

高等學校交流講義

工序自動化

下 冊

(內部交流 * 僅供參考)

中華人民共和國高等教育部教材處

1955

1955年9月第一版第一次印刷

787×1092¹/₁₆ 字數215千字 印張10⁷/₉ 0,001—1,237冊

清華大學機械製造工程教研室編

機械工業出版社印刷廠印刷

工本費2.23元

工本費2.15元

郵 $\frac{0.20}{2.65}$

高等學校交流講義

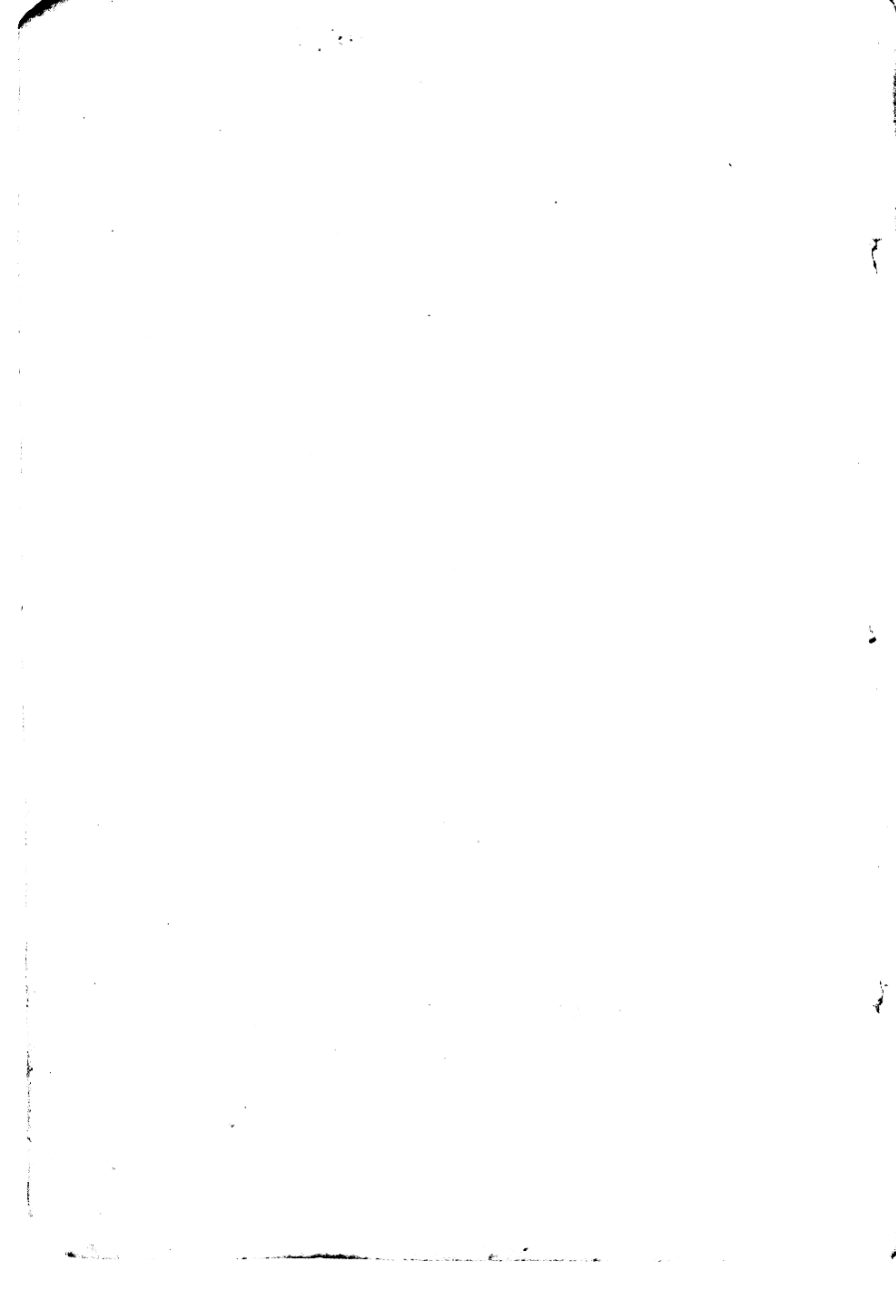
工 序 自 動 化

下 冊

(內部交流，僅供參考)

中華人民共和國高等教育部教材處

1 9 5 5



目 錄

第五章 第Ⅱ類時間損失對機器生產率的影響	5
1 切削用量、工藝生產率、刀具利用係數	5
2 刀具利用係數與機床生產率	9
3 機床最高生產率的分析	16
4 最有利的切削用量	19
第六章 減少第Ⅱ類時間損失的措施	26
1 概論	26
2 在刀夾內刀具的夾持方法	28
1) 刀柄截面為矩形的縱制車刀的夾持——2) 刀柄截面為矩形的割刀、端面車刀、成形刀及其他刀具的夾持——3) 銼刀的夾持——4) 刀柄截面為圓形的軸類刀具的夾持——5) 盤形刀具的夾持——6) 稜形成形刀的夾持——7) 螺絲板牙、螺絲攻及螺紋切削頭的夾持——8) 滾花輪的夾持	
3 刀具調整的方法	37
1) 刀柄截面為矩形的縱制車刀的調整——2) 刀柄截面為矩形的割刀、端面車刀、成形刀及其他刀具的調整——3) 銼刀的調整——4) 刀柄截面為圓形的軸類刀具的調整——5) 盤形刀具的調整——6) 稜形成形刀的調整——7) 螺絲板牙、螺絲攻及螺紋切削頭的調整——8) 滾花輪的調整	
4 加速刀具更換與調整的方法	45
1) 在機床上調整刀具——2) 在機床外快換刀夾(刀塊)上調整刀具	
5 不需調整的快換刀具與刀夾	48
1) 不需調整的盤形成形車刀刀夾——2) 不需調整的割刀刀夾——3) 不需調整的稜形成形刀刀夾	
6 自動補償磨損的裝置	51
第七章 自動檢驗	54
1 檢驗夾具	55
1) 槓桿機械式檢驗夾具——2) 電接觸式檢驗夾具	
2 自動分類機	58
1) 機械式自動分類機——2) 電接觸式自動分類機——3) 電感應式自動分類機——4) 氣動式自動分類機	
3 在加工過程中的檢驗自動化	64
1) 內圓磨工的自動檢驗——2) 外圓磨工的自動檢驗	
第八章 自動線的基本原理	66
1 組合定律	66
2 機器組合的生產率分析	71
1) 串聯組合——2) 並聯組合——3) 混合(串聯-並聯)組合	

3 工序集中和分散程度的決定	78
4 自動線中工段數目的決定	81
5 自動線操作者的勞動生產率	83
6 自動線利用係數	85
第九章 自動線的構成及其實例	87
1 概論	87
1) 組合機床——2) 自動線的類別	
2 自動線的基本構件	105
1) 運輸機構——2) 定位和夾緊機構——3) 儲存零件及自動上料的機構——4) 零件轉位機構——5) 清除切屑機構——6) 自動化電氣控制設備	
3 自動線的實例	123
1) 伏耳柯夫自動線——2) 奧斯特羅烏莫夫自動線——3) 謝符留柯夫-諾伏齊洛夫自動線——4) 非組合機床類型的專用機床自動線——5) 伊諾奇金自動線——6) 加工汽缸蓋的自動線——7) 加工 3MC 輕型汽車汽缸體的自動線——8) 其他結構的自動線	
4 自動線設備的排列	165
1) 組合機床自動線的排列簡圖——2) 通用機床及特殊機床（非組合機床）自動線的排列簡圖——3) 聯合機床簡圖	
5 自動線的技術經濟指標	169
6 自動線的優缺點	171
7 自動化車間和自動化工廠	172
參考文獻	184

第五章 第II類時間損失對機器生產率的影響

1 切削用量、工藝生產率、刀具利用係數

研究各種用途機器的結果表明：被加工零件的材料和工藝過程的特性能够決定機器的工藝生產率及其主要結構的型式。

在設計工藝規程時，選擇了加工方法和工具之後，就發生關於選擇該種材料的切削用量問題，亦即關於決定切削用量的參數問題，這些參數可以保證得到符合已給的工藝條件的產品；並可決定加工過程進行的速度，歸根到底就是求機器的生產率。如果將該種材料和刀具的切削用量加以改變，則刀具的耐久性——壽命將要改變，亦即刀具將較快地或較慢地受到磨損（由於機械的、熱的、化學的等等原因）。零件材料、加工方法和刀具就確定了它們本身之間的關係和加工規律，這些關係和加工規律可用試驗方法和在研究加工過程中所發生的物理現象的基礎上加以確定。

用切削方法加工金屬是最有研究的領域，俄羅斯和蘇聯的學者進行了廣泛的科學研究和設計試驗工作，並創作了關於切削原理和刀具、機械製造工藝學和金屬切削機床的巨著。

在現代蘇聯的所有工業部門內，由於科學家和生產革新者的密切合作正在勝利地建立和確定着各種不同材料的加工規律。

決定加工金屬時的切削用量是現代機械製造工業中的迫切任務之一。金屬高速切削之發展，多刀和多軸機床以及自動線和自動工廠的廣泛運用，使選擇保證高生產率的切削用量問題提到首要的地位。

金屬切削機床和自動機的切削用量應該由刀具壽命、工藝過程的複雜性和刀具壽命對於切削用量的因素（切速、送進、切深）間存在的幕次關係來決定。

在金屬切削原理中有下列的基本經驗關係：

$$v = \frac{C_1}{t^{a_v} s^{b_v}} \text{公尺/分} \quad (24)$$

$$T = \frac{A}{v^m} \text{分} \quad (25)$$

$$P = C_2 t^{a_p} s^{b_p} \text{公斤;} \quad (26)$$

$$N = C_3 v^{a_n} s^{b_n} \text{馬力,} \quad (27)$$

式中 v ——切削速度(公尺/分)；

P ——切削力(公斤)；

T ——刀具壽命(分)；

N ——切削功率(馬力)；

s ——切削深度(公厘)；

s ——每轉送進量(公厘),

$A; C_1; C_2; C_3$ ——切削常數;

$a_v; a_p; b_v; b_p$ ——切深 t 和送進 s 的方次指數;

m ——切速 v 的方次指數。

切削速度、送進和切深是切削用量的基本因素。因為送進和切深預先決定了切削力，所以也決定了機床主要部分在剛度和強度上的要求。從而在已知送進和切深時，切削速度決定了機床的功率又決定了刀具的壽命。這樣在已知的機床和已給的加工材料下，允許的切削力將是一定的；反之，已知的切削力，將作為設計新機床的數據。切深可認為是已知數，因為它由加工餘量亦即毛坯尺寸所決定。對於自動機用這個方法尤其正確，因為毛坯餘量是預先知道的。

根據切削原理定律，提高切削速度對刀具壽命的影響比增大送進對刀具壽命的影響要大得多，因而從刀具壽命觀點來看提高送進是比較有利的。但是用大的送進工作必然引起切削力的增大，而切削力的增大受機床工作機構和加工零件的強度和剛度所限制；此外，送進的大小亦受被加工表面光潔度要求所限制，因而切削速度是能在很大範圍內變化切削用量的主要參數。

在這裏的根本問題是——需要用怎樣的切削速度來進行工作，用提高切削用量的方法能將機床生產率提高到什麼程度——不僅金屬切削機床的合理利用，而且高生產率的自動機和半自動機以及自動機床線和自動工廠的創立都要依靠這個問題的解決來決定。

對於金屬切削機床和自動機的工藝生產率用機床主軸每分鐘轉數 n_m 與完成所有不重合工序的主軸轉數 n_p 之比值來表示：

$$K = \frac{n_m}{n_p} \text{ 件/分} \quad (28)$$

式中

$$n_p = \sum n = n_1 + n_2 + n_3 + \dots \text{等等}, \quad (29)$$

$n_1, n_2, n_3, \dots$ 依次為：

$$n_1 = \frac{l_1}{s_1}; \quad n_2 = \frac{l_2}{s_2}; \quad n_3 = \frac{l_3}{s_3} \dots \dots \text{等等}$$

因而

$$n_p = \sum l_i / s_i, \quad (30)$$

式中 $l_1, l_2, l_3, \dots, l_i$ ——不重合工序的工作行程長度；

$s_1, s_2, s_3, \dots, s_i$ ——主軸每轉的送進量。

那麼

$$K = \frac{n_m}{\sum l_i / s_i} = \frac{1000 v}{\pi d \sum l_i / s_i} = \frac{1}{t_p}, \quad (31)$$

式中 t_p ——完成所有不重合工序的時間——基本時間；

d ——被加工材料的直徑；

v ——切削速度。

由公式 31 可以看出，工藝生產率決定了加工過程進行的速度和加工的強烈程度，因為工藝生產率和切削用量成正比而與工作量成反比。

對於一定的工藝過程在給定的切削速度 v_0 時，則

$$K_0 = \frac{1000 v_0}{\pi d \sum \frac{t_i}{s_i}}, \quad (32)$$

式中 K_0 ——在已知不變的切速 v_0 時的工藝生產率。

如果只是改變切削速度，而加工過程中所有其他參數保持不變，則能用已知的 v_0 和切削速度改變因數（沒有單位的係數） x 來表示新的切削速度 v 。

$$v = v_0 x \quad (33)$$

代入公式(31)則得

$$K = \frac{1000 v_0}{\pi d \sum \frac{t_i}{s_i}} x = K_0 x, \quad (34)$$

式中 $x = \frac{v}{v_0} = \frac{n_m}{n_{m0}} = \dots\dots\dots$ ——切速改變因數，它表示任何其他速度對於決定 K_0 的原始速度 v_0 的比值；

n_m ——相當於新切速 v 的主軸轉速；

n_{m0} ——當切速為 v_0 時的主軸原有轉速。

在多軸和多位工作時，由於工藝過程（按工位佈置工序）仍保持以前那樣，而只由於在所有工位上按比例的改變切速，因而改變了工藝過程的進行速度，於是切速改變因數 x 同樣的也適用於所有工藝過程。

因而，對於每一主軸將有

$$x = \frac{n_{m1}}{n_{m01}} = \frac{n_{m1}}{n_{m01}} = \frac{n_{m2}}{n_{m02}} = \dots\dots\dots \text{等等} \quad (35)$$

假定在機床上完全沒有第 I 類和第 II 類的時間損失（用「理想的」，不會磨損的刀具，在沒有空程的「理想」自動機上工作），那麼可將公式 34 寫成

$$Q_{uu} = \frac{K_0}{v_0} v = K_0 x \quad (36)$$

這樣，只有當完全沒有損失時，生產率和切速之間才有成正比的關係，亦即有著一般「切屑生產率」的形式，這時

$$Q = stv \text{ 或 } Q = \frac{stvr}{1000} \quad (37)$$

式中 Q ——單位時間內切下的切屑數量（公寸³/分或公斤/分）●；

s 和 t ——送進（公厘/轉）和切深（公厘）；

v ——切削速度（公尺/分）；

r ——加工材料的比重。

● 直到現在有若干作者不正確地用單位時間內切下切屑的數量來表示機床的生產率，同時從公式 37 出發建立他們的關於合理使用機床的結論。

公式 36 表明 Q_{uu} 與 v (或 x) 成比例的變化。根據切削原理的公式, 實際上 v 的變化是以幂次關係與刀具的服務時間(壽命)相關聯(公式 25), 即增加切速使刀具壽命劇烈地降低。

因而, 即使在「理想」機床(沒有空程)上用普通的(會磨損的)刀具進行工作, 則將由於刀具的緣故(第 II 類時間損失)而造成機床的停頓。

這時的生產率是

$$Q_u = K_0 \eta_u,$$

式中 η_u ——在該機床上考慮到第 II 類時間損失的刀具利用係數。

這類時間損失有:

(1) 取下、安裝、和調整刀具的時間——共 τ_1 分。

(2) 等調整工的時間—— τ_2 分。因為在自動機工作中, 刀具的更換與調整是由一個同時管理數台機床的調整工來進行的, 因此機床在換刀之前可能需要額外停頓 τ_2 分。

(3) 送達刀具的時間—— τ_3 分。

現代的自動機一般是多刀切削的, 即同時用幾十把各種不同的刀具進行工作, 調整工應從刀具分發處拿取這些刀具, 因此在送達刀具上可能產生額外的時間損失 τ_3 分。

(4) 局部刀磨(修正)刀具的時間—— τ_4 分。如果這種工作由調整工進行(例如用油石修正刀刀)。

因此, 為了更換每一把刀具, 實際上機床停車時間, 常常不是單為取下與安裝刀具的 τ_1 分, 而是 t 分鐘, 此處

$$t = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4. \quad (38)$$

如前所述, 必須只考慮到使機床停頓的時間損失。

因此, 在公式 38 中, 消耗在非工作時間(如在中午休息時的強迫換刀)中的時間成份未考慮在內。

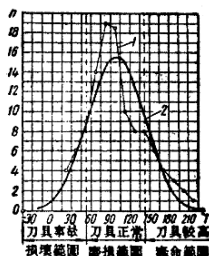


圖 79 刀具壽命分配圖：
切削速度 $v=120$ 公尺/分，
送速 $s=0.409$ 公厘/轉。

在實施強迫更換刀具時必須考慮，該工藝過程中每把刀具的壽命是不同的，此外刀具壽命這概念是對其不均值而言；實際上刀具壽命是在一定範圍內變動的。

在圖 79 中指出 112 把相同的 T_5K_{10} 硬質合金刀具, 在 MP-5 型多刀半自動機床上, 加工同一類型的, 用 $UX15$ 號鋼做的軸承環時, 刀具壽命分配圖。

圖上指出, 在一批刀具中, 有不同的壽命, 壽命的長短用完工的軸承環數來表示。例如, 在這一批中, 有 4 把刀具平均加工 22 個, 另外的 4 把是 172 個, 另外 14 把是 67 個等等。

經驗的分配曲線 1、用正態分配曲線 2 來代替是足夠精確的對於其他刀具也可以看出類似的現象。

刀具壽命的偏差比機床上其他零件(如軸承)的偏差要大得多,這是因為刀具的接觸面是很小的,因此對刀具質量提出特別高的要求。

改善刀具質量與按照加工性把毛坯分類,可減小刀具壽命的偏差。

在決定切削用量時,必須仔細地分別檢查因每一把刀具而造成機床停頓時間 t 的各部分,並採取最大限度減小他們的實際措施。

2 刀具利用係數與機床生產率

爲了決定多刀機床、半自動機、自動機、自動線的切削用量,我們假設:

- (1) 用不同刀具進行工作——車刀、鑽頭、銼刀、擴孔鑽、銑刀等。
- (2) 用不同材料來製造刀具(硬質合金、高速鋼、碳素鋼等)。
- (3) 刀具切去不同截面的切屑。
- (4) 刀具在不同的直徑上加工,因而有不同切削速度。
- (5) 每一把刀具可能處在特殊情況下工作(不好的冷卻,去外皮的加工等),此處不多列舉。

在機床工作的任意時間間隔 Θ 內,(在 Θ 中不包括空程時間),零件只是在 Θ_p 時間內被加工,而其餘的時間,消耗在因更換刀具的停車損失上。

所以,刀具利用係數

$$\eta_u = \frac{\Theta_p}{\Theta} \quad (39)$$

爲解決現存的問題,我們設:

(1) $t_1, t_2, \dots, t_n$ (分)——因每一把刀具而造成的機床停頓,即爲了更換與調整每一把刀具所必要的時間總和。

(2) $a_1, a_2, \dots, a_n$ (分)——在加工一個零件時,每一刀具參加切削的時間。

(3) $\frac{a_1}{t_{p0}} = a_1 K_0, \frac{a_2}{t_{p0}} = a_2 K_0, \dots, \frac{a_n}{t_{p0}} = a_n K_0$ ——在加工過程中,各刀具參加切削時間與整個切削時間的比例;此處 $t_{p0} = \frac{1}{K_0}$ ——當實現指定的工藝過程時,在所採用的切削用量下的切削時間。

譬如,若整個的切削時間 $t_{p0} = 2$ 分,也即 $K_0 = 0.5$ 件/分,而某一刀具在切削過程中,僅參加了 $a = 0.4$ 分,那麼在切削過程中,它參加的比例將爲 $0.4 \times 0.5 = 0.2$ (或 20%)。

(4) $u_1, u_2, \dots, u_n$ ——當刀具滿載條件下,在任意的時間間隔 Θ_p 內,每一把刀具的更換次數,在用新的切削速度 $v_1, v_2, \dots, v_n$ 及與其相對應的刀具壽命 $T_1, T_2, \dots, T_n$, 得到

$$u_1 = \frac{\Theta_p}{T_1}, u_2 = \frac{\Theta_p}{T_2}, \dots, u_n = \frac{\Theta_p}{T_n} \quad (40)$$

(5) $u_1 a_1 K_0, u_2 a_2 K_0, \dots, u_n a_n K_0$ ——在加工過程中,考慮各刀具參加切削時間與整個切削時間的比例後,各刀具的更換次數。

(6) $(u_1 a_1 K_0) t_1, (u_2 a_2 K_0) t_2, \dots, (u_n a_n K_0) t_n$ ——在機床工作的時間間隔 Θ 內,

由於每把刀具所造成的機床停頓時間。

那末, 可以寫成:

$$\begin{aligned}\Theta - \Theta_p &= \sum_{i=1}^n (\mu_i a_i K_0) t_i \\ &= K_0 (\mu_1 a_1 t_1 + \mu_2 a_2 t_2 + \dots + \mu_n a_n t_n),\end{aligned}\quad (41)$$

此處 $\Theta - \Theta_p$ ——由於刀具磨損, 而使機床停頓的總時間(第 II 類時間損失)。

將公式 40 中之 μ_i 代入 41 內, 解得:

$$\Theta = \Theta_p + \sum \frac{\Theta_p}{T_i} a_i K_0 t_i,$$

或

$$\Theta = \Theta_p \left(\sum \frac{a_i K_0 t_i}{T_i} + 1 \right) \quad (42)$$

根據切削速度與所給條件而定的刀具壽命, 可用係數 x 表示。

$$T_1 = \frac{T_{01}}{x^{m_1}}, \quad T_2 = \frac{T_{02}}{x^{m_2}}, \quad \dots, \quad T_n = \frac{T_{0n}}{x^{m_n}} \quad (43)$$

此處 $T_{01}, T_{02}, \dots, T_{0n}$ ——在規定的切削速度為 $v_{01}, v_{02}, \dots, v_{0n}$ 與機床主軸轉速為 n_{u0i} 時的刀具壽命。

$$x = \frac{v_1}{v_{01}} = \frac{v_2}{v_{02}} = \dots = \frac{v_n}{v_{0n}} = \frac{n_{u1}}{n_{u0i}}$$

根據公式 25, 可以決定當主軸轉速為 n_{u0} 時的刀具壽命:

$$T_{01} = \frac{A_1}{v_{01}^{m_1}}, \quad T_{02} = \frac{A_2}{v_{02}^{m_2}}, \quad \dots, \quad T_{0n} = \frac{A_n}{v_{0n}^{m_n}},$$

此處 $v_{01}, v_{02}, \dots, v_{0n}$ ——相當於加工工件直徑為 $d_1, d_2, \dots, d_n$ 每一把刀具的切削速度。

將公式 43 代入公式 42 中, 則

$$\Theta = \Theta_p \left(\frac{a_1 t_1 K_0}{T_{01}} x^{m_1} + \frac{a_2 t_2 K_0}{T_{02}} x^{m_2} + \dots + \frac{a_n t_n K_0}{T_{0n}} x^{m_n} + 1 \right) \quad (44)$$

用 Θ 除 Θ_p 得到在任意的新切削速度下的刀具利用係數:

$$\eta_u = \frac{1}{\frac{a_1 t_1 K_0}{T_{01}} x^{m_1} + \frac{a_2 t_2 K_0}{T_{02}} x^{m_2} + \dots + \frac{a_n t_n K_0}{T_{0n}} x^{m_n} + 1} \quad (45)$$

把公式 45 的分母用總和形式寫成。

$$K_0 \sum_{i=1}^n \frac{a_i t_i}{T_{0i}} x^{m_i} + 1 \quad \text{或} \quad L_0 \sum_{i=1}^n C_i x^{m_i} + 1,$$

得到

$$\eta_u = \frac{1}{K_0 \sum_{i=1}^n C_i x^{m_i} + 1}; \quad (46)$$

式中

$$C_1 = \frac{a_1 t_1}{T_{01}}, C_2 = \frac{a_2 t_2}{T_{02}}, \dots, C_n = \frac{a_n t_n}{T_{0n}} \quad (47)$$

在機床上用一把刀具時, $a = t_{p0} = \frac{1}{K_0}$, 則

$$\eta_u = \frac{1}{C_0 x^{m+1}} \quad (48)$$

式中

$$C_0 = \frac{t}{T_0};$$

T_0 ——在切削速度為 v_0 (n_{u0}) 時的刀具壽命。

係數 η_u 指出在這台機床上刀具利用的程度, 因而在其他條件都相同時, 可用它來作為刀具的特性。很明顯的, 當刀具愈完善, 其係數愈高。從公式 46 中可見, 刀具利用係數不僅與刀具壽命有關, 且與隨着刀具工作而來的損失有關。因此, 這個係數同時可以表示出: 裝備在機床上的夾具對於夾持與調整刀具的完善程度, 工作地點的組織、刀具的經濟情況及調整工人的熟練程度。

為了對於刀具利用係數與切削速度和第 II 類時間損失相互關係有一個清楚的概念, 在圖 80 上表示, 在一定的指數 $m = 8$ 時, 刀具利用係數隨速度因數 x 而變化的曲線, 每一條曲線, 都有與其相對應的不同的 C_0 值, 曲線 1, 2, 3 和 4 的 C_0 值順次減小。這些曲線指出, 隨着切削速度 (x) 的增高, 刀具利用係數在某一部分差不多保持不變, 而更進一步的增加切削速度, 將使 η_u 急劇降低。

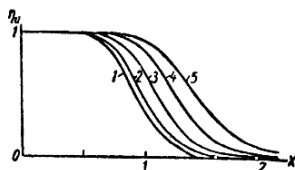


圖80 η_u 值對於
 x 和 C_0 的關係圖。

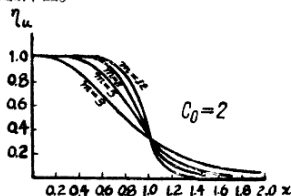


圖81 η_u 值對於
 x 和 m 的關係圖。

在圖 81 中表示在不同的指數 m 值時, 各個刀具的利用係數 η_u 依速度因數 x 而變的關係。這裏可看到對於 $m > 4$ 的刀具, 在小的速度時所有曲線都有恆定的刀具利用係數, 但隨着切削速度的增加, 刀具利用係數急劇地降低。對於 $m < 3$ 的刀具, 在速度開始增加時, 刀具利用係數就降低了。

考慮了刀具利用係數, 則 [理想的] 多刀機床上的生產率 (此處沒有第 I 類時間損失) 可用下式表示:

$$Q_u = K \eta_u = \frac{1}{A_0 \sum_{i=1}^n C_i x^{m_i+1}} \quad (49)$$

從這個公式中得出的結論是：在應用普通刀具工作時，理想機床的生產率，起初隨着切削速度的增加而增加，但以後急劇地降低，這就是說，這個函數有一個極大點。

考慮到多刀機床的第 II 類時間損失和工作循環中的空程損失 t_n (根據第二章公式 11 的結果) 得到：

$$Q = \frac{K_0 x}{1 + K_0' x + K_0' \sum_{i=1}^n C_i x^{m_i}} \quad (50)$$

這個公式可直接從公式 10 得到，

$$Q = \frac{1}{t_p + t_x + t_n} = \frac{\frac{1}{t_p}}{1 + \frac{t_x}{t_p} + \frac{t_n}{t_p}} = \frac{K}{1 + K'x + K't_n},$$

式中

$$t_n = \sum_{i=1}^n C_i' = \sum_{i=1}^n \frac{a_i' t_i}{T_i}$$

a_i' ——切削速度為 v 時，第 i 把刀具參加切削的時間
在把速度轉換到 v_0 時，則

$$K = K_0 x; a_i' = \frac{a_i}{x}; T_i = \frac{T_{0i}}{x^{m_i}}$$

故

$$\sum_{i=1}^n C_i' = \sum_{i=1}^n C_i x^{m_i-1}.$$

代入公式 10，則得

$$\begin{aligned} Q &= \frac{K_0 x}{1 + K_0' x + K_0' \sum_{i=1}^n C_i' x} \\ &= \frac{K_0 x}{1 + K_0' x + K_0' \sum_{i=1}^n C_i x^{m_i}}. \end{aligned} \quad (51)$$

此處 C_i 及 C_i' 表示在速度為 v_0 及 v 時，第 i 把刀具在每一工作循環中所分攤到的第 II 類時間損失。我們必須注意它不是與 x^m 成比例，而是與 x^{m-1} 成比例。

如前所述，在現在及以後的計算中，我們都假設除了切削速度以外，其他的切削用量及切削條件都保持不變。必須說明，在一般情況下， v_0 可按已給的切削用量及切削條件在手冊中查到。事實上，對於 v_0 的採用沒有任何限制，任何切削速度都可做為

v_0 ，但此時必須要用相應的 K_0 及 $\sum_{i=1}^n C_i$ 。無論用那一個 v_0 (此時必須用相應的 K_0 及 $\sum_{i=1}^n C_i$) 所求得的最大生產率切削用量 (v_{max}) 是不變的。

除了 x 和第 I 類時間損失以外,使生產率公式 50 中的各個因素均不變,可以畫出如圖 82 所示的曲線,這些曲線表示,隨著時間損失 t_x 的增加,生產率曲線就較平。在同一個 x_{max} 的數值時,所有曲線都有着不同的生產率極大值。理想(機床($t_x=0$)的曲線的極大值最大,且具有最顯著的升高和降低, t_x 損失較大的曲線變化較為平緩,曲線的極大值也不顯著的表示出來,且比起 $t_x=0$ 時要小。

因此,保證極大值(x_{max})的變數與 t_x 無關。但是圖 82 表示出,生產率曲線的特性根據 t_x 值而完全不同,這從充分利用機床的觀點來看是很重要的。如果說在小的 t_x 值時,稍微變化 x 的值會顯著的降低或昇高生產率的話,那麼無條件的,必須用接近於 x_{max} 的切削用量來工作。在 t_x 值很大的時候, x 向任一邊的變化都不會顯著的影響生產率。所以,在選擇切削用量時必須要考慮到第 I 類時間損失。

尤其重要的是正確選擇自動機床的切削用量。因為自動機床的空程損失 t_x 的值已經很小,而刀具數量又是很多,不正確的選擇切削用量(過高或過低)都會顯著的減少機床生產率。

當在萬能機床上加工,或者是在那些輔助時間多而同時工作的刀具不多的機床

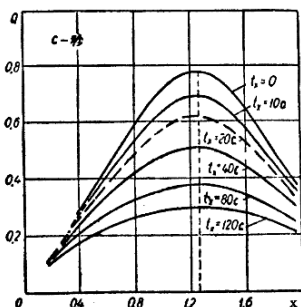


圖82 改變 t_x 時,自動機生產率曲線與切削用量的關係。

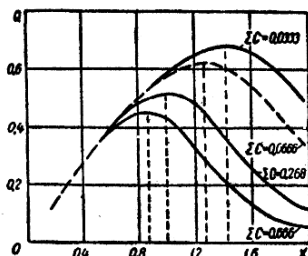


圖83 改變 ΣC_i (分)時,自動機生產率曲線與切削用量的關係。

上工作時,切削用量的偏差對生產率影響是較小的。因而,提高生產率的基本方向首先是縮短輔助空程時間,其次是增加切削用量。

除了 x 和第 II 類時間損失外,保持生產率公式 50 中所有的因素不變,便得到如圖 88 的曲線,曲線表示直接或間接與變換切削刀具有關的時間損失對機床生產率的影響。

從圖上可以看到,第 II 類時間損失的影響與第 I 類時間損失是完全不同的。隨著時間損失 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ 的變化,函數的極大值不僅變化而且向左或向右移動。它表示,減少第 II 類時間損失不僅能增加生產率,而且相應的改變了保證最大生產率的變數。在相反的情況下,當減小了第 II 類時間損失而仍用舊的切削用量加工時,從生產率的觀點來看,機床的能力是未被充分利用的。

因此,切削用量與第 II 類時間損失有直接的關係。

如果決定多刀機床和自動機的切削用量是任意估計的，而沒有任何理論的和實驗的科學根據，這便使最完善的高生產率的機床沒有用最有利的切削用量工作，而引起這些機床的未被充分利用和產品價格昂貴。

圖 83 的曲線表示，採用大的切削用量加工時，要求研究具體的生產情況，改善機床工作的條件，也就是說為減少第 J 類時間損失創造前提。在相反的情況下，不採用上述措施，將會使生產率顯著降低，同時使生產費用增高。

因此，在每一個具體情況下，可以決定能保證機床高生產率的切削用量。為了決定這個切削用量不僅應該知道在這種機床上加工這種零件的工藝特點，而且要知道具體的工作條件：有無調整工，有無預備好的切削刀具等等。也就是所有那些決定時間損失 $t_1, t_2, \dots, t_n$ 的因素。

在一定條件下，能保證最高機床生產率的切削用量，稱為最高生產率切削用量。要進一步提高這個用量 x_{max} ，只有在改變車間的已有情況，促使繼續減小第 J 類時間損失時，才有可能。除非採取減少這種損失的措施，否則任意增加切削用量都會降低機床生產率。

斯塔哈諾夫工作者的成就，是由於他們直接分析了具體情況和考慮了影響機床生產率的所有因素，不僅選擇了新的空前未有的切削用量，同時也採取了組織措施以便能充分利用從提高切削用量而得來的效果。

可以舉出一個斯塔哈諾夫工作者在滾齒機上的工作作為例子。在工作地點按標準組織時，機床生產率是每班 40 個零件。但是，分析到機床和刀具的工作以及勞動組織時，斯塔哈諾夫工作者在提高生產率方面找到了新的潛力。在加工四個零件的時間內，他注意到以下的損失：為了掉換磨損的滾刀停止機床，旋開螺母，取下墊圈和滾刀，裝上新滾刀，調整安裝到所需尺寸，所有耗去的這些時間等於製造三個零件的時間。但是利用調整墊圈使滾刀在心軸上移動，以便利用滾刀的所有刀齒，同時力求減少更換和調整刀具的時間，這樣，便保證每班能生產 60 個零件超過了定額 16 件。

只有在斯塔哈諾夫式的工作組織下，斯塔哈諾夫工作者的切削用量才能保證提高生產率。

國營第一軸承工廠 (ГПЗ) 在自動車床車間，直接進行的實驗研究，具有很大的意義。在採用了常用的切削用量後，該廠工作者實際證明了機床的計件生產率降低了。當時進行試驗的情況如下：在相當長的時間內，把車間中工作的各個機床的切削用量逐漸改變。在每一種切削用量下機床工作若干班，而且正確地測定它的生產率。根據這些試驗，作出了若干生產率曲線。圖 84 所表示的是用實驗方法作出的生產率對於切削速度 v 和進進 s 的曲線。橫座標軸表示 vs 的乘積，即與工藝生產率成比例的數量，縱座標軸表示每工作班所完工的軸承環數量。從所得到的曲線指出，隨著切削用量的提高，生產率並不如預料的那樣成比例地增加，而是在開始時增加，以後顯著地降低[●]。

● 見技術科學博士品高庚 (С. В. Пинеги) 教授所著《現代的軸承零件加工法》，國家機器製造出版社 (Машгиз) 1950 年版；技術科學碩士契爾那夫斯基 (Г. Н. Чернавский) 著《自動車床上軸承環的滾齒切法》。

在1949到1952年間，莫斯科曼高等工業學校(МВТУ им Баумана)的機床和自動機教組，在國家第一軸承工廠的自動車床車間內，用硬質合金刀具在MP-5型半自動機，以及114和1730型半自動機上進行提高生產率方面的試驗。用精密的計時表並攝製工作日的照片，對車間中實際生產情況進行了幾個月的研究，並且決定了所有各類損失。

爲了取得更可靠的結果，同時觀察了12台MP-5型半自動機的利用情況，然後再提高切削速度，測定半自動機的相應的生產率。圖85上所示的就是對於MP-5型半自動機測定的結果。對於車間實際情況所得到的曲線1指出：切削速度超過102公尺/分，就使生產率下降。

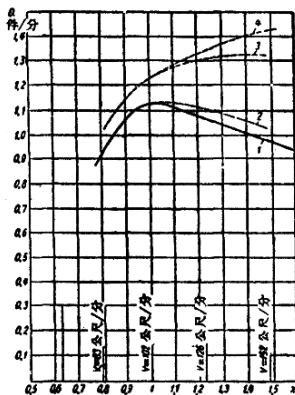


圖85 MP-5型半自動機生產率的實驗曲線。

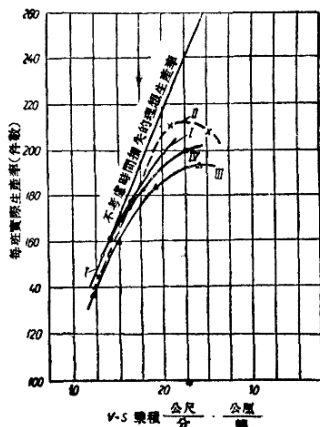


圖84 國家第一軸承工廠生產率實驗曲線圖：

I— $v=40$ 公尺/分；II— $v=50$ 公尺/分；

III— $v=60$ 公尺/分；IV— $v=70$ 公尺/分。

爲了從提高切削速度取得應有的效果，採用一系列的合理化建議來改變生產情況。曲線2是在沒有等待調整工的時間損失下得到的。曲線3是在修理和服務機床的循環外損失。減到最小的情況下得到的。這時，當切削速度超過152公尺/分時，由於 t_z 較大，半自動機的生產率就增加很少了。曲線4是在機床的循環外損失和等待調整工的時間損失減少到近於零的情況下得到的。

用試驗方法作出的許多生產率與切削速度的關係圖，完全證實了由分析所得到的曲線的特性，並再一次地證明：對於每一具體情況，應該找出有利的切削用量。

對於多刀機床，在任何工作條件下，生產率公式50可用下列展開式表示：

$$Q = \frac{K_0 x}{K_0 C_1 x^{m_1} + K_0 C_2 x^{m_2} + \dots + K_0 C_n x^{m_n} + K_0' x + 1} \quad (52)$$