

第一机械工业部机械制造与工艺科学研究所

研究成果

軸承環溝道高速大進刀 磨削試驗研究

內部資料 注意保存



1 9 5 9 北 京

PDC

NO. 内 020

1959 年 6 月第一版 1959 年 6 月第一版第一次印刷

787×1092¹/₁₆ 字数 24 千字 印张 1 0,001—5,000 册

編輯出版 第一机械工业部机械制造与工艺科学研究院
(北京西直門外后二里沟)

机械工业出版社印刷厂印刷

定 价 0.25 元

在轴承生产中，磨削工序占的百分比很大，因此提高磨削生产率和改善其加工质量是十分必要的。我院与哈工大，哈尔滨轴承厂合作进行了轴承外环沟道高速大进刀磨削试验工作。试验过程中，机床经过改装，而且试验次数（或件数）也较多，因此所得到的数据也就较为可靠，经过生产证明，高速大进刀磨削能够在保证产品质量的条件下提高生产率。

本试验确定了各主要工艺因素对砂轮磨损、生产率及表面光洁度等的影响，并提出了合理的磨削用量，如能将上述用量贯彻到生产中去，可以提高生产率30%。此试验一般说来比较完整，可供有关工厂参考，并请各工厂各兄弟单位提出宝贵意见。

机械制造与工艺科学研究院技术会议

一九五九年六月

目 录

I. 前言.....	3
II. 轴承环沟道磨削过程简述.....	3
III. 試驗条件和方法.....	5
IV. 試驗結果及分析.....	7
V. 轴承环沟道磨削用量的选择.....	12
VI. 結語.....	16
VII. 参考文献資料.....	17

軸承環溝道高速大進刀磨削試驗研究

合作單位：哈爾濱軸承廠

哈爾濱工業大學

研究單位：本院第五處

完成日期：1958年10月

1 前 言

磨加工在軸承製造過程中，佔着極其重要的地位，因此提高磨加工的生產品率和改善加工質量，對軸承生產有着重大的意義。國內外的科學研究機關和軸承工廠都十分重視軸承零件磨加工工艺的研究。

哈爾濱軸承廠兩年多以來，在吸取蘇聯先進經驗的基礎上，在軸承環溝邊磨削方面作了數次大進刀磨削試驗〔6〕〔8〕。研究成果已應用到實際生產中去，從而大大的提高了軸承環溝邊磨削的生產品率。

在全國工農業大躍進的新形勢下哈爾濱軸承廠1958年的生產任務大大增加，為了多、快、好、省地完成和超額完成今年的生產任務，進一步提高生產品率是十分必要的。因此，我們在原有軸承環溝磨削試驗的基礎上開始了本課題的研究工作。在試驗研究過程中曾獲得蘇聯專家叶、叶、卡查林（Е. Е. кожанин）的熱心指導，在此謹表謝意。

試驗研究的目的是在於尋求高生產品率的，同時又能保證加工質量的軸承外溝磨削用量。生產實踐和有關試驗研究〔3〕〔6〕〔8〕都說明了採用大的橫進刀量磨削可以大大的提高生產品率。而在採用大進刀的同時又採用高速磨削效果會更好〔1〕〔2〕，因此，高速大進刀磨削為本課題研究的主要內容。同時根據當前生產情況，又進行了普通速度下的大進刀磨削試驗，以便制訂出在現有條件下切實可行的高生產品率磨削用量。

II. 軸承環溝道磨削過程簡述

軸承外環溝道在專用溝道磨床上用橡膠砂輪加工。圖1為加工原理示意圖。其磨削用量要素為：砂輪速度，工件速度，橫進刀量，工件擺頭次數，空擺（無橫進給的磨削）時間。加工工作循環為：

1. 砂輪快速趨近工件
2. 砂輪切入工件
3. 粗磨
4. 空擺
5. 砂輪退出並返回到加工前的位置

在M8810沟道磨床上，工作循环是半自动的。机床原机构为三步进刀磨削，即：粗磨——细磨——空摆。我们采用的是二步进刀磨削，即：

粗磨——空摆，在加大横进刀量的情况下，采用二步进刀磨削，无论在理论上和实践上都证明了它的合理性，有利于提高生产率。图2为两种进刀方式的比较。图2 a表示工艺系统弹性变形在加工各阶段变化的情况。图中虚线表示二步进刀，实践表示三步进刀。

在二步进刀时（图2 a），砂轮切入工件之初，一般采用失的手动进刀，故在较短的时间 τ_1 内，弹性变形达到稳定值 y_0 ，经过粗磨时间（ τ_2 ）、细磨时间（ τ_3 ）、空摆时间（ τ_4 ），在加工结束时弹性变形值恢复到 y_k 。

在加大横进刀量的情况下，二步进刀时（图2 a）如不采用手动进刀，则需经较长的时间（ τ_1' ）后弹性变形值才达到稳定值 y_0 。在空摆时间（ τ_4' ）内（ $\tau_4' = \tau_4$ ）砂轮轴具有更强烈的趋势恢复到原来的位置，故弹性变化曲线下降的更陡，加工完了时弹性变形值减少到 y_k' 。空摆时间内，工艺系统的弹性变形值减少有助于提高工件几何精度，故希望加工结束时的残余弹性变形少，但没有必要增加很多空摆时间来减少工艺系统的弹性变形只要达到了所要求的几何精度就够了。两种进刀方式在加工结束时的残余弹性变形值 y_k' 及 y_k 不同，如果 $y_k' > y_k$ ，这时加工精度不利，然而生产实践和试验结果[6][8]证明：当增大自动横进刀量，采用二步进刀时，工件的几何精度完全合乎要求。

图2 b为磨量的变化情况。在砂轮切入阶段（ τ_1' 或 τ_1 ）、细磨（ τ_3 ）及空摆阶段（ τ_4' 或 τ_4 ），实际横

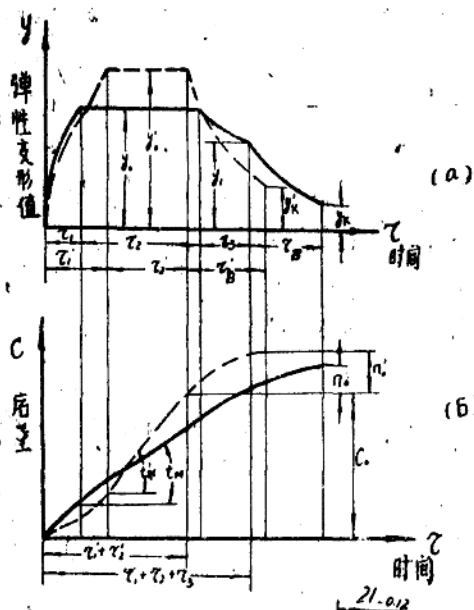


图2 (a)——加工各阶段工艺系统的弹性变形的变化情况；
(b)——加工各阶段的磨量的变化情况。
图中： y ——弹性变形值； C ——工件磨量； t_n ， t_m ——名义横进刀量； τ ——时间。

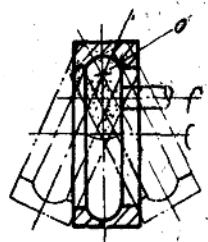


图1 加工原理示意图：
0——工件摆动中心。

进刀量是变的，所以磨量和时间的关系是曲线。在粗磨阶段（ τ_2' 及 τ_2 ），内实际横进刀量是不变的，因此磨量和时间是直线关系，直线的斜角的正切即名义进刀量 t_n （此时名义进刀量与实际进刀量可看成相等）。

由图2可以看出，在二步进刀时经（ $\tau_1 + \tau_2 + \tau_3$ ）的时间后磨量为 C_0 在利用二步进刀时（同时加大进刀量）磨去同样的磨量所需要的时间是（ $\tau_1' + \tau_2'$ ），且（ $\tau_1' + \tau_2'$ ） $<$ （ $\tau_1 + \tau_2 + \tau_3$ ），这说明了二步进刀时的生产率比三步进刀时高。实际情况也是如此，例如：以两种不同方式加工306/01（单列向心球轴承外环）机动时间差很多。加工306/01的机动时间比较：（见表1）。

空摆可以改善工件表面光洁度，同时也可以修磨去粗磨时可能发生的烧伤层。

进刀方式	横进刀量(公厘/分)	机动时间(分)
三步进刀	1.7	0.50
二步进刀	2.5	0.23

因而提高了工件的表面质量。根据苏联 Г. Б. Жылье 的研究 [4]，无横进给阶段的磨量与该阶段开始时的弹性变形值成正比，同时，无进给阶段前后之弹性变形值相差愈大磨量也越大，二步进刀（同时加大进刀量）时空摆前弹性变形值 y_0 （图 2 a）大于三步进刀时相应之 y_1 ，且二步进刀时，在空摆阶段工艺系统弹性变形恢复的趋势强烈，即空摆前后弹性变形值相差较大。因此，二步进刀时空摆阶段磨去的金属量 Π 较多。这就有可能磨去加工初期因增大进刀量而造成的工件表面的烧伤层。生产经验和试验结果 [6] [8] 证明：二步进刀时工件的烧伤情况和表面光度与三步进刀没有什么区别。

III. 试验条件和方法

机床：国产 M8810 外沟磨床

砂轮：哈尔滨轴承厂自制人造橡胶砂轮

Φ100 C B

ΠΠ60×13×10

工件：单列向心球轴承外环 (307/01)

工件材料为 1 钢 15（相当于 $u \times 15$ ）

Rc61~65

淬火温度 850°~860°C

回火温度 150°~160°C

冷却液成份：乳化油膏 1 %

无水碳酸钠 0.2 %

亚硝酸钠 0.25 %，其余为水。

冷却强度：4 公升/分

磨削用量：砂轮速度 (公尺/秒)：34, 44, 59,

工件速度 (公尺/分)：178, 356,

横进刀量 (公厘/分)：2, 3, 4, 5,

工件摆动次数 (次/分)：55

空摆：4 次（为 0.07~0.08 分钟）根据初步试

验，在高速大进刀磨削时空摆以 4 次为宜。

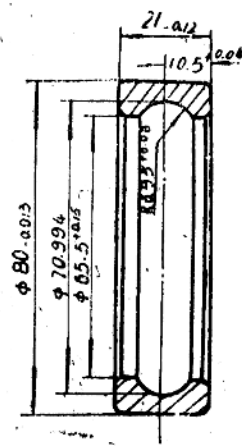


图 3 307/01 工件图。

试验时曾对机床作了部分改装。

(1) 更换带动砂轮轴的电动机，原为 1.7 瓩，换成 5 瓩。

(2) 改装进刀机构

1. 更換粗進刀凸輪以增大橫進刀量。

机床进刀机构传动路线如图4所示，自动进刀时，电机带动蜗杆，蜗轮带动进刀凸輪轉动，經杠杆傳給棘輪爪，棘輪爪再撥动进刀棘輪；而使进刀絲杠轉动，带动橫进刀拖板即自动进刀。改装前橫进刀量最大約为2.5公厘/分。机床原有进刀凸輪为單叶的如(圖5 a)，为了增大进刀量将粗进刀凸輪換成双叶的如圖5 b所示。这样凸輪每轉一轉可撥动两次进刀棘輪，而使进刀量增大。改装后进刀量最大可达5.3公厘/分左右。

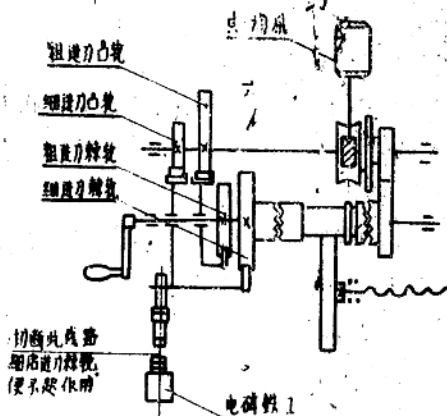


圖4 M8810磨床進刀機構示意圖。

2. 改三步進刀為二步進刀

切斷頂起粗進刀杠杆的電磁鐵1的電路，使細進刀不起作用，即成為自動二步進刀(粗磨——空擺)。

3. 裝設油噴霧冷卻系統

机床原有砂輪軸是直接注入錠子油潤滑冷卻的，为使砂輪軸能承受高轉数，改用油噴霧潤滑冷卻。其裝置如圖6所示。采用这种裝置大大改善了砂輪軸的潤滑冷卻条件。壓縮空氣的压力为2~2.5公斤/公分²，油的噴射量为每分鐘7~8滴，油为变压器油。

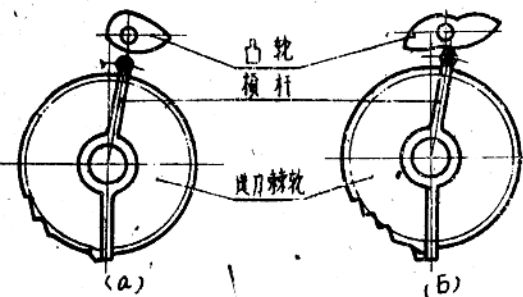


圖5 進刀機構凸輪改裝示意圖。

4. 更換工件卡頭的电机

工件卡頭的电机原为0.65瓩，1440轉/分。換成1.0瓩，800轉/分的。

5. 卡頭軸改用錠子油潤滑。

卡頭軸原为干油潤滑，因卡頭軸轉速增大了，故改用錠子油潤滑。

在每种磨削用量下加工5个以上的零件，測量結果取其平均值，試驗工件的几何精度时，每种用量下加工一批(30个~50个)工件，每个工件都进行几何精度的測量，測量仪器为軸承生产中所使用的軸承零件精度檢查專用仪器，砂輪軸电机功率用三相交流功率表測量。工件表面光潔度用苏联ПЧ-2面型仪測量，每个工件測量20次，取其平均值。燒伤用酸洗法檢查。

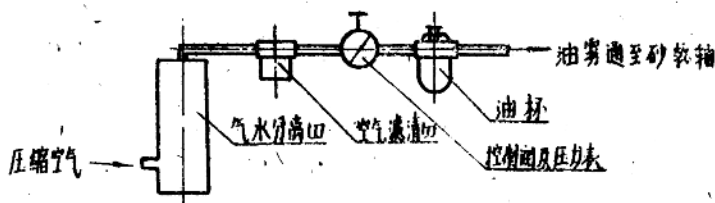


圖6 油噴霧系統圖。

IV 試驗結果及分析

軸承環溝磨削用量要素中以橫進刀量、砂輪速度對加工過程及加工質量的影響為最大，其次為工件速度。空擺時間也有一定的影響，但本次試驗中未進行研究。試驗中着重考察了速度和橫進刀量對磨削過程及加工質量的影響。

(1) 砂輪速度及橫進刀量對砂輪磨損的影響：

砂輪磨損用磨損係數 K 表示：

$$K = \frac{H + \Delta H}{H}$$

式中： H 為磨量

ΔH 為砂輪消耗量

從圖(7)可以看出在其他條件相同時，砂輪速度增加砂輪磨損係數 K 值則下降。一般地說在橫進刀量大時砂輪速度對砂輪磨損的影響較橫進刀量小時更為顯著。這和已有的試驗結果[3]、[6]、[8]、[9]是相符的。由此可見在大進刀磨削時採用提高砂輪速度的辦法來避免砂輪過大的磨損是有效的。

從圖(8)可以看出；橫進刀量增加砂輪磨損係數也隨着增加，同時也可以看出在砂輪速度低時橫進刀量對砂輪磨損的影響較砂輪速度高時顯著。

比較圖(7)，圖(8)可以看出在其他條件相同時，砂輪速度對砂輪磨損的影響較橫進刀量的影響為大。

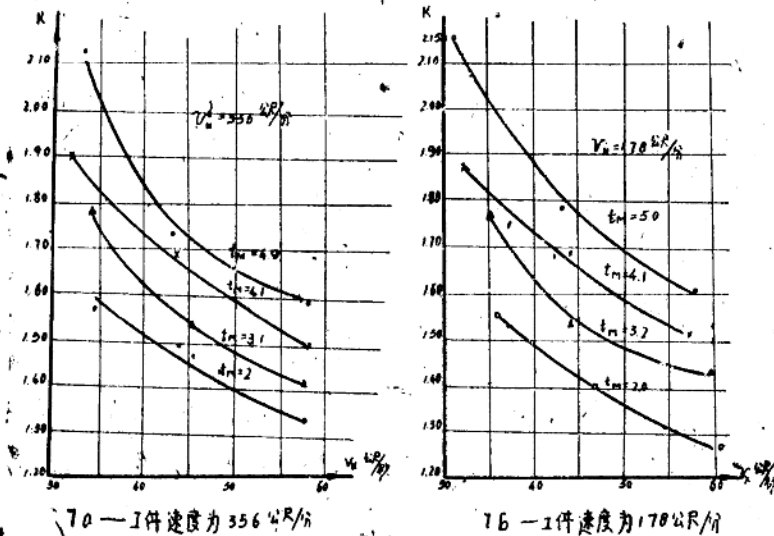


圖 7 砂輪速度和硬輪磨損系數的關係。

(2) 砂輪速度及橫進刀量對工件燒傷的影響。

在一定加工條件下，砂輪速度和橫進刀量的增加都使工件容易產生燒傷，尤其是在工件速度低時，採用高速度和大的橫進刀時應提高工件速度(當然工件速度的提高有一定限制)提高工件

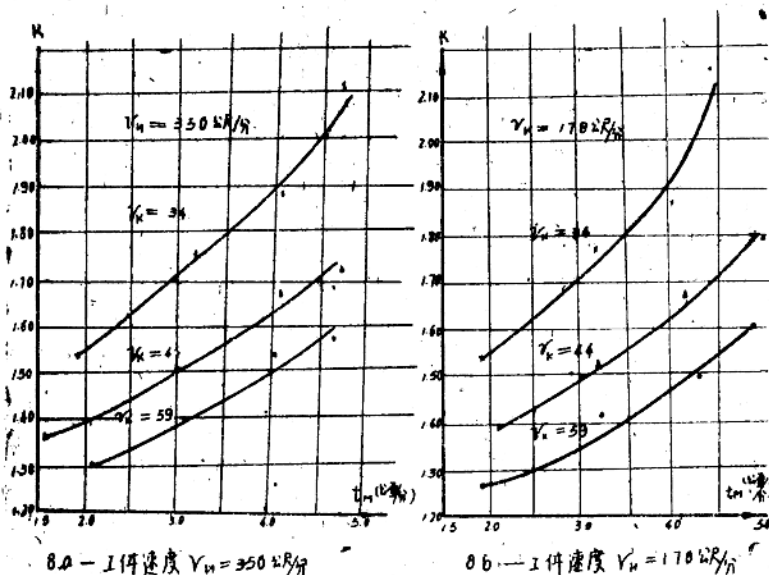


圖8 橫進刀量和砂輪磨損系數的關係。

速度有可能避免或大大減少燒傷，試驗結果証明了這一點。

在工件速度為 356 公尺/分時，在試驗採用的用量範圍內除個別工件產生允許範圍內的極輕微的燒傷外，其他均無燒傷。而降低工件速度到 178 公尺/分時，工件一般的均有燒傷。

(3) 砂輪速度及橫進刀量對工件幾何精度的影響

加工過程中，砂輪直徑不斷變小，因此，切削速度和砂輪磨損等均隨之變化中，為了更好地了解加工精度應觀察整批工件（從新砂輪工作開始至砂輪廢棄為止）的質量情況。

試驗過程中對橫進刀量大於 3 公厘/分，砂輪速度由 34 公尺/秒至 59 公尺/秒的幾種用量下，所加工工件的幾何精度作了整批測量，測量結果表明，溝側擺，橢圓度，溝道半徑 R 均合格，而且在一批工件中變化不大，在所有用量下，工件的橢圓度一般為 2~5 μ ，少數工件達到 6 μ 。溝側擺為 8~21 μ ，個別為 30 μ 。在最不利的磨削條件下（ $t_n = 4 \sim 5$ 公厘/分， $v_n = 34$ 公尺/秒）出現了極少的返修品（溝道半徑過小），總之，工件幾何精度是可以滿足要求的。

但是必須指出，在採用大進刀（ $t_n > 4$ 公厘/分）時溝道半徑 R 的精度有時很不穩定。在過去的試驗中，曾發現過溝道半徑 R 在加工一批工件的過程中，有逐漸變小的趨勢，圖 9 為加工一批 203 軸承外環溝道半徑 R 變化的情況，從圖上可以看出 R 逐漸變小，最後出現了返修品（有※號）。

對於這種現象，我們初步認為可作如下的解釋：

圖 10 中方格部分表示磨加工的余量，均勻分布在溝道曲面上 R_1 及 R_2 分別為車加工及磨加工後的半徑，砂輪在加工一批工件前修整一次，直到使用廢棄為止，中間不再修整。修整後砂輪的曲率半徑 R_s 大於 R_1 ，近似於 R_2 。加工時砂輪橫向進刀，工件擺動，擺動角 2α 。約為 $50^\circ \sim 55^\circ$ 。圖 10 中 O 為工件擺動中心，亦即溝道曲面中心。加工時溝道兩側邊緣 A 及 A' 在 2α 角度

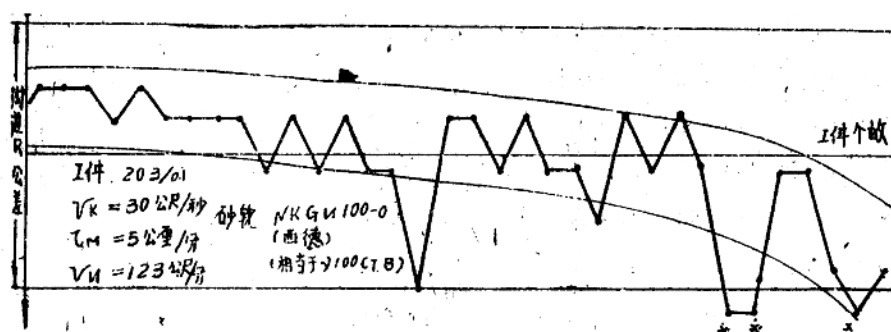


圖 9 沟道半径 R 的变化情况。

內摆动。但 $2\alpha = \angle A'OA \approx 100^\circ$ ，由于 $\alpha < \alpha'$ ， A' 及 A 不可能摆过中心线 OO 。砂轮进刀时首先磨削沟边两侧边缘，工件上的两个边缘 A 和 A' 是由砂轮周边两侧粗綫部分磨去的，靠近中綫的余量是由砂轮中間部分磨去的故磨削开始时先磨沟道的两边而后逐渐扩展到中間，砂轮的磨损也是两侧大于中間，尤其是粗綫部分磨损最重。直到砂轮中部接触到沟道中間以后，砂轮各部分的磨损才逐渐均匀，由于橡胶砂轮自礪性良好，砂轮一方面磨损工件，同时砂轮的曲率半径 R_k 也渐渐接近于工件摆动半径之值，由此可见，砂轮曲率半径 R_k 在磨削一个工件的过程

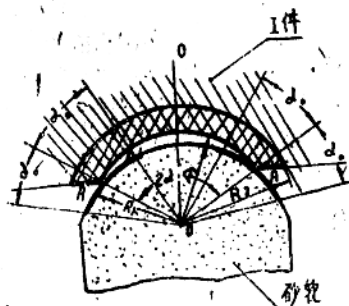


圖 10

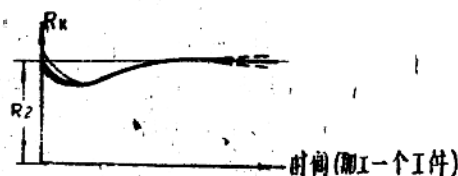


圖 11

R_k —砂轮曲面半径； R_2 —工件摆动半径。

中是时时在变化的其变化过程可以設想如圖 11 所示的那样， R_k 开始加工时逐渐减小，以后又渐渐变大而趋近于工件摆动半径。同时，砂轮两侧的直径小于中部，例如在加工一批 307 外环时，加工之初直径相差約为 13%，随着砂轮的磨损直径变小，相差的百分比也增大，直径最后相差約为 20% 由此可看出砂轮两侧的磨损总是大于中間的。

加工一批工件的过程中砂轮直径变化范围很大，例如加工 307 外环时砂轮直径（端面中間）由 53 公厘減至 36 公厘，即减小 32%，加工 203 外环时，砂轮直径由 27 公厘減至 16 公厘即减小 40%，換句話說砂轮速度在加工一批工件中的变化为 30~40%，砂轮速度越低和橫进刀量越大砂轮速度的变化对砂轮磨损的影响也越大，本次試驗和已有的試驗資料[3][6][8][9]都証明了这一点。

砂轮直径在加工过程中逐渐减小，砂轮速度也逐渐降低，砂轮磨损也随之增加，由于砂轮曲面上速度不同所引起的磨损不均匀程度也增大。此种情况在大进刀磨削时更加剧烈，甚至可能在

加工一个工件的过程中, 由于砂輪磨損太甚其曲率半徑 R_k 不能恢复到接近 R_2 (圖11) 因此沟道半徑 R 也可能变小, 同时随着砂輪直徑的减少情况愈来愈严重。

影响沟道断面形状的因素很多, 如机床調整, 工件前工序的加工精度, 加工余量的分布和大小, 工艺系統的彈性变形和砂輪質量等等此次試驗仅接触到問題的一面, 未能作深入地探討, 这一問題有待于今后作进一步的研究。

(4) 砂輪速度及橫進刀量对实际橫進刀量的影响。

在其他条件的相同时橫進刀量增加, 則磨削力也增加, 因而机床——砂輪——工件系統的彈性变形也增大 (圖12)。由于存在着彈性变形和砂輪磨損 (机床進刀机构的微小誤差不計) 所以实际進刀量 (單位時間內磨去的金屬層) 小于名义進刀量 (測量到的)。增加橫進刀量时, 实际橫進刀量并不与其成比例的增加 (圖13)。但增加橫進刀量仍可提高生产率。

由圖13可知: 在相同的橫進刀量下, 砂輪速度愈高实际橫進刀量愈大, 这充分显示了高速磨削的优越性。

(5) 砂輪速度及橫進刀量对机动時間的影响。

当增加橫進刀量时, 机动時間 (指發生火花到磨削完畢的時間) 随着縮短, 从而提高了生产率 (圖14)。

其他条件不变增加砂輪速度时, 則机动時間縮短, 这一規律与圖13所示的規律互相印証, 由圖14可以看出: 其他条件不变当砂輪速度由34公尺/秒增至44公尺/秒时則机动時間縮短10%~17%, 而由44公尺/秒增加至59公尺/秒时机动時間縮短4%~7%。由此可見, 如果能將砂輪速度由目前一般的30~35公尺/秒提高到45公尺/秒, 即可收到較显著的效果。其次橫進刀量对生产率的影响更为明显, 当橫進刀量由2公厘/分增至5公厘/分时, 机动時間縮短40~50%。

(6) 砂輪速度及橫進刀量对砂輪軸电机功率的影响。

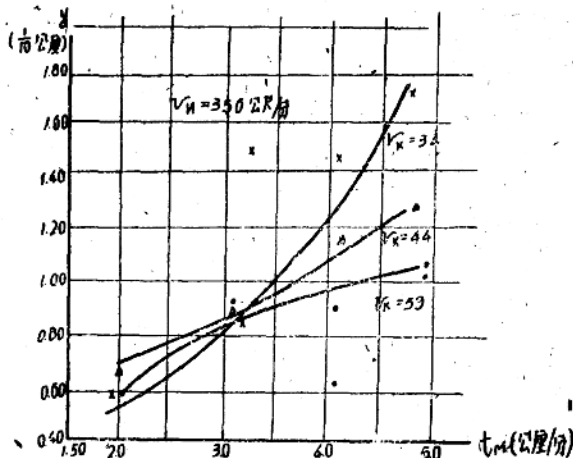


圖12 橫進刀量与彈性变形的关系:

y —彈性变形值; $y = t_1 - (\Delta H + H)$, t_1 —加工中砂輪軸橫向移动距离; ΔH —在同时間內砂輪半徑上的消耗; H —半徑上磨量。

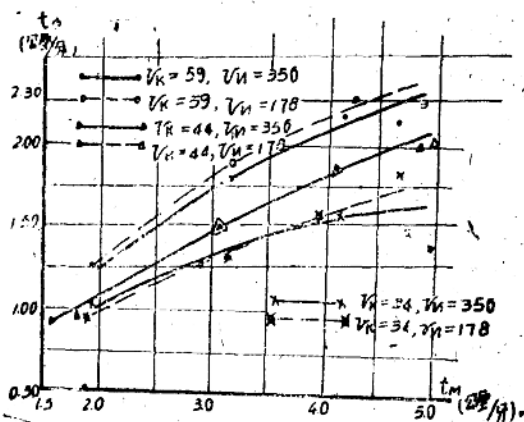


圖13 名义进刀量与实际进刀量的关系。

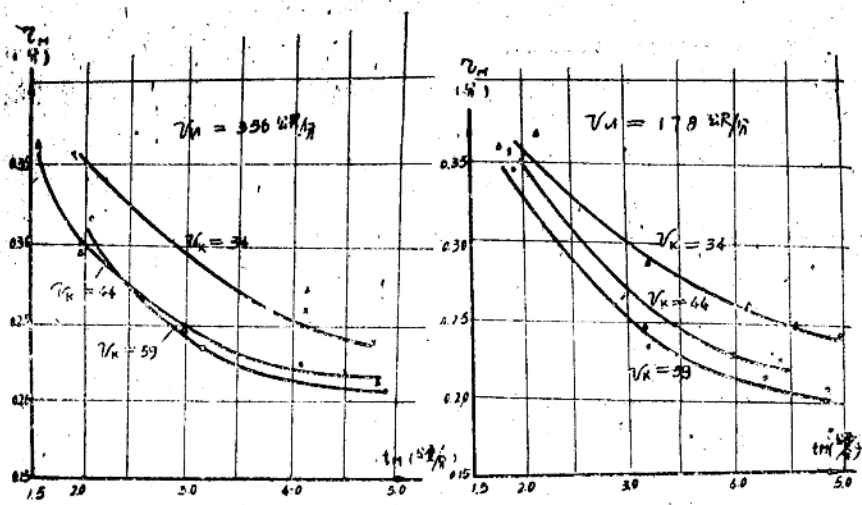


图 14 A 工件速度 $V_N = 356 \text{ RPM/min}$

图 14 B 工件速度 $V_N = 178 \text{ RPM/min}$

图 14 横进刀量与机动时间的关系。

增加砂輪速度及横进刀量功率也随着增加(圖 15), 圖上功率值为功率表指示的瞬时最大值。

試驗过程中曾試用 2.8 瓩的电机, 当横进刀量为 4 公厘/分时砂輪軸轉数由 17,500 轉/分, 降至 15,000 轉/分或更低些, 而在横进刀量增大到 5 公厘/分时电机几乎带不动砂輪軸。換用 5 瓩电机后, 加工情况正常。故推广高速大进刀磨削时机床原有的 2.8 瓩或 1.7 瓩电机应換成为 4.5 瓩左右的电机。

(2) 砂輪速度及横进刀量对工件表面光潔度的影响。

工件表面光潔度随着砂輪速度的提高而提高(圖 19), 这也是高速磨削优越性之一。圖 16 所示, 当砂輪速度由 34 公尺/秒增至 59 公尺/秒 (即增加約 80%) 工件 H_{CK} 值降低 10~20% 苏联 И. П. Кузнецов 的試驗[1]。

結果为, 当其他条件不变时, 砂輪速度增加一倍半左右, H_{CK} 值降低約 50%。我国瓦房店轴承厂的試驗[9]为砂輪速度增加 10%~18% 工件 H_{CK} 值降低 10~20%。

横进刀量增大, 則工件 H_{CK} 值也随着增加(圖 17), 但增加的并不显著。由圖 17 可知当横进

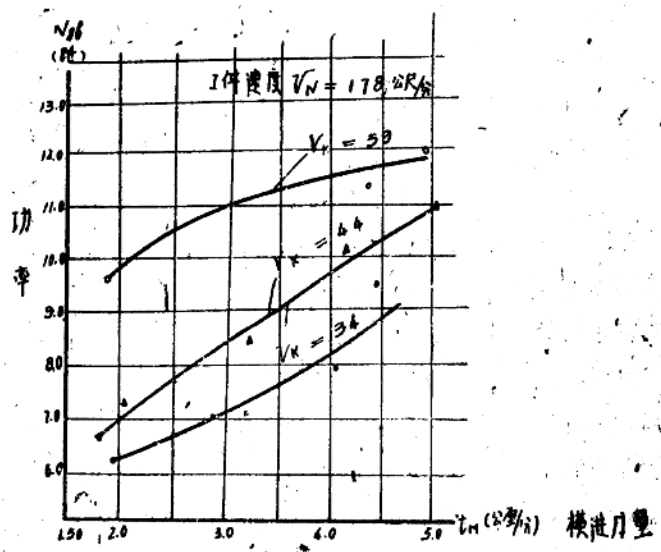


图 15 横进刀量与功率的关系。

刀量由2公厘/分增至5公厘/分(即增加一倍半),工件表面光度仅相差(或不到)一小級。沒有空摆的磨削試驗也得到相似的結果(圖18),当横进刀量由2.1公厘/分增大到6公厘/分,工件表面光潔度相差仍为一小級。下表为用橡胶砂輪磨削軸承环沟道横进刀量对表面光潔度影响的一些試驗結果。

横进刀量变化	工件表面光潔度变化	資料来源
0.8公厘/分~2.6公厘/分(增加約220%)	一小級	[8]
0.4公厘/分~1.2公厘/分(增加200%)	一小級	[9]
0.24公厘/分~1.4公厘/分(增加約480%)	一小級	[1]
1公厘/分~5公厘/分(增加400%)	在V/V8範圍內	[2]
0.4公厘/分~2.4公厘/分(增加500%)	一大級	[3]

根据这些結果可以看出,尽管試驗条件不同,除个别情况外,試驗結果均相似。

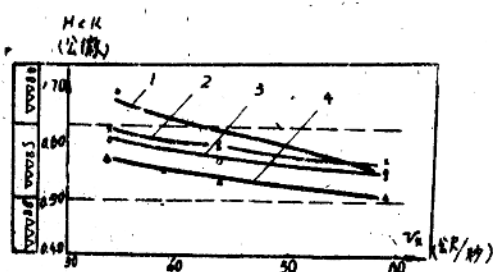


圖16 砂輪速度对表面光潔度的影响

工件速度 $v_u=356$ 公尺/分;

1— $f_m=4.9$ 公厘/分; 2— $f_m=4.1$ 公厘/分;

3— $f_m=3.1$ 公厘/分; 4— $f_m=2.0$ 公厘/分。

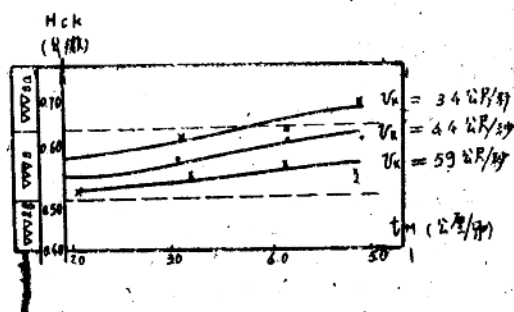


圖17 横进刀量对表面光潔度的影响

工件速度 $v_u=356$ 公尺/分。

这种現象是与橡胶砂輪的特点分不开的。苏联Н.П. Кузнецов指出[1][2]:橡胶砂輪具有与橡胶結合剂的彈性、伸縮性相似的性質,同时,在磨削过程中砂輪表層尚發生塑性变形,砂粒可能在結合剂中發生位移。因此,某些負荷过重的砂粒有可能将其一部分負荷傳給邻近的砂粒。故工作过程中砂粒上的負荷是自动地均匀調整。这样在被加工表面上的磨削划痕的分布和深度以及热量的分布較均匀。故当横进刀量增加时工件表面光潔度变化并不显著,此外,也种現象与橡胶砂輪的抛光作用也有关系。

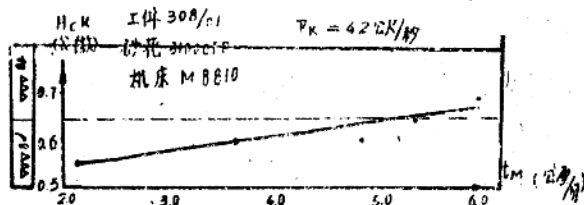


圖18 无空摆磨削时横进刀量对表面光潔度的影响。

V 軸承环沟道磨削用量的选择

合理的磨削用量应能保証加工質量和获得高生产率。在选择磨削用量时还应当考虑到經濟性試驗結果說明,在試驗所采用的全部用量下,工件的几何精度是合乎要求的,表面光度也很好

(一般为 $\nabla\nabla\nabla 8a \sim \nabla\nabla\nabla 9a$)。在大部分用量下, 工件全无烧伤或仅有在允许范围内的极轻微的烧伤。因此, 磨削用量的选择只受到砂轮磨损的限制。

在磨削用量要素中横进刀量对生产率的影响最大, 在保证加工质量条件下, 增加横进刀量可大大提高生产率。但随着横进刀量增加砂轮的磨损也增加了, 这样不仅增加了砂轮的消耗和更换砂轮的辅助时间, 同时, 由于砂轮磨损的快, 不容易保证沟道 R 的尺寸和沟道形状的精度, 使返修品数量增加。因而降低了生产率增加了生产成本, 几何精度也不易保证。另一方面要求过小的砂轮磨损也完全没有必要, 因为在提高砂轮速度受到限制时只有减小横进刀量才能满足这个要求, 减小横进刀量必然使生产率下降。

因此, 应求出最适宜的砂轮磨损系数 ($K_{c.m.}$), 以便根据 K_{onm} 制订或选择既能保证高生产率又达到质量要求的加工质量的磨削用量。 K_{onm} 可用分析计算方法求得, 同时, 再参照经验数字来确定。

K_{onm} 的计算, 以获得最高生产率为出发点。

单件时间可用下式表之:

$$\tau_{st} = \tau_n + \tau_{n1} + \tau_{n2} + \tau_n \quad (1)$$

τ_{st} ——单件时间 (分)

τ_n ——机动时间 (分)

τ_{n1} ——除换砂轮外的辅助时间 (分)

τ_{n2} ——换砂轮所需的时间 (分)

τ_n ——附加时间, 按 $(\tau_n + \tau_{n1} + \tau_{n2})$ 的 13% 计算 (根据轴承厂劳资科资料) (分)

$$\text{又 } \tau_n = \frac{H}{t_\phi} + q$$

H ——工件半径上的磨量 (公厘)

t_ϕ ——实际横进刀 (公厘/分)

q ——空摆时间 (分)

根据试验结果 (图 8) 可以求得各种磨削条件下实际横进刀量与砂轮系数的关系得

$$K = c_2 t_n^b$$

图 (13) 可求得

$$t_\phi = c_3 t_n^d$$

由 (3), (4) 两式可得

$$K = c_4 t_\phi^f$$

由实测知 $H = 0.225$ 公厘, 将 (5) 式代入 (2) 式, 得

$$\tau_n = \frac{A}{K^f} + q$$

常数 c_2, c_3, c_4, A 及指数 b, d, f , 之数值在此从略。

加工一个工件所需的换砂轮的辅助时间

$$\tau_{n2} = n_0 \cdot \tau_n'$$

式中 n_0 ——加工一个工件所需的砂輪个数, 小于 1。

τ'_{s2} ——换一个砂輪所需的时间, (分)。

$$\text{又} \quad n_0 = \frac{\Delta H}{\Delta R_K} \quad (8)$$

式中 ΔH ——加工一个工件砂輪半徑上的消耗量, (公厘)。

ΔR_K ——一个砂輪有效利用半徑, (公厘)。

砂輪磨損系数

$$K = \frac{H + \Delta H}{H}$$

$$\text{故} \quad \Delta H = H(K - 1) \quad (9)$$

将 (9) 式代入 (8) 式得:

$$n_0 = \frac{H(K-1)}{\Delta R_K} \quad (10)$$

将 (10) 式代入 (7) 式得:

$$\tau_{s2} = \frac{H(K-1)}{\Delta R_K} \cdot \tau'_{s2} \quad (11)$$

由实测已知: $H = 0.225$ 公厘,

$\Delta R_K = 8.5$ 公厘,

$\tau'_{s2} = 2.5$ 分,

$$\text{所以, } \tau_{s2} = 0.66(K - 1) \quad (12)$$

由 (1), (6), (12) 式得

$$\tau_m = \left[\frac{A}{Kf} + q + \tau_{s1} + 0.66(K - 1) \right] \times 1.13 \quad (13)$$

式中 A , f , q , τ_{s1} 均为已知, ($q = 0.07$ 分, $\tau_{s1} = 0.17$ 分), 因此給出一定的 K 值即可求得相应的 τ_m 值。经过计算在各种用量下一般 K 值为 $1.8 \sim 2.2$ 时 τ_m 最小。但磨損系数过大不利于保証工件的几何精度, 又参考經驗数值 (小于 1.8), 取 $K_{opt} = 1.7$, 磨削用量即按 $K = 1.7$ 来选擇。

分析计算所得到的结果是近似的, 可作为确定最适宜的砂輪磨損系数的参考, 这种方法能在一定程度上補助單純根据經驗决定之不足。

提高砂輪速度对减小砂輪磨損有显著的效果, 在同样砂輪磨損的情况下, 采用高的砂輪速度可增大橫进刀量从而大大的提高生产率, 例如在保持砂輪磨損系数为 1.7 时, 当砂輪速度为 34 公尺/秒橫进刀量只能用到 3 公厘/分, 将砂輪速度提高到 44 公尺/秒时, 橫进刀量可以达到 4.5 公厘/分左右, 因此在砂輪速度大于 40 公尺/秒时采用 3 公厘/分以上的橫进刀量是合理的, 否則将不能充分利用高速磨削的特点。

在低速 ($v_k < 30$ 公尺/秒) 时, 用大进刀 ($t_n > 3$ 公厘/分) 将引起砂輪严重的磨損同时沟道精度 (首先是沟道半徑 R) 不容易保証。故低速时不宜采用大进刀。

工件速度主要对烧伤有影响。当橫进刀量大, 砂輪速度高时, 应提高工件速度以避免發生烧伤。工件速度对 K 值实际上沒有影响 (圖 19)。

根据以上所述, 綜合試驗的結果, 可确定在 M8810 或 JI3-8 沟磨床上合理的磨削用量范围如下:

(1) 高速磨:

 $v_k \leq 45$ 公尺/秒橫進刀量 $t_n = 3 \sim 5$ 公厘/分工件速度 $v_u = 356$ 公尺/分

工件摆动次数 55 次/分

空控 4 次,

(2) 普通速度磨削

 $v_k \leq 40$ 公尺/秒橫進刀量 $t_n = 3 \sim 4$ 公厘/分工件速度 $v_u = 178 \sim 356$ 公尺/分

工件摆动次数 55 次/分

空摆 4 次,

 $v_k \leq 30$ 公尺/秒时橫進刀量 $t_n \leq 3$ 公厘/分工件速度 $v_u = 178 \sim 356$ 公尺/分

工件摆动次数 55 次/分

空摆 4 次,

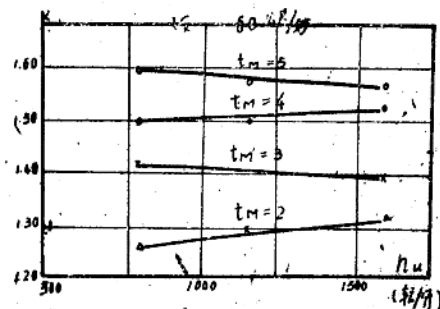
圖19 工件輪速與砂輪磨損的關係: n_u —工件轉數。

圖 (20 a, 6) 表示此合理的磨削用量範圍。採用 (20 a) 曲線 A-B 上的 v_k 與 t_n 組合可保持 $K = 1.7$ 。採用曲線 AB 以上的範圍 $K < 1.7$, 曲線以下的組合 $K > 1.7$ 。

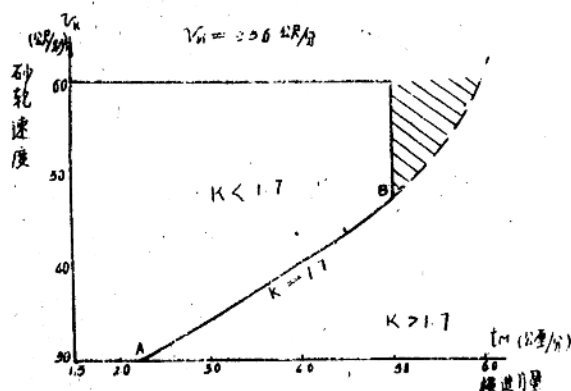
工件速度 $v_u = 356$ 公尺/分

圖20a 磨削用量組合圖。

在工件速度 $V_u = 178$ 公尺/分, 選擇砂輪速度 V_k 和橫進刀量 t_n 時, 除考慮砂輪磨損外還應當考慮避免燒傷, 從圖 (20, 6) 可以看出, 在砂輪速度超過 51 公尺/秒左右時, 在所有試驗採用的橫進刀量下均發生燒傷。

鑒於目前推廣高速磨削的條件尚不夠成熟。建議採用下面的磨削用量, 這一用量既能保證加工質量又能提高生產率。

砂輪速度 $V_k \approx 42$ 公尺/秒橫進刀量 $t_n = 4$ 公厘/分 (或稍大)工件速度 $V_u = 178 \sim 356$ 公尺/分

工件摆动次数 55 次/分

空摆次数 = 4 次

此用量與車間一般現行用量: $V_k \approx 32$ 公尺/秒, $t_n \approx 2.0 \sim 2.5$ 公厘/分 $V_u = 90 \sim 179$ 公尺/分相比較, 機動時間可縮短 40~50%, 生產率可提高 30% 左右。