面，軸的中心孔等）。

根据零件外廓尺寸和生产規模，齒輪第一阶段加工工艺过程分为四种方案。第一种方案用于小批和单件生产中，規定第一阶段所有工序都在六角車床或車床上完成。

第二种方案用于成批生产中，可加工直径大于 80mm 光孔和寬度不大于孔直径的齒輪。按照这一方案車加工則在多軸半自动立式車床上进行，其型号为 1272, 1282, 1283, 1284。

第三种方案規定在臥式自动車床上进行粗車，在拉床上加工孔，在多刀車床或多軸自动立式車床上进行精車。

第四种方案用于在流水綫上大量制造齒輪，这时毛坯利用单个精确的模鍛件。机械加工应先在立式鉗床上粗加工孔