

蘇聯機器製造百科全書

第七卷

第一章 機器零件機械 加工的基本工藝

蘇聯機器製造百科全書編輯委員會編



機械工業出版社

17

蘇聯機器製造百科全書

第七卷

第一章 機器零件機械加工的基本工藝

考沙科夫等著

機械工業出版社

出版者的話

蘇聯機器製造百科全書第七卷分爲十三章，專述機器零件的加工作藝。內容包括機器零件機械加工的基本工藝，切削用量，標準機器零件的生產工藝，機械加工的夾具，各種金屬加工的切削工具，金屬熱處理工藝，木材的機械加工工藝以及塑料製品的生產工藝。因爲篇幅較大，暫先分章出版。

本書是第一章，其內容首先介紹機器零件毛坯取得的方法及其特點，繼而評論表面精度及光潔度，包括其產生、測量方法以及所用儀器等各種問題。讀完本章後，使我們對整個機件，自其毛坯起至加工到所需光潔度爲止，其間所需考慮的問題和解決方法，都有了一個清楚明確的認識。

本章對於近代機械加工中各種光整加工方法如細車法，細銑法，細磨法等介紹也極爲詳細；對於新加工方法如各種化學-機械加工方法及電加工法等原理，操作方法，應用範圍等介紹也很全面。最後本章評論工藝規程的典型化問題，指出「典型化」對於工藝規程的編製所起的重大作用，並予以極重要的啓示。

本書可作爲工程技術人員及大專學生的參考書。

蘇聯 'Машиностроение энциклопедический справочник' (Машгиз 1949年第一版) 一書第七卷第一章 (В. С. Корсаков, А. Б. Яхин, А. П. Соколовский, Э. А. Сател, П. Е. Дьяченко, Ш. М. Билик, В. М. Кован, Д. Г. Белецкий, В. Я. Кизельштейн, В. Р. Лазаренко著)

* * *
編者：蘇聯機器製造百科全書編輯委員會
譯者：范國寶 校訂者：雷天覺

書號 0683

1955年2月第一版 1955年2月第一版第一次印刷

787×1092¹/₁₆ 132千字 4⁵/₈印張 0,001—6,150冊

機械工業出版社(北京盛甲廠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 7,400元(18)

目次

第一章 機器零件機械加工的基本工藝

機器零件的毛坯	考沙科夫(В. С. Корсаков)	1	細車法	27	
參考文獻		3	旋轉體的細銑法	33	
加工精度	雅辛(А. Б. Яхин)	3	平面的細銑法	33	
分析法		5	研磨法	33	
原始加工誤差		5	砥磨法	35	
總加工誤差的計算法		6	超級光加工	40	
統計法		7	拋光法	44	
利用分佈曲線研究工藝過程的方法		7	表面壓力加光法	47	
金屬切削機床上已加工零件的尺寸分佈定律		7	參考文獻	48	
根據精度決定加工方法		8	金屬的化學-機械加工法		
參考文獻		8基齊希金(В. Я. Кизельштейн)	48	
零件裝夾	雅辛(А. Б. Яхин)	9	基本概念	48	
術語及總論		9	化學-機械加工法所用機床	49	
基準誤差		9	在電解液內,利用化學-機械法加工硬質合金	50	
基準尺寸公差及極限值之決定		11	機件的化學-機械加工法	51	
毛坯按基準尺寸的分類		11	參考文獻	52	
夾具製造精度及機床調整精度的預防性檢查		11	金屬的電加工法	拉柴連柯(Б. Р. Лазаренко)	52
零件緊固時表面層的變形		12	金屬的電化學加工法	52	
.....索果洛夫斯基(А. П. Соколовский)			金屬的電熱加工法	53	
參考文獻		15	金屬的電動力(電花)加工法	54	
機件的表面品質	薩薦里教授(Э. А. Сатель)		火花放電的概念	54	
及季雅欽柯(П. Е. Дьяченко)		15	金屬的電花加工法的工藝特性	55	
機件的表面		15	金屬的電花加工法所用的設備	56	
微測幾何學的計量標誌		16	金屬的電花加工法的應用	59	
表面光潔度的標準		17	金屬的電花銲接法	61	
使用各種機械加工方法時所得的表面光潔度		18	參考文獻	62	
計量表面光潔度(微測幾何形體)的方法		20	工藝規程的典型化	62	
表面強化法		22索果洛夫斯基(А. П. Соколовский)		
參考文獻		23	基本概念	62	
機器零件的中間加工餘量			工藝規程典型化的任務	63	
.....皮里克(Ш. М. Билик)		23	組織任務	63	
參考文獻		25	工藝任務	63	
螺帽及螺栓挑扣前之極限尺寸		25	工藝規程典型化的基本方法	64	
.....郭懷В. М. Кован及皮里克(Ш. М. Билик)			分類法	65	
機械加工中的光整加工方法		27	典型工藝規程的編製	66	
.....白力茲基(Д. Г. Белецкий)			參考文獻	67	
光整加工方法概述及類別		27	中俄名詞對照表	68	

第一章 機器零件機械加工的基本工藝

機器零件的毛坯

機件毛坯可以用三種方法取得：鑄造、壓力加工及 從成型材料切下。這些製造毛坯方法的特點載於表 1。

表 1

毛坯取得的方法	尺寸或重量		形狀的 複雜性	毛坯製造 的精度 (公厘)	表面質量	材 料	生產方式
	最 大	最 小					
手工砂型鑄造	不限制	最小壁厚3 ~5公厘	最複雜	1~10, 根據 尺寸決定	非常粗糙	鐵碳合金有色 金屬及其合金	單件生產及小 量成批生產
機械砂型鑄造	至 250 公斤	最小壁厚3 ~5公厘	最複雜	1~2	粗糙	鐵碳合金有色 金屬及其合金	大量成批生產 及大量生產
機械型板製造	不限制	最小壁厚3 ~5公厘	主要是旋轉 體	4~15, 根據 尺寸決定	非常粗糙	鐵碳合金有色 金屬及其合金	單件生產及小 量成批生產
泥芯鑄造	不限制	最小壁厚3 ~5公厘	最複雜	1~10, 根據 尺寸決定	粗糙	鐵碳合金有色 金屬及其合金	單件成批及大 量生產
離心鑄造	通常至 200 公斤	最小壁厚3 ~5公厘	主要是旋轉 體	1~8	光滑	鐵碳合金有色 金屬及其合金	大量成批生產 及大量生產
永久型鑄造	通常至 100 公斤	20~30克, 對有色金屬 而言, 壁厚 1.5公厘	簡單或平常 (根據鑄件 從模內取出 難易而定)	0.1~0.5	光滑	鐵碳合金有色 金屬及其合金	大量成批生產 及大量生產
精密鑄造	不限制	壁厚 0.8 公 厘	非常複雜	0.05~0.15	非常光滑	最宜於切削困 難的材料	單件生產及成 批生產
壓鑄	10~16公斤	對鋅而言, 壁厚 0.5 公 厘; 對其他 合金而言, 壁厚 1.0 公 厘	僅看模子製 造難易而定	0.05~0.2; 順模子分離 方向較少	非常光滑	鋅合金、鋁合 金、鎂合金、銅 合金、錫合金、 及鉛合金	大量成批生產 及大量生產
自由鍛造	不限制	不限制	簡單	1.5~25	非常粗糙	碳素鋼、合金 鋼, 也可用合 金	單件生產及小 量成批生產
模鍛(利用鍛錘)	通常至 100 公斤	壁厚 2.5 公 厘	看鍛模製造 難易而定	0.4~2.5; 順鍛模分離 方向較少	粗糙	碳素鋼、合金 鋼, 也可用合 金	成批生產及大 量生產
模鍛(利用臥式 鍛造機)	通常至 100 公斤	壁厚 2.5 公 厘	看鍛模製造 難易而定	0.4~2.5; 順鍛模分離 方向較少	粗糙	碳素鋼、合金 鋼, 也可用合 金	大量成批生產 及大量生產
高壓光滑衝壓 (擠壓)①	直徑約至 200公厘	對鋁合金而 言, 壁厚自 1.5公厘始	簡單	0.2~0.5	光滑	碳素鋼、合金 鋼, 也可用合 金	大量成批生產 及大量生產
成形模製	通常至50公 斤		簡單	0.4~2.5	粗糙	碳素鋼、合金 鋼, 也可用合 金	大量成批生產 及大量生產
模鍛(利用整形 壓力機)	通常至 100 公斤	壁厚 1.5 公 厘	看鍛模製造 難易而定	0.4~1.3	光滑	碳素鋼、合金 鋼, 也可用合 金	大量成批生產 及大量生產
模壓及整形模鍛	通常至 100 公斤	壁厚 1.5 公 厘	看鍛模製造 難易而定	0.05~0.10	非常光滑	碳素鋼、合金 鋼, 也可用合 金	大量成批生產 及大量生產
冷鍛	直徑10~25 公厘	直徑 3.0 公 厘	簡單	0.1~0.25	光滑	鋼及其他可塑 材料	大量成批生產 及大量生產

(續)

毛坯取得的方法	尺寸或重量		形狀的 複雜性	毛坯製造的 精度 (公厘)	表面質量	材 料	生產方式
	最 大	最 小					
成型材料切割 (棒料)	按材料種類 而定		簡單	0.5~6, 根 據材料尺寸 及切割方法 而定(見表 2)	根據切割 方法而定		單件成批及大 量生產
板材衝壓(切掉)	厚度20公厘	厚度0.1公 厘	複雜	0.05~0.5	光滑	各種板材	成批生產及大 量生產
可塑體壓製	當壁厚8公 厘時,為450 公厘	壁厚0.8公 厘	看模子製造 難易而定	0.05~0.25	非常光滑	用纖維質或粉 狀填料的可塑 體	成批生產及大 量生產
粉末金屬及石墨 壓製	橫截面面積 100平方公 分	壁厚2.0公 厘	簡單,看衝 模形狀及沿 滑塊行程方 向壓力大小 而定	沿滑塊行程 方向0.1~ 0.25;與其 垂直方向 0.05	非常光滑	各種金屬	成批生產及大 量生產

① 擠壓法即將某種可塑性良好的金屬加熱,在高壓下,通過模口而成各種不同的形狀。——譯者

製造毛坯時也可使用綜合方法:

1. 先把毛坯從板材上衝下,然後再銲接(此方法適用於中小尺寸形狀複雜的毛坯)。

2. 先把毛坯從板材或輓材上切下,然後再銲接(此方法適用於取得很大的毛坯——水渦輪主圈,發動機架子,重型機床床身,同時適用於取得形狀複雜的毛坯——夾具外殼)。

3. 在製造綜合鑄件時,可把衝壓出來的或者機械加工所得的毛坯鑄造進去(例如葉片澆鑄進去的蒸氣渦輪橫膜,鋼件附鑄內的有色金屬壓鑄零件,以及一般鑲合鑄件等)。

4. 先把各段毛坯鍛造出來,然後再銲接(曲軸)。

5. 先衝壓出來,然後再冷鍛,或再模壓(汽車曲軸法蘭盤)。

6. 鍛造並結合機械加工(例如在鍛造曲軸時,把曲軸按其角度鍛開前,先把曲軸上各軸頭切出來等)。

選擇取得毛坯的方法如下決定: 1) 材料的工藝特性,即其鑄造性質及其在壓力加工時,接受塑性變形的能力,及用不同方法取得毛坯時,其毛坯材料組織改變的狀況(例如鍛件上金屬纖維的分佈,鑄件上顆粒的大小等等); 2) 毛坯的形狀和尺寸; 3) 毛坯所必須獲得的精度,及其表面層光潔度和性質; 4) 所計劃任務的大小。

製造毛坯時,所選擇的方法必須保證所製零件成本能夠最低,即材料消耗、毛坯製造所費成本及其後機械加工所費的成本以及間接費用必須要達到最低限度。不能忘記一定要爭取縮短其機械加工的工藝過程。這可以主要用提高毛坯尺寸的精度來辦到。

毛坯製造時所需用具(例如衝模、木模、及壓模等)

的準備時間,對選擇毛坯製造的方法,有很大的影響。

鑄造或鍛造毛坯時,必須預先確定: 1) 加工餘量; 2) 毛坯加工面及不加工面尺寸的公差; 3) 第一次機械加工時的基準面及對該表面的要求; 4) 毛坯的熱處理(假使需要)及對材料組織及硬度的要求(由材料的可加工性的觀點出發); 5) 預先清理毛坯的方法; 6) 從關係重大的毛坯上切下試樣的地點。

從成型材料製造毛坯時,棒料形狀及尺寸需確定。

對於毛坯有下面幾個基本要求:

1. 加工面必須規定加工餘量及尺寸公差。加工餘量不足則會產生廢品,若太大則會使加工困難。假使公差差不合,則會減少使用夾具的機會,並且需要時時調整機床。

2. 不加工的表面必須相當光滑,並且要在所定公差的限度內,以便避免爲了要保持圖上所規定的重量及輪廓尺寸而必要的額外的機械加工。

3. 作爲最初加工的基準面的表面必須要光滑而無毛刺及斜坡。

4. 材料內必須沒有內應力存在並需具有良好的加工性質。

5. 所加工的表面爲了要使缺點容易暴露,並爲了要減少刀具磨損,必須清除氧化皮及鑄造砂粒。

在送到機械加工車間之前,毛坯必須經過下列預先加工手續: 校直、切割、清理、打中心孔,及拔荒。有些毛坯還必須經過熱處理(退火、正火等)。

校直的目的是爲了要使毛坯獲得正確的形狀。它可以用下面的幾個方法來進行: 1) 在板上用手錘或大錘打直(精度爲每公尺3公厘); 2) 用手壓機或動力壓

力機校直(精度為每公尺 0.05~0.15 公厘);3)在壓直機上壓直(精度對棒料毛坯而言,為每公尺 0.5~0.9 公厘;對車過棒料而言,為每公尺 0.1~0.2 公厘)。

輓件、鍛件、鋼及可鍛鑄鐵鑄件,以及鍛件等毛坯

都需校直。

切割主要用於以下情形:當零件直接從輓件加工時,以及有時需把鑄件上冒口和鍛件上鍛頭去掉的時候。切割方法見表 2。

表 2

切割方法	各段長度			切割面光潔度	使用範圍
	≤120	120~500	500~1000		
	切割精度(公厘)				
使用氧乙炔焰切割	2.0	4.0	6.0	非常粗糙,且留下氧化皮	主要用於切割輓件,鍛件及鑄件等截面較大者
使用摩擦圓鋸切割	2.0	4.0	6.0	非常粗糙,且留下氧化皮	主要用於切割輓件,鍛件及鑄件等截面較大者
使用剪床或壓力機切割	1.8	3.5	5.5	非常粗糙	大量成批生產及大量生產
使用鋸床切割	1.5	3.0	5.0	粗糙	單件生產及少量成批生產
使用圓鋸切割	1.5	3.0	5.0	粗糙	成批生產及大量生產
使用鋸條切割	1.5	3.0	—	粗糙	成批生產及大量生產
在車床上,用切斷刀切割	1.2	2.0	3.0	粗糙	截面較大的棒料或管子
使用砂輪切割	0.5	0.7	—	光滑	適用於最硬的材料(切縫寬度2~3公厘)

清理用於去掉表面上的毛縫處、澆口、毛刺及其他類似的缺點。通常清理的時候,使用粗磨末。大型毛坯需用手鑿或氣鑿來修整,並用移動式砂輪機進行清理。

打中心孔用於當毛坯本身是旋轉體,並且架在頂尖間加工時。打中心孔的時候,可以使用單面或雙面中心機,或者使用綜合機床。此時,毛坯應該先打中心孔,然後再用端面銼刀銼其端面。大型毛坯打中心孔時,可按劃線使用臥式鑽床,或搖臂鑽床來進行,或者使用移動式機動刀具來進行。

拔荒用於毛坯製造車間所留下的毛坯加工餘量太

多時。在製造比較重要的大型零件時(渦輪軸等),拔荒目的是要發現裂縫、眼縫、砂眼及類似金屬缺陷。

毛坯的檢查方法可以歸納如下:1)要用外部檢查的方法查出未加工及初步加工的材料缺陷;2)要用萬能量具、樣板或劃線方法等檢查尺寸;3)要檢查材料的物理及機械性質及其化學成份(見第三卷,第一章)。

參考文獻

1. Кован В. М., Технологии машиностроения, Машгиз, М. 1944.
2. Соколовский А. П., Основы технологии машиностроения, т. 1, Машгиз, М. 1938.

加工精度

加工精度決定於其誤差的總和,即其在零件加工過程中所產生的原始(局部)誤差共同作用所起的效果。

零件所需要的形狀和尺寸可以用劃線法,試作法,或調整機床自動控制的方法來取得。

通常,劃線法生產效率較低,精度有限(十分之幾公厘),而需要高度的手藝。所以,主要是在單件生產中製造大型零件時才應用。

試作法需要化很多的時間試作,方能知道應該去掉多少材料。

在成批生產及大量生產中,加工中小尺寸的零件時,最合理的方法就是尺寸自動控制法。

爲了要保證獲得所必需的加工精度,在設計的時候,一定要計算各種工藝過程所能達到的精度[2]。

在主要的機械加工方法中,所保持的大約的公差數值見表 3~9。

表3 圓孔平均經濟加工精度(公厘)
(公差在孔徑上)

直徑 (公厘)	孔長至300公厘										孔長超過300公厘			
	用粗車刀 或粗擴孔 鑽加工	用精車 刀, 鏢刀, 或精擴孔 鑽加工	用麻花鑽 鑽孔, 不 用鑽模	用麻花鑽 鑽孔, 用 鑽模	用小鑽鑽 孔後, 再 用大鑽擴 孔。	鏢孔, 粗鏢或 粗磨, 拉削	精鏢, 精磨	細磨	手鏢	用金 鋼鑽 鏢孔, 研磨	用粗車 刀或粗 擴孔鑽 加工	用精車 刀, 鏢刀 或精擴孔 鑽加工	鏢孔, 粗鏢或 粗磨	精鏢 或精 磨
1~3	—	—	0.15	0.06	—	0.03	0.012	—	0.010	—	—	—	—	
3~6	—	—	0.15	0.07	—	0.03	0.015	—	0.010	—	—	—	—	
6~10	—	—	0.20	0.10	—	0.05	0.020	—	0.010	—	—	—	—	
10~18	—	—	0.20	0.13	0.10	0.05	0.025	0.019	0.010	0.010	—	—	—	
18~30	—	—	0.25	0.20	0.15	0.05	0.030	0.023	0.015	0.010	—	—	—	
30~50	0.30	0.15	0.35	0.25	0.20	0.05	0.035	0.025	0.015	0.015	0.35	0.20	0.06	0.04
50~80	0.30	0.15	0.45	0.30	0.20	0.07	0.040	0.030	0.020	0.018	0.40	0.25	0.08	0.05
80~120	0.40	0.20	—	—	—	0.07	0.045	0.035	—	0.021	0.45	0.25	0.08	0.05
120~180	0.40	0.20	—	—	—	0.10	0.050	0.040	—	0.024	0.50	0.30	0.12	0.06
180~260	0.50	0.25	—	—	—	0.10	0.060	0.045	—	0.027	0.55	0.30	0.12	0.07

表4 軸的平均經濟加工精度(公厘)
(公差在軸徑上)

直徑 公厘	粗 車				精 車				粗 磨			
	軸 長 (公厘)				軸 長 (公厘)				軸 長 (公厘)			
	至100	100~300	300~600	600~1200	至100	100~300	300~600	600~1200	至100	100至300	300~600	600~1200
至6	0.15	—	—	—	0.06	—	—	—	0.04	—	—	—
6~10	0.15	0.20	—	—	0.08	0.10	—	—	0.05	0.06	—	—
10~18	0.20	0.20	0.30	—	0.08	0.10	0.15	—	0.05	0.06	0.03	—
18~30	0.20	0.20	0.30	0.40	0.10	0.10	0.15	0.20	0.06	0.08	0.08	0.08
30~50	0.30	0.30	0.30	0.40	0.15	0.15	0.15	0.20	0.08	0.08	0.08	0.10
50~80	0.40	0.40	0.40	0.40	0.15	0.15	0.18	0.20	0.08	0.10	0.10	0.10
80~120	0.40	0.40	0.40	0.40	0.15	0.15	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10
120~180	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	0.20	0.20	0.20	0.12	0.12	0.12	0.12
180~260	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	0.20	0.20	0.20	0.12	0.12	0.12	0.12
260~360	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	0.20	0.20	0.20	0.12	0.12	0.12	0.12

續表4

直徑 (公厘)	精 磨				細 磨				拋 光 及 光 磨			
	軸 長 (公厘)				軸 長 (公厘)				軸 長 (公厘)			
	至100	100~300	300~600	600~1200	至100	100~300	300~600	600~1200	至100	100~300	300~600	600~1200
至6	0.012	—	—	—	0.008	—	—	—	0.005	—	—	—
6~10	0.015	—	—	—	0.010	—	—	—	0.006	—	—	—
10~18	0.018	0.020	—	—	0.012	0.016	—	—	0.008	0.011	—	—
18~30	0.020	0.025	0.030	0.035	0.015	0.018	0.020	—	0.009	0.012	—	—
30~50	0.025	0.030	0.035	0.040	0.018	0.020	0.022	0.025	0.011	0.014	0.015	—
50~80	0.035	0.040	0.045	0.045	0.020	0.022	0.025	0.028	0.013	0.015	0.018	0.020
80~120	0.035	0.040	0.045	0.045	0.025	0.025	0.028	0.030	0.015	0.018	0.020	0.020
120~180	0.040	0.045	0.045	0.045	0.030	0.030	0.030	0.030	0.020	0.020	0.020	0.020
180~260	0.045	0.045	0.045	0.045	0.030	0.030	0.030	0.030	0.020	0.020	0.020	0.020
260~360	0.050	0.050	0.050	0.050	0.035	0.035	0.035	0.035	0.025	0.025	0.025	0.025

註: 加工階台式軸時, 各階台精度按其直徑及軸全長而定。

表5 平面平均經濟加工精度(公厘)

平面長度 (公厘)	平 面 寬 度											
	用圓柱銑刀粗銑 或粗鉋刀加工		用端面銑刀粗銑 或用銑頭銑切		用圓柱銑刀精銑 或用精鉋刀加工		用端面銑刀精銑 或用銑頭銑切		磨		細 磨	
	至100	100~300	至100	100~300	至100	100~300	至100	100~300	至100	100~300	至100	100~300
至 100	0.20	—	0.15	—	0.10	—	0.08	—	0.03	—	0.025	—
100~300	0.30	0.35	0.20	0.25	0.15	0.18	0.12	0.15	0.05	0.07	0.025	0.035
300~600	0.40	0.45	0.30	0.35	0.18	0.20	0.15	0.18	0.07	0.08	0.035	0.040
600~1200	0.50	0.50	0.40	0.45	0.20	0.25	0.18	0.20	0.08	0.10	0.040	0.050

表6 用成形銑刀銑出的平面
平均經濟加工精度(公厘)

平面長度 (公厘)	銑 刀 寬 度 (公 厘)			
	粗 加 工		精 加 工	
	至 120	120~180	至 120	120~180
至 100	0.25	—	0.10	—
100~300	0.35	0.45	0.15	0.20
300~600	0.45	0.50	0.20	0.25

表7 端面平均經濟加工精度(公厘)
(在端面直徑全長內加工,並自基準面或
加工過的平行平面測量)

直 徑 (公 厘)	粗 車	精 車	磨	細 磨
至 50	0.15	0.07	0.03	0.020
50~120	0.20	0.10	0.04	0.025
120~260	0.25	0.13	0.05	0.030
260~500	0.40	0.20	0.07	0.035

表8 用圓盤銑刀同時銑平行平面
所得的平均經濟加工精度(公厘)

表 面 長 度 (公 厘)	表 面 高 度 (公 厘)		
	至50	50~80	80~120
至 100	0.05	0.06	0.08
100~300	0.06	0.08	0.10

註: 加工面間的距離不得大於100公厘。

表9 用銼槽端面銑刀或鉋刀加工
所得的銼槽平均經濟加工精度
(公厘)

銼 槽 寬 度 (公 厘)	粗 切	精 切
6~10	0.10	0.03
10~18	0.15	0.04
18~30	0.20	0.05

現在共有兩種方法計算各種工藝過程所能達到的精度: 1) 分析法; 2) 統計法。

分 析 法

分析法的基本原理是先找出所有的原始加工誤差, 然後再計算總加工誤差, 並作為原始加工誤差的函數。

原始加工誤差

理論加工誤差的產生是因為加工方法發生了偏差, 或者沒有使用理論上精確的方法而使用了近似的加工方法。它也可以因為使用了具有近似形狀的刀具而產生。近似方法舉例來說, 在立銑床上銑半徑較大的圓柱形表面時可以應用近似的加工方法。在此場合下, 被加工表面的圓弧度被近似的橢圓弧度代替了。至於使用近似形狀的刀具加工所獲得的結果, 則可以舉出用模數銑刀銑齒輪的例子來說明。因為銑刀的形狀是很精確地根據齒數在一定範圍內的最少齒數的齒輪製造的, 所以當加工齒數在同一範圍內其他齒數的齒輪時, 表面就產生誤差。

具有理論誤差的工藝過程祇有當它比理論上精密的工藝過程更經濟, 並且同時能夠保證獲得所必要的加工精度時, 才可以允許採用。

機器設備及刀具製造時所不可避免的不精確性, 以及使用過程中所發生的磨損都會影響它們的精度。存在於機器設備及刀具的正常容許誤差值並不直接代表它們在加工精度上的影響。假使在緊固被加工零件或刀具時使用了補償器, 則可以降低機器設備及刀具誤差所產生的影響。舉例來說, 假使在使用銼刀時, 應用了浮動刀桿, 則就可以消除迴轉刀架圓孔中心線與主軸中心線的偏移在加工精度上所產生的影響^①。

機床——零件——刀具彈性系統因為受了作用於這系統上的外力的影響所產生的變形, 對於加工精度

① 指六角車床及自動車床。——校者

也發生影響。

根據外力的性質，這些變形可以分成下列六種：
 a) 由於切削力所產生的變形；
 b) 由於整個系統的重量所產生的變形；
 c) 由於不平衡部分的影響所產生的變形；
 d) 由於慣性力所產生的變形；
 e) 由於切削時產生振動所產生的變形。

不管產生的原因是什麼，變形都可分為下面二種：
 a) 被加工零件、機床零件、夾具及刀具的變形；
 b) 零件和部件連接處的變形(連接變形)。

[a]所指的變形可以用彈性力學計算(精度根據物件外形或材料而定)。

連接變形研究不多。它們是因為在連接面間產生了間隙或表面不平發生變形而產生[3]。連接面加工越粗糙，則變形越大。

除上述變形外，零件和夾具支承面緊壓處的表面變形也很重要。

熱變形(溫度變形) 這種變形產生的原因為：
 a) 機床上運動零件因摩擦而產生熱量；
 b) 切削過程中產生了熱量；
 c) 機床——零件——刀具系統因陽光照射，暖氣供熱等而受熱不均。

工藝過程各階段內均會引起內應力。它們可分為：
 a) 毛坯製造時(鑄造、鍛造及衝壓)所產生的內應力；
 b) 機械加工時所產生的內應力；
 c) 熱處理(淬火)時所產生的內應力。

內應力產生的理由為：
 a) 熔化金屬或被熱零件因冷卻不均而發生收縮；
 b) 因外力作用而發生不均勻的塑性變形；
 c) 零件淬火時，在冷卻過程中，金屬組織發生改變；
 d) 加熱不均。

對於毛坯製造過程中所產生的內應力研究很多。切削過程中所引起的內應力研究較少。當零件剛性不夠時(例如車薄圓盤，銑薄齒條時)，內應力可引起極大變形。已往研究中指出，零件切削時，其表面所引起的應力數值極大而且往零件內部發展深至數十公厘。

總加工誤差的計算法

當原始誤差的數值甚小時，總誤差 q 可以用它們的直線函數表示如下：

$$q = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n = \sum_{i=1}^n a_i x_i, \quad (1)$$

式中 x_1, x_2, \dots, x_n —原始誤差。

祇有當原始誤差的數值不變時，才可用公式(1)計算總誤差。在此情況下，零件加工精度都是一樣的。然而，上述原始誤差，除了理論數值外，對同組零件內每一個零件都是不同的，甚至於在實際上工藝過程不

變的情況下也是如此。這個現象叫做誤差的散佈性(錯差)。它是在生產過程中，由一些不可避免的變動因素引起的。這些因素和原始誤差相關連，舉例來說，切削壓力所產生的變形並不是一定的，這是因為切削壓力本身和材料變動的機械性質、組織、化學成份、加工餘量等許多因素有關。

變動的誤差，可以用分析法表示——用或然率表示，或可以用圖解法表示——用分佈曲線表示(見原書第1卷，第1章，281頁)。

實用上，加工誤差可用兩種數值表示：
 a) 總誤差的平均數值——它決定零件自其理想形狀或尺寸的系統偏差量；
 b) 總誤差離其平均數值的極限偏差量 q_0 。極限偏差量根據平均平方根偏差量決定(見原書第1卷，第1章，283頁)。

在大多數場合下，原始誤差不是互相關聯的，所以根據這一點就可以認為許多互不相關的，偶然產生的誤差的積聚規律是正確的。總誤差的平均數值即可根據此理由決定如下：

$$q_{\text{平均}} = a_1x_{1\text{平均}} + a_2x_{2\text{平均}} + \dots + a_nx_{n\text{平均}}$$

$$= \sum_{i=1}^n a_i x_{i\text{平均}}, \quad (2)$$

而總誤差的平均平方根偏差量則為

$$q_{\sigma} = \sqrt{a_1^2 \sigma_{x1}^2 + a_2^2 \sigma_{x2}^2 + \dots + a_n^2 \sigma_{xn}^2}$$

$$= \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2 \sigma_{xi}^2}, \quad (3)$$

式中 $\sigma_{x1}, \sigma_{x2}, \dots, \sigma_{xn}$ —各原始誤差的平均平方根偏差量。

然而，實際上，無論原始誤差的平均數值或其平均平方根偏差量都不是原始數值。通常某一原始誤差祇有其極限數值 $x_{\text{最大}}$ 及 $x_{\text{最小}}$ 是已知的，或者可以直接決定的。

今用 $v = x_{\text{最大}} - x_{\text{最小}}$ 代表散佈區域的絕對數值； τ_x 代表該區中心誤差的數值。顯然，

$$\tau_x = \frac{x_{\text{最大}} + x_{\text{最小}}}{2}. \quad (4)$$

總誤差的平均數值，可用相當於各散佈區中心的原始誤差數值表示如下：

$$q_{\text{平均}} = \sum_{i=1}^n a_i \left(\tau_{xi} + a_i \frac{v_i}{2} \right), \quad (5)$$

● 系統偏差量指這種偏差量是有規律變化的。

式中 α_i —相對不對稱係數(見原書第1卷,第1章,285頁)。

總誤差的極限偏差量與原始誤差的散佈區的絕對數值的關係可表示如下:

$$\sigma_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\sum_{i=1}^n k_i^2 \alpha_i^2 v_i^2}$$

式中 k_i —相對散佈係數。 α_i 及 k_i 的數值,根據原始誤差在所限定區域內的分佈定律決定。根據高斯定律(закон Гаусса), $\alpha_i=0$, $k_i=1.0$; 根據辛浦生定律(закон Симпсона), $\alpha_i=0$, $k_i=1.21$; 而根據相等或然率定律(закон равной вероятности), $\alpha_i=0$, $k_i=1.73$ (見原書第1卷,第1章,296~298頁)。

統計法

統計法的基本原理是在車間內有系統地進行檢查。這樣就有可能決定總加工誤差,而無需個別地分析每一原始誤差所產生的影響。

利用分佈曲線研究工藝過程的方法

根據分析及分佈曲線的比較,可以在車間條件下研究工藝過程,並且可用圖表表示改變了某一個因素後,對於加工精度會發生何種影響。無論是誤差的平均數值,或者其散佈程度,都可由曲線位置的移動,或其形狀的改變判斷出來。

假設有一條分佈曲線在某一工藝過程下,表示出其加工精度。現在若祇主要地改變其中某一因素,就可以發現所獲得的分佈曲線和原來一條發生了重要的改變。顯然,兩條曲線形狀上和位置上的不同表示出其中發生了原則上的改變。相反,假使前後兩條曲線並沒有什麼不同,則表示所起改變對於加工精度不起重要影響。這樣分佈曲線的改變可以作為判斷某一因素對於加工精度所起影響的客觀標準。

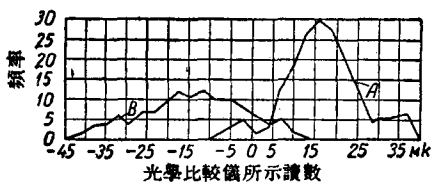


圖 1

註: MK—公忽,下同。

圖 1 所示的曲線是根據第一鐘錶廠(Первый часовой завод)測量所生產的同一批中間齒輪上所用的銷子的結果而製成的:曲線 A 表示拋光前情形;曲線 B 表示拋光後情形。從兩條曲線的比較上,很清楚地可以

看出,在本例內,加光後,尺寸非但沒有集中而更散佈開了。

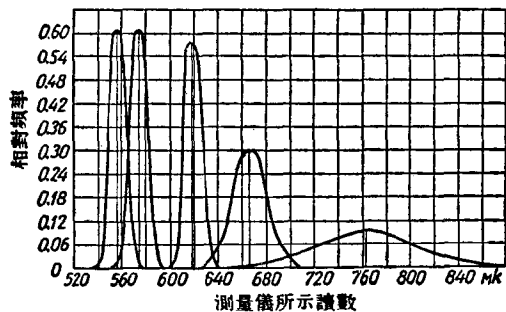


圖 2

圖 2 表示出活塞銷在無心磨床上磨過後的直徑分佈曲線。活塞銷連續分六步磨。根據測量所獲數據,繪製分佈曲線,並決定平均平方根偏差量。

比較分佈曲線及平均平方根偏差量,很清楚地可以看出,經過頭上三步工序後,尺寸的散佈性急遽地降低,而在第四步及第五步工序內實際上無改變。很明顯,假使繼續祇增加工序次數,而不加改進,則加工精度不會顯著提高。

統計法比分析法較通用。除此之外,在人為條件下所獲得的實驗室研究結果,在生產條件下並不是經常正確的。統計法是根據大量零件加工所獲得的結果而進行判斷的,所以是可靠的。除此之外,統計法可以連續不斷地觀察工藝過程,而不脫離生產。

然而,統計法祇可以用來研究某一因素對加工精度起何種影響。若欲更深入地研究並說明原因,則必須利用分析法或作實驗。

假使同時用統計法及分析法互相印證,則所獲得的綜合結果當更為可靠。

金屬切削機床上已加工零件的尺寸分佈定律

已加工零件尺寸分佈定律在用統計法決定加工精度時是很重要的;此時,根據加工條件就會有各種分佈定律產生。

研究證明,假使某批零件是用同一機床,同一工具,在一次調整下,按尺寸自動控制法加工,則可根據高斯定律解決其生產上的問題。在此場合下,決定尺寸分佈所用的參數為平均數值及平均平方根偏差量。(見原書第1卷,第1章,283頁)。

此段及下文關於統計方法部分都是盡可能精確地照原文譯。但說明是原則性的,故深入的了解必須細讀百科全書第一卷或然率概論一章。——校者

根據精度決定加工方法

所需加工精度，祇有當

$$\xi_0 < \delta,$$

時，才能達到，式中 ξ_0 —用同一機床及工具，調整一次，加工同批零件時所得的尺寸散佈範圍； δ —製造藍圖上所示的尺寸精度公差(圖3)。

根據高斯定律，或然率可用 0.9973，極接近於 1

(接近真實)而採用 $\xi_0 = 6\sigma$ 。在制定工藝規程時，爲了要計算加工精度，必須要對所有典型精加工工序定出 σ 值(平均平方根偏差量)的定額數值。

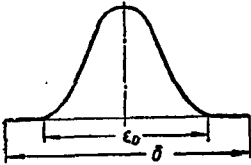


圖 3

決定各種典型工序中 σ 數值的定額的方法可以歸納如下：1)調整機床並在正常生產條件下加工一批零件；其間，不找正工具及調整工具或更換工具；2)根據所需測量的精度，用卡尺，千分尺，光學比較儀等測量被加工零件；3)根據測量所得數據，用下列公式計算平均平方根偏差量：

$$\sigma^2 = \frac{\sum (L - L_{平均})^2 m}{n}$$

式中 L —實際尺寸； $L_{平均}$ —平均尺寸； m —頻率； n —零件總數。

爲了計算方便起見，各數據宜排列如表 10 所示。

表 10 平均平方根偏差量的決定

L (公厘)	m	$L - L_{平均}$ (公厘)	$(L - L_{平均})^2 \times 10^{-4}$ (公厘)	$(L - L_{平均})^2 \times m \times 10^{-4}$ (公厘)
8.53	2	-0.17	289	578
8.54	1	-0.16	256	256
8.55	4	-0.15	225	900
·	·	·	·	·
·	·	·	·	·
·	·	·	·	·
8.87	1	+0.17	289	289
8.88	2	+0.18	324	648
$n = 566$				17732
$\sigma = \sqrt{\frac{17732}{566} \cdot 10^{-2}} = 0.056$				

被加工零件的數量是根據所需決定的平均平方根偏差量所要求的準確度而定。實用上，可規定以測量 50

件零件爲限。

在某些場合下，當 $\xi_0 > \delta$ 時，則必須完全重新制定工藝規程，或者將那些尺寸超過公差範圍的零件額外再加工。爲了要決定所用方法是否值得，則必須預先確定一個需要額外加工的零件數量(去掉一層金屬)。祇有在例外情況下，才允許鍍層金屬(例如鍍鉻等)。

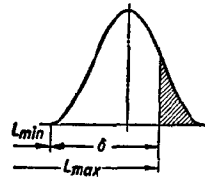


圖 4

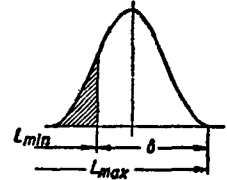


圖 5

註：max—最大；min—最小；下同。

分佈曲線對公差範圍的佈置具有下列要求：在加工外表面時，最小實際尺寸及極限尺寸(按圖)必須一致(圖4)，而在加工內表面時，最大實際尺寸及極限尺寸必須一致(圖5)；因爲

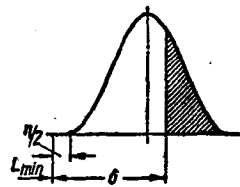


圖 6

由於調整時所引起的誤差(或由於刀具尺寸不準所引起的誤差)，分佈曲線所需位置不可能保持在精度範圍內，所以必須採用 η 值——調整公差(圖6)。需

額外加工的零件的可能數量見圖 4~6 (陰影部分)。

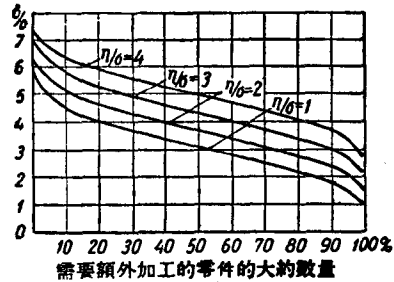


圖 7

圖 7 所示曲線可以根據 $\frac{\delta}{\sigma}$ 及 $\frac{\eta}{\sigma}$ 的關係用來決定需額外加工的零件平均數量(用百分率表示)。

參考文獻

1. Вотинов К. В. Жёсткость станков, ЛОНИТОМАШ, 1940.
2. Яхин А. В., Проектирование технологических процессов механической обработки, Обонгиз, 1946.
3. Соколовский А. П., Жёсткость в технологии машиностроения, Машгиз, 1946.

● 因爲 σ 值，本質上是一種定額數值，必須代表祇和該種加工方法有關的一些因素所造成的散佈性的特性，所以在工序時，一定要消除裝夾誤差的影響。

零件裝夾

術語及總論

裝夾 裝夾是工序的一部分，須保證使零件對其進行加工的刀具所處的位置正確。

裝夾時，零件上決定其位置的部分叫做裝夾基準面。

零件裝夾基準面和機床工作台台面或夾具裝夾部分相接的面叫做支承面。

毛坯上需要利用來確定加工表面位置的部分叫作原始基準面(或設計基準面)。原始基準面可以是真實的，也可以是假設的。舉例來說，如圖 8 所示，假設的原始基準面為點 A ，而尺寸 R 需根據它確定。

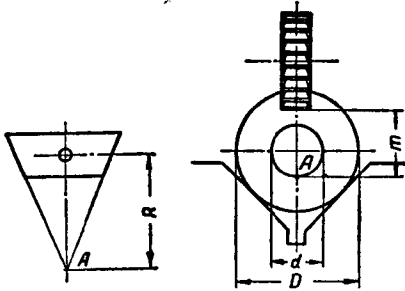


圖 8

圖 9

零件裝夾時，其上尺寸，原始基準面需用它來定位的，叫做基準尺寸。圖 9 表示銑一槽之例子。此槽須保持尺寸 m 如圖所示。基準尺寸為外徑 D 及內徑 d 。

零件裝夾時，爲了要保證其處於所需要的位置，則必須將在加工過程中，可能使其位置發生不必要改變的一些自由度除去。舉例來說，如需將平面 M 銑至尺寸 a (圖 10a) 則必須將零件上所有各部分位置沿軸 OY ，保持一致，使其不致繞軸 OX 及 OZ 旋轉。爲了要達到此目的，選擇 N 做裝夾基準面已足夠了。

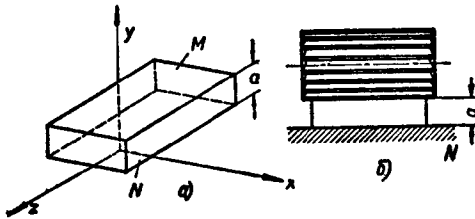


圖 10

基準誤差

基準誤差的產生是因為毛坯形狀及尺寸不準確而使原始基準面位置發生了變化。

零件裝夾方法可分二類：1) 原始基準面位置不變；在此情況下，基準誤差爲零(圖 11)；2) 基準誤差不等於零。在圓柱形毛坯上，用三角鐵墊起(圖 12)銑槽，而尺寸 h 保持一致時就是一例。

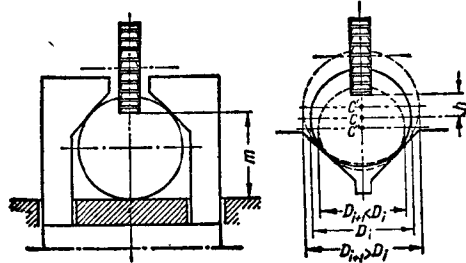


圖 11

圖 12

基準誤差使零件在尺寸上產生額外的散佈。

假使採用了第二類方法能簡化夾具，或者能够獲得更高的生產率，那麼是值得的。在此場合下，須觀察下列不等式：

$$\epsilon \leq \sqrt{(\delta - \eta)^2 - \xi_0^2} \quad (1)$$

式中 ϵ —基準誤差的散佈範圍； δ —所需保持尺寸的給定公差； η —經換算了的系統誤差(特別是調整誤差)； ξ_0 —和所定的加工方法直接有關的因素所引起的誤差散佈範圍。

若不遵照此不等式進行工作，則不可避免地會產生廢品，因爲某些零件尺寸，在此情況下一定會超出公差範圍。

正確的裝夾方法應選擇如下：1) 決定所允許的 ϵ 值，而以相當的數字代入不等式(1)內右邊，2) 擬定用以裝夾零件的裝夾機構原理圖，3) 找出基準尺寸，4) 決定 ϵ 值的實際數值，5) 比較 ϵ 值的實際數值及所允許的數值。

爲了要決定 ϵ 值的實際數值，按所需保持的尺寸，用直線函數列出偏差 ΔL ：

$$\Delta L = a_1 \Delta x_1 + a_2 \Delta x_2 + \dots + a_n \Delta x_n \quad (2)$$

式中 $\Delta x_1, \Delta x_2$ —基準尺寸的偏差值。按照(1)式，就可解決相當的幾何關係。在一系列的場合下，假使將所需保持的尺寸用下列函數表示，就可更簡單地解決此關係：

$$L = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_n, A, B, \dots),$$

式中 x_1, x_2, \dots, x_n —基準尺寸； A, B, \dots —不變尺寸。在

此情況下,由於原始基準面轉移所引起的誤差,可以用全微分表示:

$$\Delta L = \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial \varphi}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial \varphi}{\partial x_n} \Delta x_n \quad (3)$$

ϵ 值和基準尺寸公差的关系可如下求得:

$$\epsilon = \sqrt{k_1^2 \alpha_1^2 \delta_{x_1}^2 + k_2^2 \alpha_2^2 \delta_{x_2}^2 + \dots + k_n^2 \alpha_n^2 \delta_{x_n}^2}$$

$$= \sqrt{k_1^2 \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_1}\right)^2 \delta_{x_1}^2 + k_2^2 \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_2}\right)^2 \delta_{x_2}^2 + \dots + k_n^2 \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_n}\right)^2 \delta_{x_n}^2}$$

式中 $\delta_{x_1} \delta_{x_2} \dots \delta_{x_n}$ —基準尺寸的公差; k_1, k_2, \dots, k_n —和基準尺寸在公差範圍內分佈定律有關的係數。

實用上,用下列公式已足夠近似:

$$\epsilon = k \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i^2 \delta_{x_i}^2} = k \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_i}\right)^2 \delta_{x_i}^2}$$

式中 k 在 1.2~1.5 的限度內變動。

裝夾零件的表面通常是平的,或者是圓柱形的,很少是圓錐形的。在個別情況下,零件有時同時用幾個面裝夾,不過典型的以及最常用的綜合裝夾機構數量却不多。為了應付各種不同需要所設計的多種夾具,從計算 ϵ 值上看起來都是類似的,所以所用公式比較不多。

今舉如圖 13 及 14 所示的一種最簡單的裝夾法為

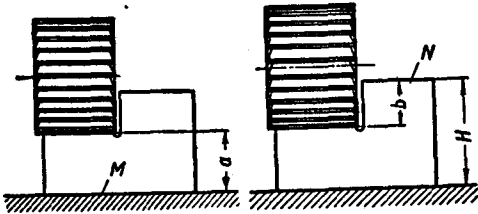


圖 13

圖 14

例,來說明 ϵ 值的計算。圖 13 內,原始基準面為底面 M (所以, $\epsilon_a = 0$); 圖 14 內,則為頂面 N ,而基準尺寸則為毛坯厚度 H 。基準誤差 $\Delta b = \Delta H$,而 $\epsilon_b = \delta H$ 。

如在圖 15 所示的裝夾法內, $\epsilon_b = 0$ 。它需要比較複雜及貴重的夾具,並且祇有當如圖 14 所示的方法裝夾不能保證所需精度時,才值得採用[不等式(1)]。

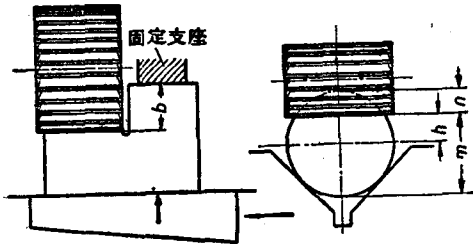


圖 15

圖 16

根據設計需要,沿零件外圓裝夾時(圖 16),可以要求保持至中心距離的尺寸 h ,或至零件下端母線的尺寸 m ,或至零件上端母線的尺寸 n 。

在三角鐵上裝夾零件時,尺寸 h, m 及 n 的基準誤差等於(圖 17~19):

$$\Delta h = -\frac{\Delta D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}; \quad (4)$$

$$\Delta m = -\frac{\Delta D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right); \quad (5)$$

$$\Delta n = \frac{\Delta D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right); \quad (6)$$

ϵ 的最小數值,亦即最高裝夾精度,當需要保持尺寸 m 時才能達到;最難的是要保持尺寸 n 。

從公式(4)~(6)及圖

17~19 所示圖解,很明顯,如三角鐵角度越大則基準誤差越小。在很多情況下,增加三角鐵夾角可以將 ϵ 值減少至不等式(1)所決定的數值。

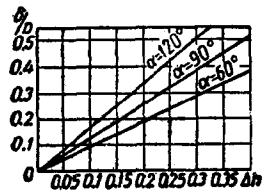


圖 17

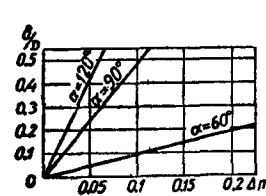


圖 18

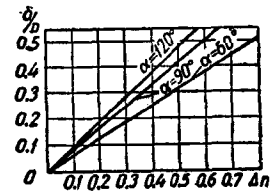


圖 19

在自動定心的任何一類夾具上裝夾時,所有零件中心,處於同一位置而與其直徑無關。所以 $\Delta h = 0; \Delta m = \frac{\Delta D}{2}; \Delta n = \frac{\Delta D}{2}$ 。

在錐形心軸上,沿零件錐形孔裝夾時(圖 20),由頂端 A 所計算縱向尺寸的基準誤差,可根據公式

$$\Delta a = \frac{\Delta D}{2i},$$

決定,式中 i —錐度(長度與高度之比例)。根據此點, $\epsilon_a = \frac{\delta D}{2i}$ 。

假使需要保持尺寸至右端 B ,則在固定心軸(圖 20)上裝夾時,基準誤差:

$$\Delta b = -\frac{\Delta D}{2i} + \Delta H,$$

及
$$\epsilon_b = \sqrt{\left(\frac{\epsilon_D}{2i}\right)^2 + \delta H^2}$$

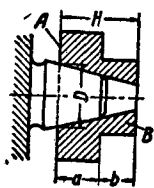


圖 20

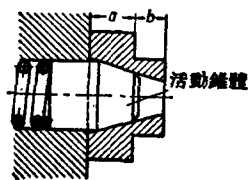


圖 21

用如圖 21 所示的方法裝夾時， $e_a = 0$ 及 $e_b = \delta_n$ 。

基準尺寸公差及極限值之決定

當設計藍圖上沒有表示基準尺寸時，即為自由尺寸而無公差時，或當所示公差不能保證零件在夾具內按所需要的位置裝夾時，則必須決定基準尺寸的極限值。

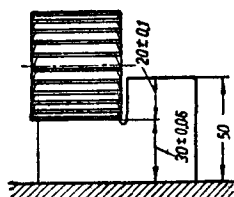


圖 22

假使當零件表面加工時需要保持一個尺寸或者幾個互不相關的尺寸，則基準尺寸之決定並不引起任何困難。在此情況下， e 的實際數值與所允許的數值相等，並且所獲得的公式可對基準尺寸之公差數值解出。

在圖 16 所示之例子內(若須保持尺寸 m)，則得：

$$\frac{\delta_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right) \leq \sqrt{(\delta - \eta)^2 - \xi_0^2}$$

因此

$$\delta_D \leq \frac{2 \sqrt{(\delta - \eta)^2 - \xi_0^2}}{\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1}$$

外徑之極限偏差量可用任何方法決定。

假使需要保持二個互相有關的尺寸時，則可從它們之間的相互關係進行解決。調整機床時，祇須保持一個所謂主要的尺寸；然後，即可決定所謂引導尺寸，用主要尺寸及基準尺寸之函數表示。這樣就可寫出尺寸鍊的公式，通過主要基準尺寸來表示引導尺寸。

假使主要尺寸及基準尺寸所具有之散佈性符合於高斯定律，則引導尺寸的公差就等於主要尺寸及基準尺寸公差平方和之平方根。

在圖 22 所舉之例子內，尺寸 30 ± 0.06 取為主要尺寸。尺寸 20 ± 0.1 因而為引導尺寸。引導尺寸(20)之平均數值，通過主要尺寸(30)及基準尺寸($X = 50$)的平均數值，可表示如下：

$$20_{\text{平均}} = X_{\text{平均}} - 30_{\text{平均}}$$

$$\text{因此 } X_{\text{平均}} = 20_{\text{平均}} + 30_{\text{平均}} = 20.0 + 30.0 = 50.0$$

引導尺寸的公差則為：

$$\delta_{20} = \sqrt{\delta_{30}^2 + \delta_{50}^2}$$

$$\text{因此 } \delta_{50} = \sqrt{\delta_{20}^2 - \delta_{30}^2} = \sqrt{0.2^2 - 0.12^2} = 0.16。$$

基準尺寸因而可表示如 $X = 50 \pm 0.08$ ，或可將公差化成負數而得 $X = 50.08^{-0.16}$ 。

祇有當引導尺寸的公差比主要尺寸的公差數值較大時，所需要的加工精度才能得到保證。這個條件(或者這種考慮)和機床調整及測量之是否方便有關，而必須在決定主要尺寸時就估計到。假使上列要求不能滿足，則在個別情況內，在主要尺寸上制定比設計藍圖上較小的操作公差是完全值得的。即使基準尺寸的公差太小，也可同樣處理。

毛坯按基準尺寸的分類

假使當基準尺寸所必需的公差太小並且較難保持時，則可以採用預先將毛坯進行分類的方法，此方法和選擇配合的方法類似。舉例來說，今需銑一要保持尺寸為 m 之平面(圖 16)。可將外徑 D 之公差分成好幾段而在加工前，毛坯就根據此分類。對於每一類毛坯機床之調整宜在各類加工過程內分別進行。各類毛坯之 e_m 值可用下列公式表示：

$$\frac{\delta_D}{2n} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$$

式中 n —毛坯種類數。

假使 e 為幾種基準尺寸之函數，則毛坯分類時，必須根據對於 e 值所起影響最嚴重的基準尺寸進行。

毛坯分類法可以在組織得很完善的大型成批生產或大量生產中，在遵守嚴密的工藝規程之下採用。

夾具製造精度及機床調整精度的預防性檢查

新製夾具送去使用前，必須檢查其製造精度。在使用過程中，應該週期性地重複檢查，以防止夾具磨損和零件尺寸發生不允許的偏差。

機床調整精度也必須進行預防性檢查。

現在介紹兩種預防性檢查的方法。

第一種方法是基於用工作界限量規來測量幾個試件的尺寸。假使第一個製件的尺寸是在公差範圍內，就表示夾具或機床的調整或許是正確的。假使第二個製件

也合乎公差範圍，則其或然率就會增大，並可依此類推。

今設所希望的或然率為 Ω_n ，則可決定由圖 23 所示，或如下列公式算出必須在公差範圍以內的試件數目 n ：

$$\Omega_n = \frac{1}{1 + \frac{b}{2^n}}$$

式中 $b = \frac{12\sigma}{\delta - 6\sigma}$ ， σ 為平均平方根偏差量。

在第二種方法內，是用萬能檢查工具進行試件尺寸的檢查。最小試件數量 n

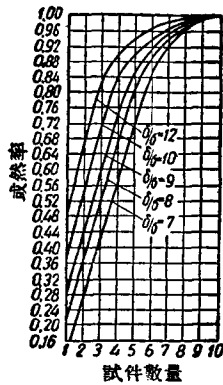


圖 23 試件數量的圖

解決。

可從下列公式決定：

$$n > \left(\frac{6\sigma}{\delta - 6\sigma} \right)^2$$

機床調整或夾具製造可以認為是正確的，假使試件尺寸的算術平均數 $L_{平均}$ 處於下列兩極限內：

$$L_{最小} + 3\sigma \left(1 + \frac{1}{\sqrt{n}} \right) \leq L_{平均} \leq L_{最大}$$

$$- 3\sigma \left(1 + \frac{1}{\sqrt{n}} \right)$$

式中 $L_{最大}$ 及 $L_{最小}$ —藍圖所示零件的最大及最小極限尺寸。

零件緊固時表面層的變形

在金屬切削機床上加工時，零件被緊固時會隨之而產生變形。此變形為機床——零件——刀具彈性系統總變形的一部分。它對於加工精度發生極大的影響。

在緊固時所產生的作用力的影響下，待加工零件本身會產生變形，同時其表面層與機床或夾具裝夾面相接觸的地方也會產生變形。

表面之變形 y 和單位壓力 p 之關係可用外徑為 100 公厘及內徑為 80 公厘之環形樣品作實驗決定。

樣品端面利用鉋面和磨面的組合，或者磨面與磨面的組合進行實驗。每一對樣品必須作兩次加負荷和去負荷實驗。

相接表面的微測面型圖見圖 24~26。

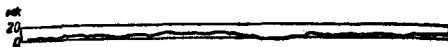


圖 24 磨後鑄鐵樣品面型圖。

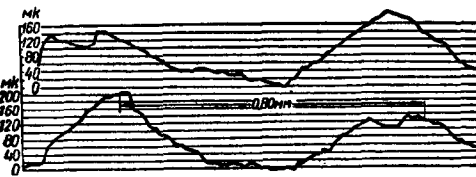


圖 25 鉋後鑄鐵樣品面型圖(進給量—0.80公厘/行程)。

註：mm—公厘下同。



圖 26 鉋後鋼質樣品面型圖

(進給量—0.80公厘/行程)。

圖 27 及 28 所示曲線表示出對於具有各種微測幾何形體表面的樣品變形 y 與其單位壓力 p 的關係。單位壓力變化於 0.013~0.902 公斤/公厘² 的限度內。

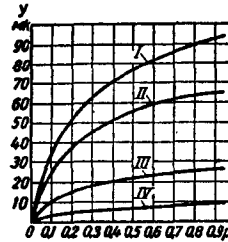


圖 27 第一次加負荷實驗時，鑄鐵樣品變形與其單位壓力的關係。樣品加工方法見下表：

註：kg/mm²—公斤/公厘²下同。

加工方法	曲線標號	進給量公厘/行程
鉋	I	0.8
	II	0.53
	III	0.265
磨	IV	—

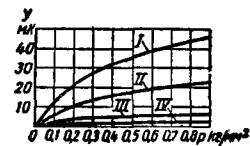


圖 28 第一次加工負荷實驗時，鋼質樣品變形與其單位壓力的關係。樣品加工方法見下表：

加工方法	曲線標號	進給量公厘/行程
鉋	I	0.8
	II	0.53
	III	0.265
磨	IV	—

在各種情況下，表面變形和單位壓力的關係具有同一性質，雖然程度上有所不同。增加了壓力 p 之後，曲線最初上升很快，但後來漸慢。這樣，樣品最初加負荷時所引起的變形決不會和單位壓力成比例增加。

變形和單位壓力的關係可以近似地表示如下：

$$y = C \cdot p^m,$$

式中對於各種不同的樣品及負荷時，指數 m 的數值變化於 0.3~0.5 的限度內。設取 $m=0.4$ ，

$$\text{則 } y = C \cdot p^{0.4},$$

式中 C 為根據表面性質及材料種類所決定的係數，其值見表 11。

表11 第一次加負荷實驗時，係數 C 的數值

樣品 材料	加工方法	溝紋高度 (公忽)	係數 C
鑄鐵 $H_B=100\sim 110$ (圖27)	磨	15	11.1
	鉋，進給量 (公厘/行程)	0.268	38
		0.530	98
		0.800	170
鋼 $H_B=125$ (圖28)	磨	15	4.1
	鉋，進給量 (公厘/行程)	0.268	30
		0.530	88
		0.800	164

註：1. 溝紋高度：對於各對磨件樣品，取其平均值，而當鉋件和零件同時實驗時，取鉋件數值。

2. C 值當單位壓力為 0.01~1.0 公斤/公厘² 時有效。

表內所列數值適用於使用切刀加工後的樣品。此等切刀刃磨後不經光磨。使用其他方法及其他形狀的刀具加工時，甚至用的是同樣材料及在同一溝紋高度下，係數 C 值及因而所得變形都不相同。

鋼料的係數 C 的數值比鑄鐵小，因為在同樣的溝紋高度下，鋼質樣品的變形比鑄鐵小。

所列係數 C 的數值在計算時有某些安全因數。

實驗時，所用樣品為原料[⊙]樣品。對於經過淬火及磨過的鋼質樣品而言，係數 C 必須往小修正。

所有上述各點皆指將樣品在機床上加工後立刻進行第一次加負荷實驗時的情況。再加負荷實驗時，所得結論本質上有所不同。

圖 29 所示曲線表示變形與單位壓力的關係，而且其中一條係代表加負荷時的情形，另一條代表去負荷時的情形。兩條曲線皆指用 0.8 公厘/行程的進給量鉋過的鑄鐵樣品實驗情況。實驗時它們係和磨過了的樣品同時進行。

去負荷時的曲線比加負荷時的曲線，所處位置高得多。這說明了加負荷時所引起的剩餘變形影響很大。當表面溝紋很大的粗加工面的實驗時，此效果更其特別顯著(圖 25 所示面型圖)。根據測量所得的剩餘變形的數值，在本例內，達 100 公忽。對於加工比較仔細的表面溝紋擠出數值較小。因此，加負荷和去負荷兩曲

線位置較近。舉例來說，當試驗成對工作的鋼質磨件樣品時，溝紋擠出數值不超過 2 公忽。

第二次加負荷實驗時，加負荷曲線與第一次加負荷實驗時所得的去負荷曲線位置相近。第二次去負荷曲線與第二次加負荷曲線位置相近。

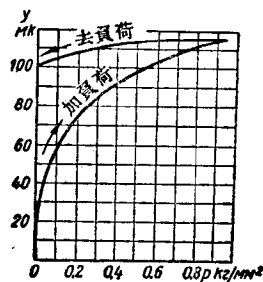


圖29 加負荷及去負荷曲線，係用粗加工的鑄鐵樣品實驗所得。

與兩次去負荷曲線及第二次加負荷曲線相當的變形數值很小。負荷為 $p=0.902$ 公斤/公厘² 時，鑄鐵樣品的變形數值為 4.4~17.2 公忽，而鋼質樣品，則為 1.6~6.4 公忽。

表 12 內列出第二次加負荷時係數 C 的數值。在這種情形下，指數 m 的數值比第一次加負荷時大，為了比較所獲結果起見，仍取 $m=0.4$ ，而忽略一些誤差。

第二次加負荷時，去負荷曲線幾乎和加負荷曲線重合。此表示彈性變形所佔比重極大。

表12 第二次加負荷實驗時係數 C 之值

試 件		係 數	
材 料	加 工 方 法		
鑄 件 $H_B=100\sim 110$	磨削	6.8	
	鉋削，進給量為 (公厘/程)	0.268	13.2
		0.530	10.0
		0.800	10.3
鋼 $H_B=125$	磨削	2.0	
	鉋削，進給量為 (公厘/程)	0.268	6.8
		0.530	4.6
		0.800	3.4

y 和 p 的關係決不應認為是直線的，所以表面剛性係數的數值 ξ 在各種不同的負荷下是不相同的 [1]。

負荷越大，則此係數的數值越大。設 $y = C \cdot p^{0.4}$ ，則當負荷自 0 到 p 時，此係數的平均數值：

$$\xi = \frac{1000p}{y} = D \cdot p^{0.6},$$

式中 $D = \frac{1000}{C}$ 。這裏 ξ 用公斤/公厘³ 表示。

上列 y 及 p 之關係完全根據經驗決定，並且祇有當 p 為 0.01~1.0 公斤/公厘² 時有效。

⊙ 即未經熱處理的。——譯者