

浅论国内外刀具的发展趋向

机械系 沈沛如

提 要

本文综合论述了目前金属切削刀具发展中的几个主要趋向,指出采用新型刀具材料和高效率刀具,改进刀具的几何角度及刀具结构对提高切削加工效率,攻克切削加工中的某些关键问题具有重要意义,文中还对加工难加工材料的刀具和自动线刀具的要求和特点,作了扼要的介绍。

在发展现代机械制造工业中,为了获得精密而高质量的零件,切削加工常常是一种比较有效而经济的加工方法,刀具是切削加工中很活跃的因素。改进刀具是发挥机床生产潜力,提高切削加工生产率的重要手段,也是在挖潜,革新,改造工作中花钱少,见效快,易于推广的有效措施,无产阶级革命导师马克思说过:“劳动生产率不仅依存于劳动者如何熟练,而且也依存于他使用的工具如何完备”。充分说明了工具在劳动生产中的重要性。近代工业发达国家对刀具发展都给予很大重视,新材料、新工艺、新结构不断出现,促进了整个机械制造工业的迅速发展,本文就金属切削刀具的发展趋向,从下列几个方面作一概括的论述:

一、采用新型的刀具材料

刀具切削部份材料的改进,对提高刀具的切削性能和提高切削加工效率,有极其重要的作用。从刀具材料发展史来看,一种新的刀具材料的出现,不仅提高了切削用量,而且往往推动切削加工工艺和设备的改革,最终导致劳动生产率的大幅度上升。近年来世界各国对新刀具材料的研究,都极为重视。出现了不少新材料、新品种、新工艺,在生产上获得了显著的效果,现就下列几个方面分述如下:

1. 新型高速钢:

国内外长期以来使用最广泛的是钨系高速钢(例如W18Cr4V)热硬性高,切削性好,但由于含钨量较多,受矿产资源的限制,因此出现了下列新型高速钢。

(接前页)

6. Дрозильно-Сортировочные машины и установки стр. и арх.

(Москва 1952) Л.Б. ЛеВенсон, П.М. Цигельный.

7. 《撞击式电磁振动落砂机》《铸造机械》1972, № 3

唐山机车车辆工厂、西南交通大学,

8. 《偏心振动落砂机的设计与实践》《铸造机械》 1976 № 2

上海中国纺织机械厂

(I) 钼系高速钢：经验表明：用1%的钼，可以代替2%的钨，它不仅解决缺钨的问题，而且还具有很多优点：

(1) 由于钢中合金元素减少，碳化物数量及碳化物的不均匀性也减少，故比W18Cr4V高速钢有更高的塑性有利于锻造。

(2) 具有良好的机械性能，冲击韧性有显著增加。

(3) 加入钼，可改善钢的磨加工性，使磨削时，不易形成退火层。

(4) 切削性能好，硬度可达 $H_{RC}=65\sim67$ ，热硬性为 $630\sim650^{\circ}\text{C}$ 。耐用度可提高1~2倍。

目前，美国、西德、日本等国家都大量采用。

(II) 超高速钢

超高速钢又称高生产率高速钢，是指一般用途的钨系或钼系高速钢中加入一些合金元素，例如钴、铝和钒等，以提高高速钢的耐热性和耐磨性的新钢种，使其能填补一般高速钢和硬质合金之间在切削用量（ $V=50\sim100$ 米/分）上的空白，以适应一些特殊材料的加工，例如：

1. 钴高速钢，它具有下列优点：

(1) 在高温下保持高硬度是它最特出的优点，当含钴量增加时，热硬性也随之提高，即含钴量由0%增加到20%时，热硬性可由 620°C 提高到 700°C ，因此切削速度可以相应提高。

(2) 钴能提高高速钢的回火硬度，可达 $H_{RC}=66\sim68$ ，因此增加了它的耐磨性。

(3) 钴能改善高速钢的导热性。

例如我国哈尔滨第一工具厂生产的齿轮滚刀，弧齿锥齿轮切齿刀盘等，耐用度可提高0.5~3.5倍。

2. 铝高速钢：例如重庆102钢厂生产的91型铝高速钢。

(W6Mo5Cr4V2Al) 具有很好的机械性能和切削性能。热硬性很好，其常温硬度为 $H_{RC}=68\sim70$ ，在 500°C 时，仍保持 $H_{RC}=61$ 的硬度。抗弯强度达到270~322公斤/毫米²，没有钴高速钢的脆性，耐用度比普通高速钢高3~5倍。

2. 新硬质合金：主要的有下列几种：

(I) 高强度硬质合金

(1) 在硬质合金中添加新的碳化物。

在现有硬质合金成分(Wc—TiC—Co)中，加入新的难溶金属碳化物是提高材料强度的有效办法之一。例如可添加钽、铌、钼、钒、钽等单元和多元碳化物，制造切削刀具，其中效果较好的是加入碳化钽和碳化铌，瑞典和美国的优良牌号都加有碳化钽。在含TiC的硬质合金中加入TaC后可以提高合金的高温抗氧化性，耐热性和耐磨性，提高刀具与钢的粘结温度，降低碳在硬质合金中的扩散深度，减少扩散磨损，提高刀具耐用度，而且更重要的是能提高合金在 1200°C 时抗弯强度。由于强度高，能承受较大的冲击负荷，适用于大型铸件，锻件拉荒，奥氏体钢和耐热合金的车铣加工，及用于要求刀刃强度较高的钻头及齿轮滚刀上。

(2) 钢结硬质合金

它是以TiC或WC作硬质相,以高速钢,合金钢或不锈钢为粘结剂而制成的一种合金,这种材料一方面具有普通钢材的可加工性,热处理性及可焊接性,另一方面又具有硬质合金的高硬度,高耐磨性及红硬性。硬度可达 $H_{RC}=70\sim75$,耐用度比高速钢车刀高6~7倍。我国601厂生产的两种高速钢结硬质合金D-1 (TiC 30% 18~4-1 高速钢70%)及D-3 (WC 40%高速钢60%) 淬火硬度分别达到 $H_{RC}=66\sim69$ 及 $H_{RC}=70\sim71$,用D-1制成的钻头加工有色金属,耐用度可提高20~30倍。

(II) 高耐热性硬质合金——碳化钛基合金:

这是以碳化钛为基本成分,以钼、镍为结合剂,适当加入钨、钴等成分的一种合金,这类合金硬度接近陶瓷材料($H_{RA}=90\sim95$)抗弯强度与钨、钛、钴类合金相近。因此它在很大程度上弥补了陶瓷材料脆性大的缺点。但却保持了陶瓷的高耐热性、能耐1100~1300℃高温,切削速度可比硬质合金高2~4倍。一般可达300~400米/分。这种合金目前一般用于高精加工,但因其强度不断提高,也逐渐用于低速半精加工及铣削等断续加工、美国、瑞典、日本等国都在大力发展这种合金,我国生产的合金牌号有YN10适合于加工各种合金钢,不锈钢及淬火钢,其性能优于碳化钨基合金YT30。

(III) 表面涂层硬质合金

这是近年来出现的一种新型刀具材料,表面涂层硬质合金是在韧性比较大的碳化钨合金基体上涂复一层硬度和耐磨性更大,厚度只有几微米的涂复层,这样既保持了碳化钨刀片的强度,又使刀片具有更高的耐磨性。因此刀具耐用度比普通硬质合金提高2~4倍,在加工钢和铸铁时,生产效率可提高3倍,目前涂层的成分有下列几种:

(1) 碳化钛涂层刀片

这种刀片是在TiCl₄、CH₄、H₂的混合气体中,用气相沉积法将TiC涂复在刀片上,例如:瑞典山德维克公司在1969年生产了三种涂层刀片,牌号为GC125、GC135(加工钢)及GC315(加工铸铁)涂层厚度为4~5微米,耐用度比普通刀片高3倍以上,若耐用度保持不变,则切削速度可提高20~30%。

碳化钛涂层除具有高的耐磨性外,对铁基材料具有更大的热稳定性。可减少碳、钴等元素的扩散作用及刀片的脱炭现象,降低刀具的热磨损。因此提高了刀具耐用度,涂层刀片的表面层晶粒细密,切削时不易产生积屑瘤,加工光洁度高,适合于精加工,但由于碳化钛涂层较脆,故不宜于间断切削和强力切削加工。

(2) 氮化钛(TiN)涂层刀片

由于TiC涂层刀片有些缺点:涂层较脆,且刀片基体和气相沉积层之间易形成脱碳层,在重载时容易崩裂,因此最近几年又出现了TiN涂层刀片。例如:西德特殊钢厂生产的Titanit 1150、1250刀片。美国的TC Plus刀片都是在WC基体上形成一层厚度约7微米的TiN层。氮化钛涂层可提高刀具的耐磨性和抗月牙洼磨损、降低工件和刀具表面间的摩擦力降低切削力和切削温度,减少刀具的热磨损因此耐用度可提高2倍。我国工具研究所用气相沉积工艺制成的YT14涂层刀片比不涂层刀片的平均耐用度提高60%。

(3) 金刚石或氮化硼涂层刀片

这种刀片是用金刚石或氮化硼与粘结剂调合涂在硬质合金表面,然后在高温高压下烧结而成。它的切削速度比普通硬质合金高2倍,可加工喷气发动机上的超硬合金零

件。

3. 陶瓷刀片

(I) 矿物陶瓷:

陶瓷刀片是用氧化铝在高温下烧结而成的, 它具有很多优点:

(1) 极高的硬度: 可达 $H_{RA} = 90 \sim 95$, 具有较高的耐磨性。

(2) 极高的耐热性: 在 $1200^{\circ} \sim 1450^{\circ}C$ 的高温下仍能继续切削。因此切削速度比硬质合金提高 $1.5 \sim 2$ 倍。

(3) 与金属的亲合力较小, 在高温时与钢件也不起相互作用, 因而能减少刀具的扩散磨损, 同时由于摩擦系数小, 切削不易粘在前刀面上, 而产生积屑瘤, 故加工表面光洁度很高, 加工钢时可达 $\nabla 7 \sim \nabla 8$, 加工铸铁可达 $\nabla 6 \sim \nabla 7$, 但陶瓷刀片的主要缺点是性脆, 抗弯强度低, 不能用于重载切削, 苏联的ИМ332. $\sigma_u = 45 \sim 50$ 公斤/毫米², 西德的SN56, $\sigma_u = 55$ 公斤/毫米², 美国的Kendex Co6. $\sigma_u = 70$ 公斤/毫米²近年来生产的超微粒 Al_2O_3 陶瓷的 σ_u 已达 $70 \sim 90$ 公斤/毫米, 因此为进一步扩大陶瓷刀具的用途创造了良好条件。

(II) 金属陶瓷

这种陶瓷是在 Al_2O_3 的基体上加入少量的镍、铁、铬、钼、钨、钛、钴等元素烧结而成的。西德生产的牌号为SNT的金属陶瓷是在 Al_2O_3 中加入少量TiC、抗弯强度可达 $60 \sim 70$ 公斤/毫米², 美国Carboloy公司生产的金属陶瓷 $\sigma_u = 55 \sim 70$ 公斤/毫米²。我国科学院治陶所对金属陶瓷的成分和性能进行了大量研究试验证明: 以添加少量的钴或铁的金属陶瓷较好, 我国大连工矿车辆厂, 沈阳重型机器厂等单位推广使用金属陶瓷取得了显著的效果。

二、采用高效率刀具

高效率刀具一般指单位时间内切除金属量较大或加工零件的数量较多的切削刀具。根据不同的加工对象和技术要求, 常常需要采用不同的办法, 来达到提高生产率的目的。因此可以是通用刀具, 也可以是专用刀具, 根据其采取的措施不同, 可分下列几个方面。

1. 广泛地采用强力切削刀具

强力切削法在我国推广, 已有多年历史, 各地工人师傅根据不同工件, 采用相应的合理的刀具几何角度, 创造了多种形式, 在生产中发挥了积极的作用, 强力切削法的特点是通过增大走刀量和切削深度, 来提高粗加工和半精加工的生产率, 为了这一目的, 这类刀具切削部份的几何角

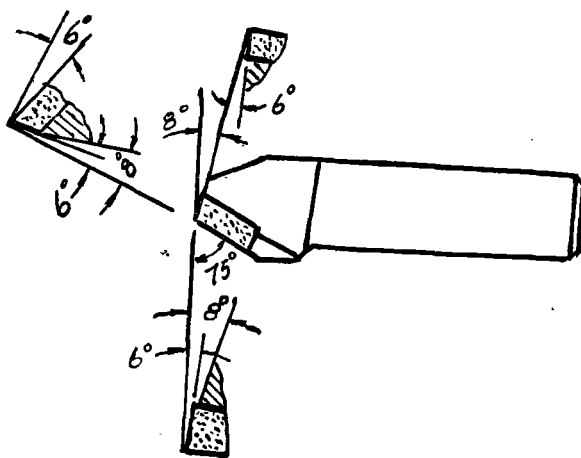


图1

度,一般具有下列特征。

(1) 采用较大的前角(γ)以减小切削力,一般取 $10\sim 15^\circ$ 。

(2) 磨有负倒棱:以增加刀刃的强度,倒棱宽度一般为 $(0.3\sim 0.6)S$,倒棱前角为 -5° 。

(3) 采用正的主偏角(λ),以增强刀尖强度,对于一般车刀 $\lambda = +10^\circ$,加工铸锰钢的车刀则 $\lambda = 20^\circ\sim 30^\circ$,但不宜过大以免引起切削时振动。

(4) 采用较小的后角(α):一般取 $4\sim 6^\circ$ 。

(5) 采用合理的主偏角(φ):为了使车刀耐用度不致降低,主偏角不宜过大,可取 $45^\circ\sim 75^\circ$ 。

(6) 磨有过渡刃及修光刃:过渡刃可增加刀尖强度和增加散热体积,提高刀具耐用度。修光刃是为了提高加工表面光洁度,其长度一般取 $(1.1\sim 1.5)S$ 。

下面介绍几种强力切削刀具:

(一) 强力切削外圆车刀:如图1所示,是上海机床厂的焊接式硬质合金车刀,前角 $\gamma = 16^\circ$,刃倾角 $\lambda = +5^\circ$ 。

(二) 强刀切割车刀

图2所示是沈阳汽车制造厂现用的机夹式强力切割车刀,这种割刀在刀片的支承方面,吸取了我国良好的结构,提高了支承刚性,以减小切割时的振动,可加大走刀量。

(三) 强力切削刨刀

由于刨刀在每次切入工件时要受到冲击,而且速度愈高,冲击愈大。因此采用以增大走刀量和切削深度为特点的强力刨削法,来提高生产率,比只靠提高切削速度来得有利。图3所示是哈尔滨重型机器厂现用的装配式刨刀,用来加工铸铁件,主偏角为 75° ,前角为 30° ,刃倾角为 $+30^\circ$,磨有 -5° 的负倒棱,其宽度为 $0.2\sim 0.4$ 毫米。

2. 增加刀刃的工作部份长度

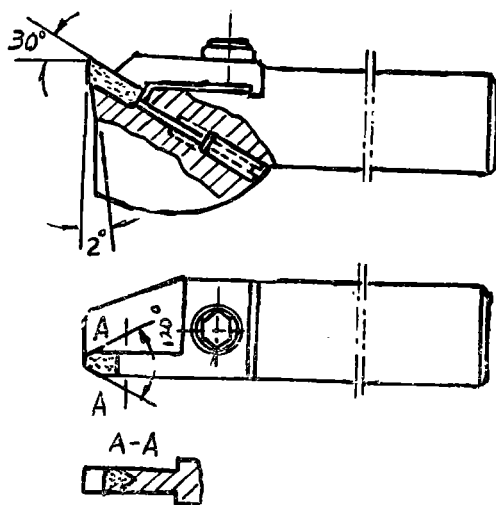


图2

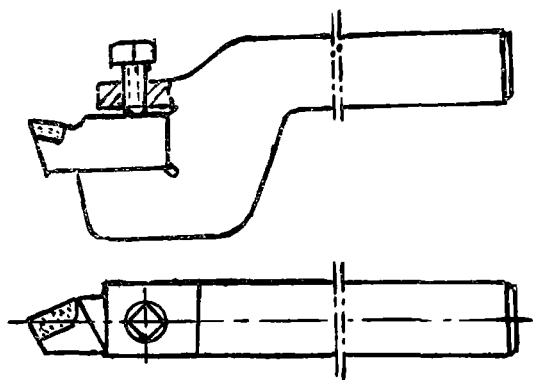


图3

刀具在每单位时间内切除的金属量是衡量刀具生产效率的重要标志之一。增加刀刃工作部份的长度，就增加了切削层的截面积因此也就增加了单位时间内切下的金属体积。众所周知，拉削内孔比扩孔，铰孔具有较高的生产率就是由于刀刃工作长度大大增加的缘故，在其他刀具上也有很多实例。例如：

(1) 密齿端铣刀

近年来随着硬质合金端铣刀刀齿装夹结构的改进，使刀齿数目逐渐增多出现了各种结构的密齿端铣刀，这种铣刀在铣削时，同时参加切削的齿数也随之增多，因而增加了刀刃工作部份的总长度，使铣削生产率大大提高。图4所示是直径195毫米的硬质合金密齿端铣刀，在刀体4上开有刀槽。刀体外面压入钢环2，钢环内园和铣刀体外园是过渡配合，刀齿3装入刀槽后，用钢环上的内六角紧定螺钉1夹固，这种夹固方式的优点是：结构简单紧凑，可在刀体上装夹较多的刀齿（直径 $\phi 195$ 时齿数 $Z=24$ ）在每齿走刀量 $S_{\text{齿}}$ 一定的情况下，可提高每分钟的走刀量，适用于大功率，高刚度铣床，因而大大提高了生产率。

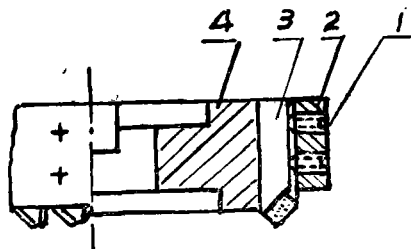


图4

(2) 拉削式丝锥

(图5)

拉削式丝锥的主要结构特点是：

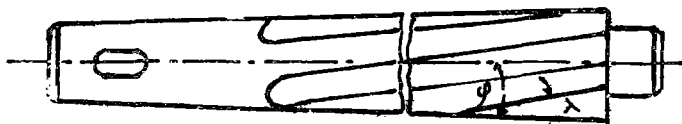


图5

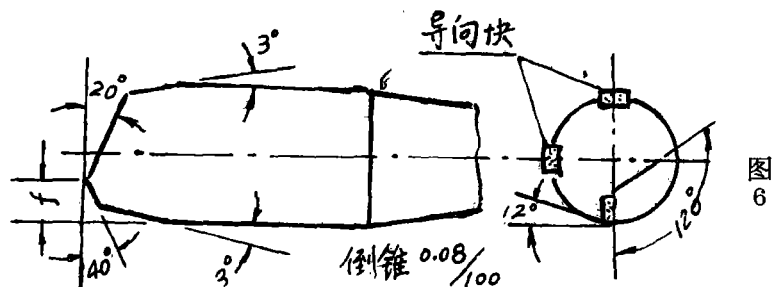
(I) 丝锥柄部位于刀齿的前面，工作时，刀具处于拉伸状态，而一般丝锥则处于压缩状态。

(II) 在丝锥工作部分的全长上都是锥形螺纹，使中径逐齿增大，并依次参加螺纹齿面的切削，这样螺纹精度和光洁度较高。

这种丝锥可在车床上使用，工件夹在卡盘上，丝锥柄部紧固在车床刀架上，刀架用开合螺母与丝杠连接，其纵向走刀量应准确地等于被加工螺纹的螺距，这种丝锥，生产率很高，原先用车刀加工2~3头的梯形螺纹的螺孔时，车刀要来回走近百次，现在只需一次走刀，就可加工完了，产量增加4~9倍，螺纹质量提高。

3. 采用复合刀具

复合刀具是由几种同类的或不同类的刀具组合而成，用来加工一个或几个表面的高效率刀具，使用复合刀具后，使几道工序的工作由一道工序来完成就大大节省了机动时间和辅助时间，显著地提高了生产率，同时工件的几个被加工表面之间的相对位置有较高的精度，用简单的机床和技术不很高的工人可来加工较复杂的工件，加工成本较低，因此在成批生产或大量生产中被广泛采用。例如刚性镗铰刀(图6)就是一种较好的复合孔加工刀具，它是由山西榆次液压件厂首先创制成功的。用来加工精密阀孔，它的结构特点是镗，铰，挤三者有机结合，刀尖呈 120° 担任粗镗任务，具有 3° 锥角的圆锥部和圆



柱修光部份起精铰作用。两条硬质合金导向块，既起导向与支承作用，又起挤压熨平作用。这里必须注意：修光刃半径要比导向块半径小 $0.025\sim 0.035$ 毫米，以留有适当的挤压量。这对提高孔的表面光洁度起重要作用。这种刀具可保证锥度和椭圆度在 $3\mu\sim 5\mu$ 以下，光洁度可达 $\nabla 8\sim \nabla 9$ ，一把刀可加工7000多个阀孔。

4. 扩大硬质合金刀具的使用范围

我们知道硬质合金刀具具有很多显著的优点，它不仅可以提高切削用量，而且还能提高刀具耐用度和加工表面质量，因此近几十年来，硬质合金刀具的应用范围已从单刃刀具推广到多刃刀具，从一般刀具推广到复杂刀具，以南京机床厂为例：该厂在端铣刀、立铣刀、键槽铣刀、三面刃铣刀中采用硬质合金以后，生产率普遍提高 $2\sim 4$ 倍，光洁度提高 $1\sim 2$ 级，刀具耐用度提高 $5\sim 15$ 倍。目前不少工厂硬质合金除用于车刀、孔加工刀具、铣刀外，还应用于螺纹刀具、拉刀及齿轮刀具等各种形状的复杂刀具上，例如：

(1) 在螺纹刀具方面：目前国内外虽使用较少，但有些工厂的使用情况说明，效果是很显著的，例如：重庆空压机厂、宏明无线电器材厂都试制成功了硬质合金维锥，板牙和螺纹铣刀，最近工具研究所试制成功了高强度石油管硬质合金成形螺纹梳刀，切削试验证明，在加工效率、精度及耐用度方面都取得了较好的效果。美国、日本、苏联也都使用硬质合金加工各种铸铁及钢件。

(2) 在拉刀方面，我国工厂采用的硬质合金拉刀有圆孔拉刀、键槽拉刀、花键拉刀，和挤压拉刀等，一般都用钨钴类合金YG8制成，耐用度可提高 $8\sim 10$ 倍，美国在圆孔拉刀，拉削平面和曲面的组合拉刀中采用了硬质合金，用来加工飞机发动机和汽车零件，还用硬质合金拉刀加工炮筒的来福线，叶轮、内外齿轮，及轴承等，拉削速度可达91.5米/分。

(3) 在齿轮刀具方面：我国一些工厂试制成功了用YG8、YG6X制成的焊接式滚刀，美国、英国、日本、苏联等都生产了不同结构形式的中等模数硬质合金装配式滚刀。在加工 $M=2.5\sim 4$ 毫米的铬钢齿轮时，切削速度达到 $150\sim 170$ 米/分，走刀量为2.54毫米/转。

(4) 整体硬质合金刀具：近年来也有了发展，一般都采用小尺寸的整体硬质合金刀具，目前用增塑性毛胚制造硬质合金刀具这种新工艺已为许多工厂所掌握，它是在混合粉末内加入“增塑剂”制成“增塑毛胚”再用刀具加工成所需的形状，然后进行两次烧结：低温烧结目的在于使增塑剂蒸发，再高温烧结后，便具有硬质合金的性质，这种刀

具耐用度可提高10~100倍以上,例如上海手表厂制成的硬质合金小模数滚刀加工T10A齿轮时每刃磨一次可加工零件2万~3万件。

三、改进刀具的几何参数

刀具切削部份的几何参数对切削过程中金属的变形,切屑与前刀面,工件与后刀面间的摩擦等都有密切的关系改进刀具几何参数可以降低切削力和切削温度,提高刀具耐用度,并对提高切削加工生产率和表面质量起重要作用,在强力切削刀具一节中已有论述,现就钻头,铰刀及铣刀等刀具举例如下:

1. 圆弧刃钻头: (图7)

沈阳冶金工矿备件厂首先使用它的特点是把钻头的主刀刃除留 $\frac{1}{4}$ 至 $\frac{1}{3}$ 为直线外,其余磨成圆弧形,其半径 $R_f = (0.6 \sim 0.65) D$, D 为钻头直径,同时还修短横刃,并加大邻近横刃处前角,从而提高了刀具耐用度和钻削效率。

另外1967年美国弧形刃机器公司也发展了一种弧形刃钻头(图8)它的结构特点是:两个主刀刃和刃带交接处修磨成圆弧形,刃后面磨有双重后角,横刃亦经修磨,据报导加工钢件耐用度提高5倍,加工铸铁件提高15倍。

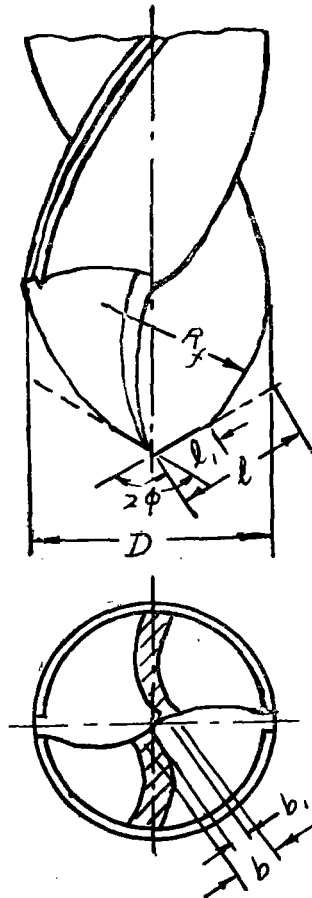


图7

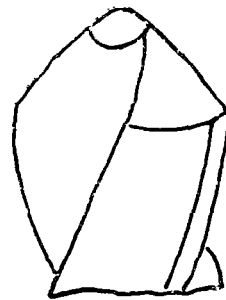


图8

2. 三锥铰刀

改进铰刀切削锥部的几何角度, 可以获得很好的效果, 我国南昌柴油机厂, 沈阳第二机床厂等单位, 采用了三重锥度 (15° 、 7° 、 2° 或 30° 、 15° 、 2°) 的铰刀, 在各段切削刃连接处要求圆滑过渡, 使扩、粗铰、精铰一次完成。大大提高了生产效率及加工光洁度。

3. 大螺旋角铣刀

目前我国工厂有很多圆柱铣刀和立铣刀都采用了大螺旋角, 加大了切削用量, 用来加工合金钢、高速钢, 耐热钢和黄铜等效果都很好。例如: 太原重型机器厂用螺旋角 $\omega = 70^\circ$, 齿数 $Z = 3$ 的铣刀 (图 9) 加工 50 毫米宽的中碳钢工件时, $t = 8$ 毫米, 走刀量达 300 毫米/分, 比标准铣刀的生产率提高 10~15 倍, 加工光洁度可达 $\nabla 4 \sim \nabla 5$ 。

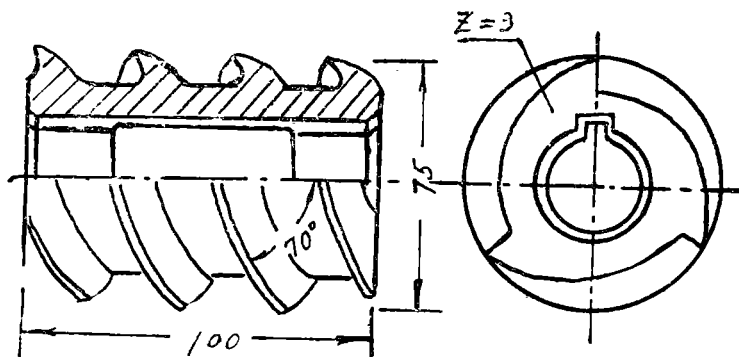


图 9

这种铣刀在增大螺旋角后, 铣削时有下列特点:

- (1) 随着螺旋角增大, 使实际前角显著增大, 切削省力, 但又不降低刀齿强度, 例如对 $\Phi 80$ 毫米圆柱铣刀, 当螺旋角为 70° , 法向前角为 10° 时, 实际切削前角为 62° , 如铣刀后角为 20° , 则楔角仍有 60° , 这样就使切削力降低, 动力消耗可减少一半。
- (2) 改变了切屑流出方向, 使切屑易于排出。
- (3) 刀齿是逐渐切入工件的, 铣削力变化小, 切削平稳不易产生振动。

四、改进刀具的结构

改进刀具结构是提高切削效率, 解决生产中的薄弱环节, 获破生产中的关键问题, 提高产品质量的一个重要方面, 国内外机械制造工作者做了大量的工作, 新结构刀具层出不穷, 众所周知, 近年来用机夹式刀具取代焊接式刀具是刀具在刀具结构上的一项重大的改革, 在加工生产率, 产品质量和成本等各方面都产生了深远的影响。同时引起了刀具制造工艺上的深刻变化。现从下列几个方面论述改进刀具结构的途径:

1. 改善刀齿的切削负荷分布

改善刀齿切削负荷的分布在复杂刀具上应用较多, 例如: 为了改善标准滚刀刀齿的负荷分布、有些工厂采用了齿高修正的滚刀, 这种滚刀是将切入端刀齿顶刃作成圆锥

形, 用来加工大型齿轮和斜齿轮, 例如福州动力机厂将滚刀磨成 $4 \sim 5^\circ$ 锥度, 加工螺旋齿轮, 刀具切入齿负荷降低 $50 \sim 60\%$ 工效提高 66% , 有的工厂将滚刀切入端各刀齿顶刃修正成一定的曲线, 使各点负荷比较均等, 即所谓“进步滚刀”。例如抚顺重型机器厂采用进步滚刀, 齿高修正成近似抛物线形, 使走刀量由原来的 1.22 毫米/转提高到 $2.96 \sim 4.72$ 毫米/转, 刀具耐用度提高了 1 倍。

为了使滚刀顶刃和侧刃交替切削, 改善刀齿的切削负荷还可采用累进式滚刀(图10), 这种滚刀的偶数齿比标准齿高出 e_1 量和窄 $2e_2$ 量, 基本上是刀齿顶刃参加切削, 而奇数齿具有标准尺寸, 基本上是侧刃参加切削, 这样就大大改善了切屑的形成条件和刀刃的

工作条件, 降低了切削力和切削温度, 可加大走刀量并提高了刀具耐用度。

近年来, 瑞士还制成了一种装配式错齿滚刀, 由若干个齿圈叠合组装而成, 每个齿圈的宽度相当于被切齿轮的一个啮合齿距。刀齿沿螺旋线分布在每一齿圈上, 每一个刀齿仅有二个切削刃, 即顶刃和一个侧刃。相邻两个齿的侧表面是交错分布的使顶刃和侧刃都有合理前角, 因此改善了切削条件, 适宜于加工难加工材料的齿轮。

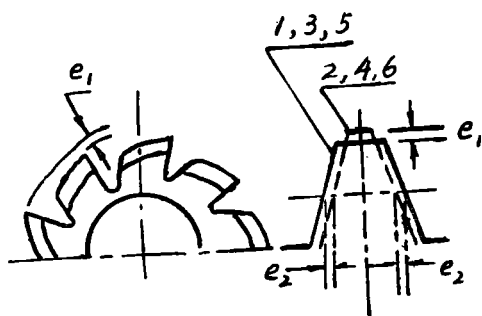


图10

2. 提高刀具切削部份的强度, 刚度和抗震性

(1) 大螺旋角钻头

最近西德改进麻花钻结构, 生产一种大螺旋角钻头用来加工难加工材料, 以适应航空及空间技术发展的需要。它用钼—钴高速钢制造, 其结构特点是:

- (i) 钻心加厚, 以增加钻头的刚性
- (ii) 沟槽的螺旋角增加到 35° , 以增大前角, 降低切削温度。
- (iii) 顶角 2φ 增加到 130°

这种钻头在加工钛合金时, 切削速度可为 $6 \sim 10$ 米/分, 加工不锈钢及耐酸钢时, 切削速度可为 $4 \sim 9$ 米/分。

(2) 抗震立铣刀

法国首先使用, 它的结构特点是: 圆周齿距不等分, 各刀齿的螺旋角不等, 从而保证切削平稳, 在加大走刀量时, 也不发生振动, 效率比普通铣刀提高 $30 \sim 100\%$ 。

3. 改进刀具的断屑, 分屑, 容屑及排屑状况。

(1) 群钻(图11) 这种钻头的几何形状有下列特点: (i) 主切削刃分成外直刃、圆弧刃和内直刃三段, 整个钻头的切削刃包括横刃在内共有三尖七刃, (ii) 横刃磨窄, 约为标准钻头横刃的 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{7}$, (iii) 在一边的外直刃上磨出宽分屑槽, 其宽度约为外刃宽度的一半。由于采取了上述修磨方法, 在加工中降低了切削力, 提高了刀具耐用度, 改善了断屑、分屑和排屑情况生产率提高 $3 \sim 5$ 倍。

(2) 正弦波形立铣刀:

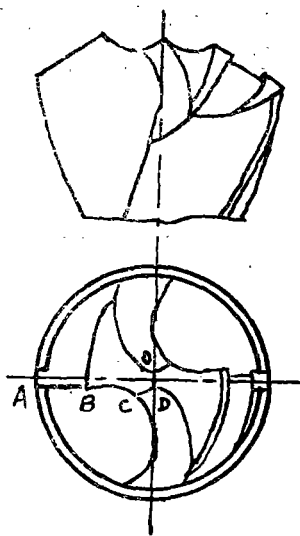


图11

这种铣刀已在西德, 日本, 美英等国大量推广规格范围为 $\Phi 6 \sim 150$ 毫米, 这种铣刀与我国使用的玉米铣刀相似。只是联接相邻分屑槽的刀齿是圆弧形而不是直线, 使刀齿联成一条正弦波形曲线, 因此叫做正弦波形立铣刀。由于改善了分屑和排屑情况, 可增加切削用量, 大大提高铣削生产率。

4. 改善刀具的导热及散热条件

在深孔加工中, 刀具的冷却和排屑问题是加工中的主要矛盾, 因此改进刀具结构, 采取有效的冷却措施是提高加工效率的关键, 目前国内使用的有三种类型:

(1) 内冷却液输入和外排屑型: 如吉林市第一机械厂用的焊接高速钢刀头的枪钻、用来加工小直径深孔, 孔径为 $6.2 \sim 7$ 毫米, 孔深为800毫米。

(2) 外冷却液输入和内排屑型: 如上海塑料机械一厂所用的深孔钻加工孔径为 $24 \sim 50$ 毫米, 孔深为2米。

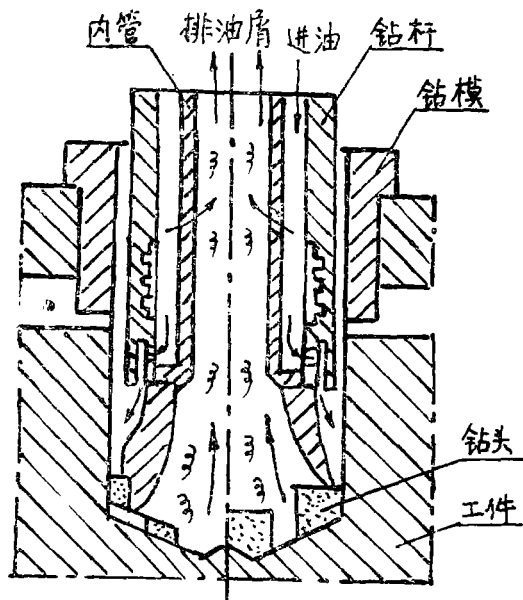


图12

(3) 喷吸式内排屑银硬质合金深孔钻 (简称喷吸钻): 这种钻头效率高、加工质量好, 以及无需高压的输油泵。在国内受到广泛重视和迅速采用, 它的工作原理是利用喷射效应做成的它由钻有硬质合金的钻头, 钻杆, 内管和进油接头所组成。如图12所示, 冷却液由钻杆与内管之间压入, 约 $\frac{2}{3}$ 冷却液经钻头

上的小孔流出到达切削区, 起冷却和润滑作用, 并形成一个正压力,

把切屑冲向内管, 另外 $\frac{1}{3}$ 冷却液直

接由内管壁上缝隙般的月牙形喷口高速向后喷出, 产生喷射效应而形成负压区, 从而吸引切屑与冷却液由内管排出, 使钻削效率大大提高。

5. 采用可转位式的刀具结构提高刀具生产率, 寿命和经济性

我国第一次成功地把可转位式车刀用到生产上去的是洛阳轴承厂的308轴承环自动线。在这条自动线上共106把车刀的92%成功地应用了可转位式车刀, 它们的耐用度比

一般焊接式车刀提高一倍左右,断屑稳定。此后,银川长城机床厂,沈阳第一机床厂等为第二汽车厂设计的花键轴自动线,凸轮轴自动线,进、排气阀自动线等也采用了可转位式刀具。1973年在南京召开了一次以可转位式刀具为主的经验交流会,对在全国推广可转位式刀具起了很大的促进作用。

可转位式刀具具有下列优点:

(1) 生产效率高,过去生产效率的高低,常常由各人磨刀经验而定刀具几何角度磨得合理生产效率就高,否则就低。采用可转位式刀具后,刀具的几何参数(包括可靠的断屑槽型)可事先按照加工要求,合理设计,统一制造,生产效率就不再受各人磨刀经验的限制。可以采用先进的切削用量,普遍提高生产率。

(2) 具有显著的经济意义:一把焊接式车刀成本约4元。平均可以刃磨4至5次。每次刃磨的费用是0.30元,那么按每一刀刃计算的费用为 $\frac{4 + 0.30 \times 5}{5 + 1} = 0.92$ 元,而对可转位式车刀来说:一片正方形刀片的价钱约0.80元。刀杆成本约10元。一般可以使用80个刀片的次数,那么按每一刀刃计算的费用为 $(\frac{10}{80} + 0.8) \div 4 = 0.23$ 元,可见按每一刀刃计算的费用采用可转位式车刀要比焊接刀降低三倍。

从刀杆所消耗的钢材来说:一把焊接刀若两头使用,每头磨5次则可用10次,而一把可转位式车刀,每个刀杆可更换80个刀片,每个刀片可用4次(以正方形刀片为例)则可用320次,也就是说:焊接刀刀杆的消耗量比可转位刀多32倍。

(3) 刀具耐用度提高,由于可转位刀,不需焊接,刀片无内应力及裂纹,刀片硬度也不会因焊接而降低。故刀具耐用度可提高一倍以上。

(4) 可以减少停车换刀时间,有利于充分发挥机床的效率。

(5) 减少一般机械制造厂所需的刃磨设备及人员。节省宝贵的砂轮及电力消耗。

(6) 有利于采用先进的工艺:可转位刀具的刀刃现成可用,不需重新修磨,这就为采用新的刀片涂层工艺,提供了有利条件,突破了过去刀片内外材质要求一致的限制。

目前我国可转位硬质合金刀片在烧结后,尺寸分散性较大,刀刃有缺口(约0.2毫米深)表面光洁度较差,要经过磨削,才能使用,为了精化刀片,便于推广近年来我国有关部门和工厂设计制造了一批精化刀片的专用设备。例如:北京人民机器厂的金刚石磨轮刃磨机可磨削周边上下面,卷屑槽,倒棱及园角,光洁度可达 $\nabla 8$ 、尺寸精度可达 ± 0.01 毫米,又如济南第六机床厂和成都工具研究所合作设计生产了成套专用设备包括:厚度分选机,刀片双端面研磨机,刀片周边磨床、刀片负倒棱磨床及刀口强化机等五台机床,为推广可转位式刀具提供了有利条件,目前常用的刀杆结构形式有下列几种:

(1) 上压式:主要用来夹固中间无孔而带后角的可转位刀片。这种结构,夹紧力强,定位可靠装卸容易,但缺点是切削流出不畅,压紧块常被擦伤。

(2) 楔块式(图13)洛阳轴承厂自动机上用的可转位式车刀就采用这种结构、这种车刀是依靠压下一个楔块,使楔块的一面靠紧刀杆的凸台,它的另一面将刀片从外侧压紧在穿在刀片中间孔内的销子上,这种结构夹紧可靠,更换刀片方便,故应用较

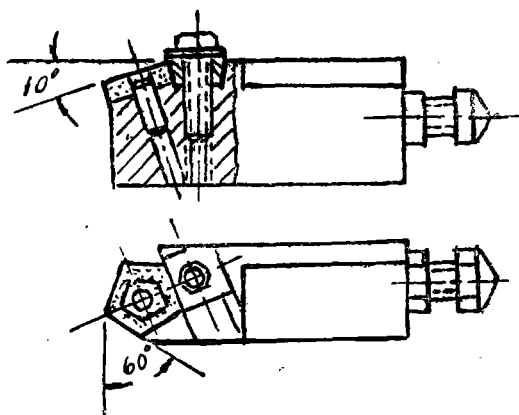


图13

多。

(3) 偏心销式 (图14a) 利用销子上端部的偏心夹紧刀片, 是一种侧压式结构, 定位不如上压式好, 但另件少, 成本低, 这种结构当刀片尺寸公差较大, 刀片孔中心位置不准时, 夹紧力就不稳, 而且容易松开, 因此又出现了螺钉偏心结构 (图14b) 适当加大销钉的偏心距, 夹紧靠偏心, 自锁靠螺纹, 这样夹紧就比较可靠。

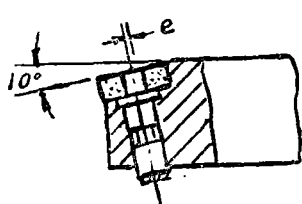


图14a

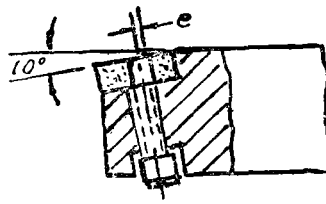


图14b.

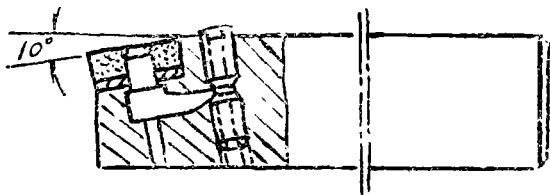


图15

(4) 杠杆式 (图15) 利用一个加力螺钉, 通过杠杆作用, 使杠杆的一端压向刀片孔壁, 将刀片压向刀槽的两个定位面, 这样比侧压式夹紧更可靠, 定位精度也较高, 是一种比较理想的结构形式, 我国北京汽车制造厂、长春汽车制造厂

等, 都采用了这种形式。

可转位式铣刀的刀片夹固结构: 一般常用模块式和压板式两种, 对于端铣刀采用模块结构, 对于立铣刀则采用压板结构。

五、设计加工难加工材料用的刀具

近年来随着原子工业及空间技术等领域的发展, 各种高强度合金钢材及耐热合金的使用, 日益增多, 例如奥氏体不锈钢 (1Cr18Ni9Ti) 和钛合金 (TC4) 等, 不锈钢的塑性大, 加工硬化的趋势很强, 导热系数低, 切削温度可达1000℃, 与刀具表面容易粘结, 使磨损加剧烧坏刀尖, 甚至出现崩刃现象, 目前我们对难加工材料的刀具作了大

量试验研究。成效显著, 现举例如下:

1. 加工不锈钢的车刀: 我国晨光机器厂所用加工不锈钢车刀造用钨钴细结晶刀片 YG6X 及含碳化钨细结晶刀片 YA6 制成, 可以避免切屑与前刀面粘结, 在几何角度方面: 采用较大前角, $\gamma = 15 \sim 30^\circ$ 。磨出负倒棱取后角 $\alpha = 8 \sim 10^\circ$ 并研磨前后刀面至 $\nabla 9$ 、切削效果很好。

2. 加工钛合金车刀: 首都机械厂所用的加工钛合金 (TC4) 的车刀选用 YG6X 细晶粒刀片具有耐磨和不易崩刃的优点。在刀具几何角度方面, 由于钛合金的导热性差, 产生的切削热绝大部分都集中在刀刃处, 因此刀具应磨得比较锋利, 以降低切削热, 实践证明: 采用小前角 $\gamma = 4 \sim 6^\circ$, 和适当地加大后角 $\alpha = 14 \sim 16^\circ$, 可以使刀刃锋利, 降低切削温度, 提高刀具的耐用度。

除上述车刀外, 国外在加工难加工材料的齿轮时还采用了装配式及粘结式硬质合金插齿刀, 可使生产率提高 0.5~1 倍, 光洁度达 $\nabla 6 \sim \nabla 7$ 。在不锈钢材料上攻丝, 采用了大螺旋角丝锥例如日本的 GNT 丝锥 $\omega = 30 \sim 45^\circ$, 攻丝力矩小, 加工螺纹精度高, 排屑顺利, 无切屑堵塞和刀齿折断现象, 刀具耐用度高。

六、设计自动线和数控机床上用的新刀具

近年来, 国外在汽车制造, 轴承制造工业等大量生产的工厂中建立了不少生产自动线, 在一些成批生产的工厂中, 正在逐步推广使用数控机床, 因此设计和制造适应上述加工需要的刀具新结构就成为一项迫切的重要任务, 以保证充分发挥自动线及数控机床的效能。

自动线用的刀具应满足下列要求:

- (1) 能可靠的断屑或卷屑, 使切屑易于排除, 保证自动线能正常连续工作。
- (2) 刀具的尺寸耐用度较高, 或具有尺寸控制系统, 实现刀具磨损后的自动补偿。
- (3) 刀具能快速更换, 或采用机外预调, 以省节在机床上的对刀时间。
- (4) 为了能及时了解刀具的工作状态, 应具有各种检测装置, 刀具破损时, 能用信号显示。

我国在自动线刀具方面, 通过 308 轴承环, 和汽车花键轴等自动线的设计、试验及建成投产, 已经在刀具断屑, 尺寸耐用度, 快速换刀及线外予调等方面进行了大量试验研究, 取得了不少成果, 现举例分述如下:

1. 可转位式车刀: 对刀片断屑槽的形状及几何参数作了大量研究, 初步掌握了断屑槽几何参数与断屑范围之间的联系制订了断屑槽型及其参数, 其中有二种槽形断屑效果较好。一种是沿刀片的切削刃带有不通连的长槽如图 16a 所示, 一种是邻近刀尖处带有小圆孔, 如图 16b 所示。

可转位车刀设计中有关角度的计算

机械系 李振洲

提 要

可转位刀具由于具有许多优越性已在生产中得到日益广泛的重视和应用。因为它的合理的切削角度是由刀片和刀片槽的对应角度共同形成的,而目前对其有关角度的设计多采用近似计算,不能给人以应有的清晰概念,所以,本文以最常用的几何三角关系,利用不同的角度参考系的变换原理与方法,推导出刀片前角、后角不为零时可转位车刀有关角度完整的精确的计算公式,供设计时使用。其结果也可应用于端铣刀等可转位刀具上。

可转位车刀(又称硬质合金不重磨车刀)因比焊接式硬质合金车刀具有更多的优越性而日益得到重视和应用,但可转位车刀的切削角度(γ_0 、 α_0 、 K_r 、 λ 、 ε 、 K_r' 、 α_0' 等)却不

(接前页)

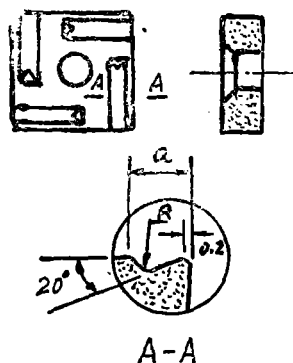


图16a

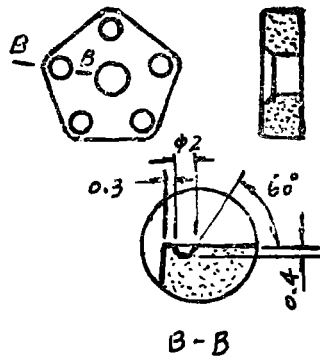


图16b

2. 新型扁钻: 近来英、美、日、苏等国又重新广泛使用扁钻规格范围一般为 $\Phi 38 \sim 380$ 毫米, 均为钨片式, 扁钻迅速推广使用的基本原因有下列几点:

- (1) 切削部分的几何参数的改进, 使其具有与麻花钻相等效的良好的切削性能。
- (2) 刀片采用优质高速钢制成, 散热性能好。
- (3) 便于磨成各种形状, 可用于钻孔、扩孔, 镗端面 and 锥面等, 应用范围广泛。
- (4) 刀杆刚性好, 刀片容易快速更换, 因而在数控机床上使用日益增多。
- (5) 制造简单刃磨方便, 经济性好。

3. 直柄立铣刀: 使用范围日益扩大, 这个趋势在美国和英国特别突出。这是由于近年来大量模具加工的需要和数控机床的发展所致, 它可以铣削侧面、端面、台阶、切槽以及各种特殊形状表面, 而且直柄立铣刀便于快速更换, 轴向尺寸可以调节。

4. 轴向进给立铣刀: 近年来美、英、日等国均已列入标准。这种铣刀能沿轴向直接切入工件, 因此在结构上作了相应改进: 端齿要过中心端齿的容屑槽要加深, 并保持有足够的强度, 这类铣刀适用于数控机床及加工模具等。