

軸承制造中 鋼件的高速車削

魯卡維施尼科夫、
別爾施傑因、巴雷謝夫著

机械工業出版社

63.3

軸承製造中鋼件的 高速車削

魯卡維施尼科夫、別爾施傑因、巴雷謝夫著

張秉夏譯



機械工業出版社

1956

出版者的話

本書中敘述卡崗諾維奇國家第一軸承厂机械車間關於解決提高机床生產能力的一些困難問題的实例。書中特別着重敘述在單軸和多軸半自動車床和自動車床上廣泛运用高速切削的經驗。

書中也闡述了用車床加工大型的淬火的軸承環，以代替磨削的方法。

本書可供軸承工厂的工程技術人員參考。

苏联 В. И. Рукавишников, И. Л. Бернштейн, В. Ф. Барышев 著 'Скоростное точение сталей в подшипниковом производстве' (Машгиз 1950 年第一版)

*

*

*

NO. 1129

1956 年 11 月第一版 1956 年 11 月第一版第一次印刷

787×1092^{1/32} 字數 55 千字 印張 2^{5/8} 0.001— 6,500 冊

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工業出版社印刷厂印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号 定价(10) 0.42 元

目 次

緒論	5
金屬高速切削——提高劳动生產率最主要的因素	5
高速車削鋼料的實質和特点	6
机床轉用高速車削軸承鋼的条件	9
苏联第一軸承厂和軸承工業科学实验研究所对高速車削	
鋼料的实验研究工作	13
軸承鋼的特性	13
適于被加工鋼料特性的硬質合金的選擇	14
軸承環車削加工的基本工藝过程	17
鑲硬質合金刀片的車刀合理几何形狀的選擇	24
車削加工时的表面光潔度	31
用硬質合金車刀加工 U1X 15 号鋼时 切削用量的确定	34
在車床和六角車床上工作	34
車刀磨鈍前的工作時間与切削速度的关系	34
切削用量的選擇	35
高速車削时机床功率的利用	38
在單軸多刀半自动車床上工作	42
車刀磨鈍前的工作時間与切削速度的关系	44
車刀切削週期(耐用度)的選擇	46
切削用量的選擇	47
在多軸半自动車床上軸承環的高速加工	53
在多軸杆料自动車床上軸承環的高速加工	57
在自动車床上滾針的高速加工	60
淬火軸承環的高速加工(硬度 60~64 HRC)	62
研究工作的內容	63
研究工作的結果	65
刀具几何形狀的選擇	65

耐用度試驗和切削用量的選擇	66
淬火鋼加工過程的特點	70
在蘇聯第一軸承廠對高速切削的運用	71
臨時切削用量標準的擬訂	71
刀具和機床裝備圖紙的擬訂	71
機床的修理和改裝	72
軸承環毛氈的改良	72
硬質合金刀具的集中刃磨和研磨	73
對高速切削用量的共同檢查	74
共同檢查的總結	77
中俄名詞對照表	83

緒 論

金屬高速切削——提高劳动生產率 最主要的因素

大家都知道，机床的生產率与一个零件加工的时间定額(机动時間、輔助和組織佈置時間的总和)成反比例，而用單位時間內所加工的零件数量來衡量。因此，工序中花費時間最少則生產率就最高。

時間定額里的一項——机动時間可按下式計算：

$$T_{\text{机动}} = \frac{L}{ns} = \frac{\pi DL}{1000 \times vs},$$

式中 L ——刀具工作行程長度(公厘)；

D ——工件直徑(公厘)；

v ——切削速度(公尺/分)；

s ——走刀量(公厘/轉)；

n ——工件每分鐘的轉數。

机动時間公式中 vs 乘積乃是單位時間內所獲得的新表面的大小。此乘積說明当切削深度一定的工序相比較時刀具的生產率。

当刀具的几何形狀和切削速度固定后，走刀量 s 的選擇則受对加工表面光潔度的已定要求(工藝要素)和切削力的限制。而切削速度 v (在刀具切削刃的几何形狀及其材料选定的情況下)則受刀具耐用度的限制。

金屬切削加工達到很高的生產率時，通常就稱之為高速加工；高速切削時增加了 vs 乘積和縮短了機動時間，而這是提高勞動生產率的主要條件。近年來高速切削法特別是在車削和銑削加工中獲得了很廣泛的採用。

近代金屬切削範圍內的實驗與理論研究工作，目的都在於改善刀具（它的幾何形狀和材料），以使切削速度 v 能夠顯著地增加。

列寧格勒許多工廠的工作經驗証實，採用新式幾何形狀的刀具和新的硬質合金，可以大大地提高切削速度，從而顯著地降低機動時間。

表 1 列舉出在這些工廠中利用高速切削法加工零件時所達到的切削用量的典型例子●。

高速車削鋼料的實質和特點

經過蘇聯學者和研究家、蘇聯科學院通訊院士教授庫茲涅佐夫（В. Д. Кузнецов）和技術科學博士克里沃烏霍夫（В. А. Кривоухов）的研究確定，當切削速度從 2 公尺/分提高至 40 公尺/分時，在加工材料和切離的切屑中的塑性變形由於切削時所產生的熱量而提高，若繼續增高切削速度，雖然切削部分的溫度升高，但塑性變形卻反而減小。在金屬高速切削時就廣泛地利用了這種性質。高速切削加工就是以有效地使用鑲有硬質合金刀片的刀具為基礎的。

然而，高速切削問題並不是僅決定於採用具有很高的耐熱

● 見蘇聯機械製造科學技術工程學會列寧格勒分會（ЛЮНИТОМАШ），〈金屬高速加工法〉（Скоростные методы обработки металлов, Машгиз, 1948）。

耐磨性的金屬燒結硬質合金，同時鑲有硬質合金的刀具切削刃還應具有合適的幾何形狀，此外，還應正確地選擇切削速度和走刀量。

技術科學博士馬勒金 (А. Я. Малкин) 曾確定，對切削過程影響最大的是切刀的前角 γ 、切削速度 v 和切削層厚度

$$a = s \times \sin \varphi,$$

式中 φ ——切刀主偏角。

大家曉得，硬質合金具有很高的抗壓強度 (450 公斤/公厘²) 和很小的抗彎強度 (80~130 公斤/公厘²)，這就是說為了正確地運用硬質合金的物理性能和提高切削刃的強度，在許多情況下採用具有負前角的切刀是適當的。

圖 1 明顯地說明了切削刃截面與法綫負荷方向的变化，當前角為正值時

表 1

工 廠	零件和工序 名 稱	鋼 號	設 備	採用高速切削以前的切削用量				高速切削時的切削用量				切削時間減少 (%)
				(公厘/分) v	(公厘/轉) s	(公厘/分) v	(公厘/轉) s	(公厘/分) v	(公厘/轉) s	(公厘/分) v	(公厘/轉) s	
第二個五年 計劃工廠 基洛夫工廠	軋制薄板的滾 子(粗加工)	鋼	車床	18	1.2	21.6×10 ³	5	88	0.76	67×10 ³	5	67.7
	頂蓋(粗加工)	38XCA	車床	70.6	0.3	21.2×10 ³	3	122.5	0.3	36.8×10 ³	3	32.5
	透平輪(鏤)	32XHM	立式 車床	40	0.3	12.0×10 ³	3	100	0.3	30.0×10 ³	3	60
	透平輪(荒加 工)	銀鍍鋼	立式 車床	64	0.75	48.0×10 ³	8	94	0.75	70.5×10 ³	8	32

(圖1a)硬質合金刀片在受彎曲載荷的情況下工作,而前角為負時(圖1b)則它在受壓的情況下工作。

因此,負前角可以加強硬質合金刀具的切削刃和提高它的耐用度,這對金屬高速切削加工有着極其重要的意義。

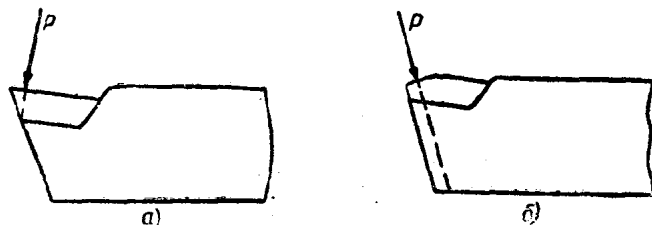


圖 1 用正前角和負前角時切刀切削刃上負荷方向簡圖。

上述負前角的刀具用于加工堅硬的鋼料 ($\sigma_b > 75$ 公斤/公厘²), 以及帶有沖擊與交變載荷的硬外皮加工時。加工中等硬度和軟的鋼料時, 使用正前角並在前面磨一前角為負值或零度的小倒稜的切刀, 証明完全是正確的。

從上面引用的關係可以看出, 高速切削加工時主偏角 φ 的大小具有很大的意義, 主偏角減小時, 切削刀單位面積上的載荷亦減小, 這種情況即創造了不降低切刀耐用度而增加走刀量的可能。

切刀的其他幾何參數對其工作的影響, 下面再分析。

高速切削可用于粗加工和光加工工序中。

粗加工時的生產率通常都受機床所具有的最大主軸轉數和功率的限制; 在大多數情況下, 這些機床如果稍加改裝(主軸轉數增加 25~40%, 機床功率增加 70~80%), 生產率即可大大地提高。

用高速切削法光加工零件時, 需要有專用的高速機床, 由于

工作时走刀量和切削深度很小，切削速度可以顯著地增長（較用高速鋼刀具时的切削速度提高至 6~10 倍）。

机床轉用高速車削軸承鋼的条件

在机器制造業中运用高速切削，要求机床——夾具——刀具——工件系統有專門的准备，并以如下的条件來保証。

机床的准备 在滚动軸承零件的制造中，廣泛采用多刀半自动車床、自动車床、六角車床和普通車床。

上述型式的机床經過不大的改裝和適當修理以后，一般都能够用來進行高速切削。

用高速切削用量的机床，在使用期間，对于及时加潤滑油至机床的摩擦部分，以及部件的正常工作，必須進行仔細的監督。

高速切削的条件下机床合理的使用須作如下措施：

1) 更換主傳動系統里的齒輪和皮帶輪或裝置較高速度的主电动机，以提高机床主軸的轉數；通常主軸轉數可提高 25~40%，从主軸軸承可靠地工作的角度來看，不必產生任何顧慮；

2) 將电动机到皮帶輪之間的扁平傳動皮帶改為三角皮帶，并要保証皮帶上沒有接縫而是整圈的皮帶；

3) 加強縱向和橫向刀架的夾固裝置；

4) 減小机床主軸和后頂針套的縱向移動和不同心；

5) 修理并調整好机床的摩擦离合器，防止其打滑或脫开，由于离合器的狀況不令人滿意时，往往導致速度的損失或損壞刀具；

6) 必要时应采用增加机床——刀具——工件系統剛度的方法；高速切削时建議把机床安裝在基礎上。

夾緊機構的准备 轉用高速切削用的机床其夾緊機構的准

备工作如下:

1) 减小切刀伸出的长度和增加其固紧在刀夹中的刚度,为此应增强刀夹的结构;

2) 保证夹紧毛坯的装置在工作时不致有松开的可能。

在使用气动夹紧机构的机床上进行高速切削时,必须保证在管路中的空气有一定的压力,这压力应不低于计算的数值(在轴承制造中是 6.0~6.5 大气压);

3) 车削时采用装有硬质合金尖头的顶针,或熔焊有索尔麦特(сормайт)●尖头的顶针时,若其磨损不大则可以在高于 120 公尺/分的切削速度下进行工作。

零件的准备 以高速切削用量进行工作时应特别注意减小加工余量和取得形状正确的毛坯(减小椭圆度、偏心度和锥度等)。

其中命名为卡冈诺维奇(Л. М. Каганович)的苏联第一轴承厂(1 ГПЗ)对这一工作普遍的运用了辗压和在闭式冲模中冲压轴承环的方法。

● 索尔麦特系铸成的硬质合金之一,有索尔麦特 1 号和 2 号两种,其化学成分及机械性能如下:

名称	化 学 成 分 (%)						机 械 性 能		
	铬	碳	镍	锰	砂	硫+磷	$\sigma_{0.2}$ (公斤/公厘)	$\sigma_{0.1}$ (公斤/公厘)	硬度 (RA)
索尔麦特 1 号	25~31	2.5~3.3	3~5	≤1.5	2.8~4.2	≤0.08	35	70~75	76~78
索尔麦特 2 号	13.5~17.5	1.5~2.0	1.3~2.5	1.0	1.5~2.2	≤0.07	—	110	71~73

——譯者

刀具的准备 高速切削时应更加注意合理地选择刀具的结构和几何形状、硬质合金刀片的高质量地焊接及其刃磨。

1. 选择刀具的结构时必须考虑到它的制造工艺性和最小的硬质合金刀片的消耗,以及在工作中有足够的刚度和强度。

选择结构时必须特别注意成形刀(轴承制造中——滚道切刀、加工滚柱跑道的圆盘车刀等)。

实际上在轴承工业中亦碰得到采用镶硬质合金刀片的切缝进刀的圆体成形刀代替平板形成形刀来加工轴承环的滚道。

2. 选择刀具的合理几何形状时(前面的形式、前角和后角、主偏角及副偏角等),必须考虑到增加刀具的耐用度和使用期限(关于这些在第24面再详述)。

3. 选择硬质合金刀片与刀柄焊接的方法时(在炉内、电焊等),应注意消除引起硬质合金产生裂纹的原因。

4. 用来高速切削的硬质合金具有很高的硬度和相对脆性,所以须提高对刃磨的要求,刃磨的质量直接影响到刀具的耐用度因而也就影响到机床生产率。

钛钴硬质合金(T5K10, T15K6)比BK8合金刃磨较困难,刃磨过程中若局部烧热过高时可能造成裂纹。

在生产中运用高速切削法时,硬质合金刀具的刃磨应采用集中刃磨制。刃磨时最好不将刀具牢固地夹紧(最好是用手磨)。已刃磨的切刀必须沿切削刃进行研磨,工作前应由技术检查科,按照所规定的技术条件检验其是否合格。

为提高刀具的耐用度,在使用过程中建议最好能定期的用油石(提制碳化砂,粒度200~300号)研磨切刀。

工作地的组织 高速切削工作要求具有高度的生产技能。技术组织时间的消耗减小到最低限度起着特别重要的作用。从

这点出發正确地組織高速車工的工作地点便具有很大的意义，因为頗大的技術組織時間的消耗会把由于采用高速切削的結果所达到的机动時間的减少的利益化为烏有。

工人应当保證具有足够数量的刀具、整套扳手、固緊螺栓和必要的夾具。更換已鈍的切刀应毫不停滯，为此須極適當地把全套备用刀具送到机床旁边交給工人，組織沿工作地点收集已磨鈍刀具的工作以便換取工具庫里的新刀。為了保證刀具的更換，工具庫應該保證有足够数量的週轉刀具。

切削工具和輔助工夾具应有秩序的保存在工作地区，使得要利用它們時很便利，不致因需要使用时尋找工具而浪費時間。同時須注意到縮短加工零件裝卸的和加工時測量工件的輔助時間，为此首先建議使用專用的在机床工作时自动作用的測量儀器。

在車床上用高速切削法时应特別注意技術保安的問題，由于經常从切刀附近猛飛出來的切屑是很热的，可能使工人遭受重伤。所以除必須采用断屑裝置外，还須在高速切削的机床上裝置保护板或防护罩。

高速車工的培养 轉用高速切削时，高速車工的培养是必要的条件。决不允許叫沒有受过訓練的工人去作高速切削工作。

高速車工的培养可組織專門的簡明課程的訓練班以及工藝師和工長个别教導工人的方法。

准备工作主要包括：使工人熟悉刀具的新式的几何形狀、切削用量、刀具磨鈍的标准，改進工藝和縮短輔助時間的方法，以及其他有关轉用高速切削的基本知識。

在工厂中較好的高速車工們中間互相交流經驗以及擬出教導的參考資料亦是培养工人的要素之一。

苏联第一轴承厂和轴承工业科学实验研究所 对高速車削鋼料的实验研究工作

轴承鋼的特性

制造直径小于300公厘的轴承环时主要采用的鋼号是 IIIХ15, 大型的轴承环 (直径在300公厘以上者) 则多半是用 IIIХ15 CT 和 12ХН3。

这几种鋼的化学成分列于表2。

表2 轴承鋼的化学成分

鋼 号	化 学 成 分 (%)						
	碳	锰	矽	铬	硫	磷	镍
IIIХ15	0.95~1.10	0.20~0.40	0.15~0.35	1.30~1.65	0.02	0.027	—
IIIХ15 CT	0.95~1.05	0.9~1.20	0.5~0.6	1.3~1.6	0.02	0.027	—
12ХН3	0.17	0.30~0.60	0.17~0.37	0.6~0.9	小于 0.04	小于 0.04	2.72~ 3.25

在 IIIХ15 CT 号鋼中增高锰的含量, 能保证其有較好的可淬性和很高的及均匀的表面硬度。对于大型的圓錐多列轴承是采用鎳鉻鋼 12 ХН3。

机械性能 上述各种鋼号的特征見表3的数据。

鋼的可加工性 按照 ГОСТ 2625-44 是以下面的标誌評定鋼料的可加工性:

- 1) 已定刀具耐用度的切削速度;
- 2) 切削抗力(切削力);

表3 軸承鋼的機械性能

鋼 号	σ_b (公斤/公厘 ²)	H_B	σ_s (公斤/公厘 ²)	δ (%)
III X 15 和 III X 15 CT	65~75	180~207	36~42	15~25
12XH3	90	250	≥ 70	40

3) 已加工表面的質量。

影响加工性能的因素有：材料的化学成分、結構、物理与机械性能。

通常認定刀具耐用度等于 60 分鐘 (机动時間) 时的切削速度作为鋼料可加工性的基本准則。

苏联第一軸承厂曾对主要的軸承鋼 III X 15 作过确定其可加工性的实验。結果确定, 这种鋼的特点是可加工性較低, 由于在已定耐用度下, 切削速度比加工其他类似等級的鋼料 (当極限强度 σ_s 相同时) 低 10~15%。

適于被加工鋼料特性的硬質合金的选择

由于金屬燒結硬質合金本身具有很高的硬度和很大的抗磨性, 所以这种合金在金屬高速切削时采用得很普遍。

硬質合金可分为下面两种主要类型。

1. 鎢鈷类 (BK3、BK6、BK8、BK12)。

2. 鎢鈦鈷类 (T5K10、T15K6、T30K4)。

硬質合金的化学成分与机械性能列于表 4。

对于鋼料的高速加工來說, 建議用鎢鈦鈷合金。

加入这种合金中的碳化鈦成分, 比碳化鎢具有較小的導热性和較低的摩擦系数, 所以提高了 TK 类合金的耐磨性。

表 4 硬質合金的化学成分和机械性能

硬質合金牌号		化学成分			机械性能			合金的用途
新 的	旧 的	碳化 鎢 (%)	碳化 鈦 (%)	鈷 (%)	(千 比 重 (不 小 于)	洛氏 硬度 A (不 小 于)	抗 弯 强度 極 限 (公 斤/ 公 厘 ²) (不 小 于)	
BK6	P3-6	94	—	6	14.5	88.5	120	加工鎢鉄和有色金屬
BK8	P3-8	92	—	8	14.3	88.0	130~160	
T5K1)	—	85	5	10	12.2	89.5	115	具有冲击負荷和 切削深度有变化的 荒車
T15K6	α-15	79	15	6	11.1	90.0	110	半粗車和光車
T30K4	—	66	30	4	10.0	88.0	90	細車

与 BK8 合金比較，鎢鈦鈷类合金对于加工鋼料微粒的粘附能力較小(切削刃的磨損較小)并有很高的紅硬性和較小的摩擦系数。同时这类合金的特点是不易在前面上磨成月牙齒而主要磨損則沿后面產生。

高速車削加工时適于被加工鋼料的性質而正确地選擇硬質合金的牌号具有决定性的意义。

在半自动車床上(3PC-114、MT-30 和其他型式)轉用高速切削軸承环以前系用鑲 BK8 硬質合金的切刀進行加工。

在刀具上采用上述合金由于沒有足够的耐用度不可能提高切削用量。

为了適于軸承环的加工条件而選擇最有效的硬質合金牌号(由鎢鈦鈷类中)，曾对各种牌号的硬質合金作过耐用度試驗。这試驗系在生產条件下以及在实验室中進行，用外圓縱車刀(整套刀具中还帶有其他切刀)在 3PC-114 型單軸半自动車床上以

一次走刀沿硬外皮加工軸承环的外表面。关于切削条件的特征还应指出,用几把位于各种不同方向的车刀同时加工軸承环时,会引起机床复杂形式的振动。

曾經在存在着很多的毛刺、很大的橢圓度以及冲模分型線上較大的不平度的热轧軸承环的毛坯上進行过試驗。

很明顯,上述加工条件会給刀具工作帶來很大的困难。

曾經对下面國產(苏联)硬質合金作过比較試驗: BK8, T5K7, T5K9, T5K10C, T5K10, T10K10 和 T15K6。

在繁重的工作条件下來說,加工軸承鋼时 T5 K 10 C ● 合金表現得較好,它在具有交变載荷的冲击工作的情况下(加工硬外皮)証明了有很好的耐用度,损坏与崩裂的百分率相当小。

硬質合金試驗的結果見表5。

表5 硬質合金試驗的結果(1946~1948年間)

合金牌号	刀具耐用度与 BK8 之比 (設 BK8 为 1)	磨 損 特 征
BK8	1	沿前面和后面磨損。有不大的崩落。前面上有月牙窪
T5K7 T10K10 T5K10	1.35~1.55 1.3~1.4	沿后面磨損,沿前面磨損不大。刀片有頗大的崩落
T15K6	1.4~1.5	沿后面磨損,沿前面磨損不大。有頗大的崩落,损坏的百分率提高
T5K10C T5K9	1.6~2.0 1.5~1.8	沿后面磨損;前面有磨損的痕跡。在不工作部分刀片有很小的崩落

● 在1949年第四季度曾作过新式硬質合金 T14K8 的試驗,其耐用度比 T5K10C 可提高 30~40%。