

精密齒輪製造

蔡伯耶夫著



機械工業出版社

北京崇文門內查甲廠17號

機械工業出版社 收

郵資
總付

通訊處：

195 年 月 日寄

批評與建議：

精 密 齒 輪 製 造

蔡伯耶夫著

胡漢章譯



機械工業出版社

1955

出版者的話

本書在蘇聯作為齒輪製造的參考手冊，敘述圓柱齒輪加工的典型工藝過程，精密圓柱齒輪的技術條件，齒輪精作機床說明書中的資料，齒輪精作機床的調整方法，以及齒輪精作工序標準化、調整機構設計和刀具設計的參考資料。特別注意齒輪最後精作的工藝過程。

齒輪的製造，特別是精密齒輪的製造是我國工廠目前存在的問題之一，本書的出版將有助於這一問題的解決。

本書讀者對象是工程技術人員。

蘇聯 Н. П. Чапаев 著 'Изготовление и отделка зубчатых колес' (Машгиз 1949 年第一版)

* * *

書號 0702

1955 年 8 月第一版 1955 年 8 月第一版第一次印刷

850×1143 1/32 字數 153 千字 印張 6 1/8 0,001— 2,700 冊

機械工業出版社(北京盤甲廠 17 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第 008 號 定價(8) 1.16 元

00000

目 次

原序.....	5
第一章 製造精密齒輪的工藝基礎.....	7
1 製造精密齒輪的技術條件.....	7
2 齒輪坯的加工.....	14
3 齒加工的典型工藝過程.....	18
4 切齒的主要方法.....	27
5 切齒機床的精度的運用標準.....	27
6 修正齒的切削.....	27
7 內齒輪在插齒機上插齒.....	33
第二章 齒端的加工.....	35
1 齒端加工方法的分類.....	35
2 齒端加工所用的機床.....	39
3 用單齒和雙齒銑刀倒齒端的尖角.....	53
4 齒端按範成法倒尖角.....	57
5 齒端倒角的操作法.....	59
第三章 齒輪的精作.....	60
1 滾光.....	60
2 剃齒.....	64
3 剃齒機的分類.....	64
4 剃齒機的夾具.....	92
5 剃齒機的操作法.....	94
6 加工的精度.....	94
7 剃齒裕度.....	101
8 雙緣齒輪的剃齒條件.....	103
9 剃齒刀的構造.....	103
10 剃齒刀的製造.....	105
11 剃齒刀齒形的修正.....	112
12 滾光剃齒.....	112
13 剃齒在製造齒輪的操作法中佔的位置.....	115

第四章 齒輪的最後熱處理	118
1 熱處理的種類	118
2 用高頻電流加熱的表面淬火	118
3 齒輪的變形	121
4 齒輪在淬火後的除皮法	124
第五章 孔的磨削	125
1 這工序的精度標準	125
2 夾頭類型的選擇和操作的介紹	125
第六章 齒的磨削	128
1 齒輪磨床的類型	128
2 用雙側成形砂輪的齒輪磨床	137
3 用兩只碟形砂輪的齒輪磨床	140
4 用雙側錐形砂輪的齒輪磨床	150
5 用蝸桿砂輪加工的齒輪磨床	156
6 齒輪磨床的操作法	159
第七章 齒輪的研磨	163
1 研磨齒輪的物理化學現象	163
2 齒輪研磨機	163
3 加工的精度	174
4 研磨裕度	176
5 研磨刀的計算和製造	176
第八章 試轉	184
1 試轉的要點	184
2 試轉的三個階段	185
3 齒輪試轉機	186
第九章 齒輪的噪聲挑選	189
1 [共青團員]工廠的齒輪噪聲試驗機	189
2 齒輪發生噪聲的原因	191
3 在齒輪作噪聲試驗時嚙合齒的典型接觸	192
中俄名詞對照表	194

原 序

按照蘇聯戰後五年計劃的任務：「關於掌握最新的、技術上更完善的、高度生產率的機器：多軸組合機床、自動機床、重型的衝床和模壓機、鍛擊機等等」，蘇聯的機床製造業出產具有高度生產率、保證用高速加工金屬的機床。用這種機床加工鋼件時，速度可達700和1000公尺/分。

高速機床的生產，提出應顯著地改良機床零件製造的質量問題，並且首先應改良齒輪的質量。

據作者看來，改良機床齒輪的質量，可以在下列條件下達到：

- 1) 把機床齒輪的技術條件和公差制訂得更嚴格；
- 2) 對1級和2級精度齒輪的噪聲實施生產檢查，並在裝配前按無噪聲的工作特徵把它們配成對；
- 3) 無論是淬硬的或沒有熱處理過的齒輪，都要經過不同的精作方法來保證齒輪的噪聲最小；
- 4) 全面提高工藝過程中另一些工序的技術水平（毛坯端面跳動最小，改善最後熱處理的方法，熱處理後的孔的精作等等）。

本書是機床齒輪製造方法的經驗的綜合手冊，這裏所指的製造方法不僅包括齒的加工，並且盡可能把工藝過程的一切重要工序也包括在內。這本書的目的在幫助先進小組、工廠的生產技術作者和設計部門的技師來佈置精密齒輪的生產。

作者提出機床齒輪按實際檢驗所用的精度等級來分類的計劃。齒輪技術條件的分析，根據ГОСТ 1643-46「圓柱形齒輪傳動的公差」和蘇聯先進工廠最近實際經驗的修正來組成；對於半製品的技術條件，則根據先進機床製造廠的標準。

本書的整個內容，依工藝過程的工序次序來佈置。特別注意對齒輪質量有決定性作用的齒輪精作工序。

本書內僅對一般文獻內很少說明的、蘇聯工廠最普遍的齒輪精作機床及其調整參數作簡要的敘述。對於齒輪精作所用的刀具，僅說明那些至今還沒有在文獻內敘述過的刀具的計算和製造。作者把自己在1932~1948年間在齒輪製造方面的經驗，總結在這本著作內。本書基本上包括作者收集的材料，它們是作者多年實際研究和運用許多工廠〔吉斯廠(ЗИС-ЭНИМС)，「機床製造」工廠，命名庫裴歇夫的柯洛緬斯基工廠等等〕精密齒輪的各種最新製造法而得的，它們已經被認可並且部分已在定期刊物上發表過。此外，還採用了許多先進機械製造工廠的定額材料，以及齒輪製造方面的最新文獻資料。

書內沒有齒輪加工機床的裝備、技術經濟指標和加工齒輪的工藝過程標準化方面的許多數據，這是本書在敘述的系統化和全面性方面的缺點。如果要把這些問題包括在本書之內，必須擴充它的篇幅和變更它的組織，因此只有在再版時才能這樣做。

作者誠懇地接受批評，樂意回答讀者運用本書時會發生的問題。批評請寄：莫斯科53，薩陀伐雅-斯派斯加雅街，7號附11號。

作者對柯爾尼洛夫(К.А.Корнилов)和菲拉托夫(В.П.Филатов)對本書內容提的寶貴批評深表感謝。

第一章 製造精密齒輪的工藝基礎

1 製造精密齒輪的技術條件

精密齒輪是具有優良運用特徵的齒輪，例如：具有很高的效率（0.98~0.99），很耐久，以高速運轉時沒有振動且無噪聲，傳動比很準確等等。

這種齒輪用於機床、汽車、航空發動機、渦輪機及其他機器。精密齒輪的圓周速度達120公尺/秒。不僅高速齒輪屬於精密齒輪，並且任務重要的動力齒輪也屬於精密齒輪。

在工藝方面，按1級和2級精度製成的齒輪相當於精密齒輪，它們嚙合的齒有正確的接觸和最小的噪聲。精密齒輪在生產中要按運轉無噪聲的特徵配成對，因此它們除了應有很高的精度外，還應當在接觸和無噪聲方面具有優良的特徵。先進工廠的實際經驗指出，圓周速度大於3公尺/秒的齒輪已很難通過噪聲挑選，所以它們需要優良的製造質量。按ГОСТ 1646-46「圓柱形齒輪製造公差」的指示，齒輪的精度等級應根據主管機關所定的標準來分，可是許多主管機關還沒有擬訂這種標準。

齒輪依照機床製造的精度等級的分類見表1。

製造齒輪的技術條件分：

1) 對齒輪坯（半製品，即尚未切齒的工件）的要求，通常由主管機關或工廠的標準來規定；

2) 對齒的各項因素的製造質量的要求，基本上由ГОСТ 1643-46來規定，但在許多情況下也由主管機關的標準來規定。

半製品的技術條件

1. 精密齒輪應該用細晶粒合金鋼來製造，這種合金鋼在最後熱處理時的變形應最小。

表1 機床齒輪按精度等級的分類(草案)

分類的因素	精 度 等 級			
	1	2	3	4
圓周速度 v (公尺/秒)	5公尺/秒和更大	從 2 到 5	到 2	低速的
效率	0.99	0.98	0.96	0.93
齒的加工性質	磨削, 試轉	剃齒、研磨	用齒形磨過的刀具銑削、插削	用齒形沒有磨過的刀具銑削、插削
表面光度、公忽 (ГОСТ 2789-45)	0.5 ^① ~ 0.2 (10~12級)	0.1 ~ 0.4 (9~11級)	3.2 ~ 6 (5~6級)	11 ~ 20 (3~4級)
噪聲(風)	65	70	—	—
沙沙聲	低音的輕微雜聲	低音的輕微雜聲	—	—
1) 主軸傳動齒輪	1) 變速箱的齒輪	1) 變速箱的齒輪	一切低速的和重要的齒輪	1) 用手傳動的不重要齒輪
2) 精密分度機械	2) 通用機床的走刀齒輪	2) 通用機床的走刀齒輪	—	2) 具有內齒和外齒的聯軸節齒輪
3) 齒輪精作機床的最後一對齒輪	3) 切齒機床、銑螺紋機床的分度機械的變速齒輪	3) 切齒機床、銑螺紋機床的分度機械的變速齒輪	—	—
4) 變速箱的高速齒輪	4) 精密機床的走刀齒輪	4) 精密機床的走刀齒輪	—	—
5) 精密機床的走刀齒輪	6) 齒輪泵的齒輪	4) 調整機構的變速齒輪	—	—

① 根據‘公差與技術量法’，似應把0.5改為0.05。——譯者
附註：把麥克風放在距聲源300公厘來度量噪聲。

2. 孔的精度不應製造得低於光滑圓柱面 2 級。
3. 基準端面對孔軸線的垂直度，應符合表 2 所列的公差。
4. 外徑對名義直徑的偏差和外徑跳動的公差，要看外徑是不是齒的度量基準而定。

表2 基準端面對孔軸線的垂直度的公差

檢 驗 性 質	齒輪直徑(公厘)			附 註
	從 40 到 100	大於 100 到 200	大於 200 到 400	
基準端面對孔軸線的垂直度 (公忽):	偏 差 (公忽)			
1 級精度	20	30	40	
2 級精度	20	40	60	

在大多數情況下，外徑不是度量的基準，因為齒輪的總誤差、跳動、齒厚，是在量儀上與標準嚙合中來檢驗的。齒厚也用節距卡或游標卡沿公共法線來檢驗。因此，外徑公差按照在名義尺寸之下的滑合座 C₄ 來指定，或把該公差整成表 3 所列的整數。

如果外徑是齒的度量基準，則用表 4 所列的公差。

齒精度的技術條件 ГOCT 1643-46 簡明地規定了對齒精度的要求，茲按 ГOCT 1643-46，把機床製造中最通用的模數 1~4 公厘的 1 級和 2 級精度齒輪的公差，用表 4 所列的數據來表示。

表3 齒輪外徑的標準加工精度

檢驗名稱	外徑尺寸(公厘)			
	到 50	大於 50~120	大於 120~260	大於 260
	容許的偏差(公厘)			
外徑的偏差	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
外徑的跳動量	0.05	0.08	0.1	0.14

表 4. 根據 ГOCT 1643-46 在應用上所必須的數據，並吸收了先進工廠的定額材料來組成。表 4 與 ГOCT 1643 不同的地方是：它不把齒輪的實驗室檢查法作為基礎，而把齒輪的生產檢驗法——

表4 圓柱形齒輪的公差

 $m = 1 \sim 4$

齒 的 因 素	模 數 m	1 級精度		2 級精度				檢驗方法和檢驗工具
		齒 輪 直 徑						
		從 40 到 100	大於100 到 200	大於200 到 400	從 40 到 100	大於100 到 200	大於200 到 400	
公 差(公忽)								
沿公共法線的齒厚公差	1~2.25 2.5~4	30 30	30 35	40 40	45 50	50 60	60 70	1)節距規 2)游標卡
	1~2.25 2.5~4	35 40	50 50	70 70	50 50	70 60	90 90	
沿固定弦的齒厚公差	1~2.25 2.5~4	25 25	25 30	30 30	40 45	45 50	50 50	1)游標量齒儀 2)光學量齒儀
	1~2.5 2.5~4	0 25	15 45	60 90	10 50	30 70	70 90	
度量中心距的變動 (M.I.P.) (在一個齒輪 的範圍內)	1~2.25 2.5~4	30 30	35 35	45 45	50 50	60 60	70 80	附有標準的‘量規’工廠 綜合檢驗儀
	1~2.25	0	20	80	15	40	90	
度量中心距的界限偏差:	上偏差	-60	90	160	120	160	230	
	下偏差	0	20	80	15	40	90	
相鄰周節的最大差	1~2.25	-60	100	160	120	170	250	節距規
	2.5~4	12 12	12 15	15 18	20 20	25 25	30 30	

齒距規	90	70	50	60	40	30	1~2.25 2.5~4
齒距規	90	70	50	60	40	30	1~2.25 2.5~4
漸開線儀	±12 ±15	±12 ±15	±12 ±15	±8 ±8	±8 ±8	±8 ±8	1~2.25 2.5~4
接觸儀(СПЕЦ. ПРИБОР)	20 25	18 20	15 18	12 12	10 10	8 10	1~2.25 2.5~4
塞士(МИЗ)工廠儀、頂針、心軸、鋼柱	10 12	10 12	10 12	6 8	6 8	6 8	1~2.25 2.5~4
1)厚度規; 2)指示表	70	50	45	35	30	25	—
1)卡規; 2)分厘卡;	130	90	70	110	70	50	—
3)游標卡	0 -60	0 -60	0 -45	0 -35	0 -30	0 -25	—
頂針、心軸、指示表	40	35	30	25	20	15	—
1)節距卡	180	150	130	100	80	70	1~2.25 2.5~4
2)游標卡				110	90	80	
檢驗方法和檢驗工具	3級精度						模數 <i>m</i>
	齒輪直徑						
	公差(公忽)						
	1~2級精度						
齒的因素	4級精度						齒距卡 游標卡
	公差(公忽)						
	1~2級精度						
	4級精度						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						
	公差(公忽)						
齒的因素	公差(公忽)						齒距卡 游標卡
	1~2級精度						
	4級精度						

(續表 4)

沿固定弦的齒厚公差	1~2.25 2.5~4	70 80	80 80	90 100	130	140	160	齒厚游標卡
沿固定弦的齒厚上偏差	1~2.25	110	120	150	220	240	280	齒厚游標卡
沿固定弦的齒厚下偏差	2.5~4	110	130	160				
度量中心距的變動 (MIP)	1~2.25 2.5~4	80 100	90 100	110 120	120	130	150	L量規 I 廠儀
度量中心距 (MIP) 的界限偏差:								
上偏差	1~2.25	+40 -100	+40 -110	+40 -130	+60 -180	+60 -200	+60 -230	L量規 I 廠儀
下偏差	2.5~4	+50 -110	+50 -110	+50 -110	+60 -180	+60 -200	+60 -230	L量規 I 廠儀
相鄰節距的最大差別	1~2.25	35	40	50	70	80	90	節距儀
周節的最大累積誤差	2.5~4	40	45	50				
基節的界限偏差	1~2.25	100	120	160	170	200	280	節距儀
齒形的公差	2.5~4	100	120	170				
齒向的界限偏差	1~2.25	±20 ±25	±20 ±25	±20 ±25	±60	±70	±80	節距儀
齒的徑向跳動量	2.5~4	30 35	30 35	40 40				漸開線儀
齒向的界限偏差	1~2.25	15 18	15 18	15 18				
齒的徑向跳動量	2.5~4	80	90	100	140	160	190	量儀
最小側隙	—	100	120	160	50	70	120	1) 塞士 (M13) 工廠量儀
齒頂圓的界限偏差	—	0	0	0	0	0	0	2) 頂針, 心軸, 滾柱, 指示表
齒頂圓的最大跳動量	—	-80	-90	-100	-180	-200	-230	高度規
裝置孔的公差	—	40	50	70	100	110	140	1) 分厘卡
								2) 游標卡
								頂針, 指示表
								界限量規 (塞規)

附註: 表內用黑體字印的數字, 是根據工廠實際經驗的數據, 在 ГОСТ 1643-46 中並沒有這些數字。

1 級和 2 級精度齒輪的度量中心距的變動，沿固定弦和公共法線的齒厚——作為基礎。表內用黑體字印的數據就是先進工廠的定額材料。

此外，必須認為把與齒輪用途無關的節距累積誤差作為主要檢驗是不正確的。

同時，用 Γ OCT 對齒其餘因素的標準作為輔助的深入檢驗。

按蘇聯最新的實際經驗， Γ OCT 1643-46 的內容和標準應該重新修訂。 Γ OCT 1643-46 的主要缺點之一，就是它沒有齒輪運用特徵的技術條件。因此表 4 所列的技術條件，必須增加關於一對齒輪的接觸和無噪聲特徵的要求，並且在檢查齒輪的噪聲時應該遵守這些要求。

啮合齒的正確接觸和最小噪聲兩個要求，通常是彼此有聯系的。通常在正確接觸時噪聲最小。

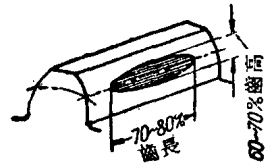


圖 1 從最低噪聲觀點上看來，啮合齒的合理接觸。

對現代的機器運動學來說，漸開線齒形是不合時代了。已經得到新的改良齒形來替代陳舊的齒形了。甚至按純漸開線齒形磨成的齒輪，也常常有噪聲和需要研磨。

如果接觸斑點在齒的工作面的當中●(圖 1)，並且成拉長的橢圓形，那末，從噪聲觀點上看來，這是最有利的接觸。這接觸斑點的長度是齒輪的齒長的 70~80%，它的高度約為齒高的 60~70%。

為了保證上面所指出的接觸，應該沿齒長把齒做成桶形的(圖 2)，並應該沿齒形把齒做成有齒腹的。

為了保證啮合齒平穩地進入啮合，應在齒頂約等於 0.45 m 處按角度 $1^{\circ} \sim 4^{\circ}30'$ (根據 Γ OCT 3058-45) 削平(切去)漸開線齒形，這種削平稱為做出齒腹(圖 3)。齒腹會大大地促成無噪聲啮合性(表 5)。

● 啮合齒的接觸(又稱接觸斑點)，可以在作齒輪噪聲試驗時，按顏料或亮光來決定。

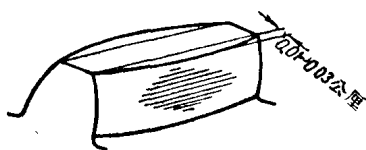


圖2 桶形齒。

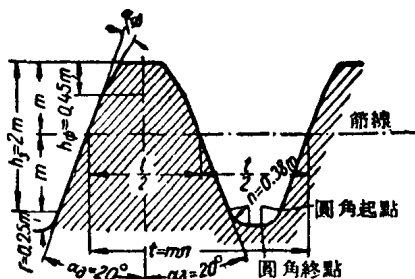


圖3 有齒腹的齒形(按ГОСТ 3058-45)。

在工廠內，必須有某些檢驗員專門學習噪聲檢查，他們有了一些實際經驗後，就能準確地決定合格齒輪和不合格齒輪的噪聲的差別。

表5 工作齒形的齒腹角 α_ϕ

模數 精度等級	模數		
	1~1.75	2~3.75	4~20
1 級	2°	1°30'	1°(到 $m=10$)
2 級	3°20'	2°	1°20'
3 級	4°30'	3°20'	2°
4 級		沒有齒腹角	

2 齒輪坯的加工

加工齒輪的工藝過程可分兩個工段：第一——製造齒輪坯（在切齒之前）；第二——切齒。

工藝過程的第一個工段應完成三個任務：1)製成重要工序（即切齒工序）的可靠基準；2)保證在熱處理時的變形最小；3)加工齒輪的整個工藝過程很經濟（車床工作的勞動量是加工齒輪的整個勞動量的40~70%）。

選擇鋼的牌號 正如實際經驗指出，20~45號碳鋼是粗顆粒組織，這在最後熱處理中會引起齒輪嚴重的變形，增加齒輪精作的