

# 从加工挑战探寻刀具未来的发展

## Discussion of Future Cutting Tool Development Based on Machining Challenge

山高刀具(上海)有限公司 王 魄



王 魄

1991年毕业于上海工业大学机械工程系,从事金属切削刀具教学和科研工作,1998年获工学硕士学位。2000年加入山高刀具(上海)有限公司,现任市场部经理。

近年来,金属加工业发展迅速,其动力来自于多个方面。例如经济的全球化、市场竞争的加剧、难加工材料的使用以及对环境问题的觉悟等因素。其结果是,刀具的最终用户对刀具制造商提出持续改进的要求。金属加工业的总趋势是发展更多先进的加工工艺。虽然刀具发展史上具有划时代意义的创造发明多数来自专门的科研机构,但是直接面对具

近年来,金属加工业发展迅速,其动力来自于多个方面。例如经济的全球化、市场竞争的加剧、难加工材料的使用以及对环境问题的觉悟等因素。其结果是,刀具的最终用户对刀具制造商提出持续改进的要求。金属加工业的总趋势是发展更多先进的加工工艺。虽然刀具发展史上具有划时代意义的创造发明多数来自专门的科研机构,但是面对具体加工挑战的是广大的刀具制造商。

体加工挑战的是广大的刀具制造商。因为刀具制造商处在开发新型刀具材料、刀具结构和加工方法的第一线。

金属技术提供了一个经济的零件生产方法。那么,加工粉末金属面对的挑战是什么?

本文将针对几个方面的加工挑战给出具体的案例,阐述刀具制造商如何在实践中推进刀具的发展。

### 新材料的加工挑战

粉末金属零件是一种经济型的替代方案。使用粉末金属技术制成的零件具有许多独特的优势。粉末金属技术使得被加工的复杂零件接近最终的尺寸和轮廓,从而明显提高加工效率。通常所需要的只是一次精加工。另外,粉末金属技术在零件内特意留出残余孔隙度,这对于自润滑、减轻重量和消声等特性非常有利。某些复杂零件很难或不能采用传统铸造工艺制造,能很容易地使用粉末金属技术进行生产。总之,粉末



汽车发动机缸盖阀座铰刀

粉末金属材料加工难度常常被低估。由于粉末金属材料往往是在一种软的、有时为多孔结构中含有硬颗粒,加工人员常常被材料硬度值所误导。颗粒硬度高达 HRC 70,而宏观硬度低到 HRC 10。硬颗粒和



Square-6 方肩铣刀

多孔性会导致刀具切削刃的微观疲劳。刀具的切削刃在切入切出时犹如是在颗粒和颗粒之间以及孔和孔之间穿行。反复的小冲击导致切削刃上产生小裂纹。这些疲劳裂纹越来越大,最终导致切削刃微崩。这种微崩非常细微,以致于看上去就像正常的磨损。颗粒硬度和宏观硬度之间的常见偏差意味着加工粉末金属零件通就像是在加工一个砂轮。

粉末金属零件的独特性能和加工特性意味着增加耐磨性的高 CBN 含量和为了改善切削刃韧性的细颗粒度是加工的基本要求。CBN200 刀片正是由 CBN 高含量的极细颗粒材料构成,正好满足了这些要求。此外还有一种独特的金属粘合剂,从而使 CBN200 成为理想的加工解决方案。它极好的耐磨性和韧性对于最小化加工成本非常理想。

通过匹配倒角、宽度和切削刃研磨,我们已经强化了切削刃,并因此提高了刀具寿命,改善表面粗糙度和加工公差,使客户获得更高的生产率和可靠性。这种切削刃设计对于难加工的粉末金属材料尤其适用。

汽车发动机缸盖上的阀座是一

个典型的粉末金属零件,阀座孔的精加工用 PCBN 加工的刀具寿命是 5000 件,而用硬质合金刀具加工的寿命为 300 件,两者的寿命相差十几倍。PCBN 等超硬刀具材料替代硬质合金刀具已经在越来越多的应用场合成为一种趋势。

### 难加工材料断屑的挑战

钛合金是众人皆知的不良导热体,也就是说高温保持在切削点上,导致能产生焊接、粘附和扩散等合金化倾向,切削刃会很快被损坏。钛合金的切削特性是产生一种薄的高速切屑,它很难被折断成可控制的碎屑。通常,这种切屑将使传统的冷却传输系统偏移,导致切削点缺乏冷却液,并损坏零件。使用大正前角且切削刃锋利的传统刀具可以使这些影响最小化,但是生成的长切屑很难控制。

为响应航空工业对改善钛合金切削性能的需求,山高开发了 Jetstream 刀具。在解决把冷却液精确地传送到切削区这个老大难问题上,它是一种革命性的新方案。

Jetstream 刀具的工作原理是把集中的冷却液高压射流以高速直达接近切削刃的最佳位置。这种冷却液的射流把切屑抬高前刀面,改善切屑控制和刀具寿命,并能提高所应用的切削参数,而且不仅仅适用于航空材料。Jetstream 刀具已经被证明对几乎所有的材料组有效,而且冷却液压力的选择范围宽。

从切削区高效地散热是影响刀具性能的最重要的因素之一。使用冷却液来散

热的好处是清晰明了,直到现在冷却液还简单地被用在冲洗该区域。要让冷却液能真正地有效,它应该能把热量从切削区迅速带走,而定向的冷却液流将冷却液精确地送到需要的地方就会有效得多。

为了使刀片有效地工作,工件和刀片两者都需要达到某一温度水平。热量太多的话,刀具寿命将缩短;热量不足的话,切屑将不能正常形成。当切屑形成时,它所含的热量需要被带走。不能迅速带走热量导致一种延展性好的切屑,柔性好且不能折断,而其自身的不断卷曲使操作工作起来十分不便。

Jetstream 刀具对于从切削区带走热量非常有效,使得切屑迅速冷却,切屑的硬化使其变脆。由此得到的切屑易于折断并能从切削区移除。

凭借 Jetstream 刀具,山高清楚了直接将冷却液传输到刀具/工件接触面这一理念的重要性。它用最小量的冷却液,提供有效的冷却,也使得切屑脆到足以更容易地折断,从而允许提高切削速度并延长刀具寿命(归因于减少加工硬化和沟槽磨损)。更不用说消除了停机时间和与缠结的长切屑相关的零件损坏。

在山高的试验中,普通刀具以 40m/min 的切削速度、0.25 mm/rev 的进给量和 2mm 的切削深度



Jetstream 内冷车刀

来生产 Ti6Al4V 零件,加工节拍为 5min。而使用 Jetstream 刀具,可以把切削速度提高到 80m/min,并将加工节拍缩短到 3min,生产率提高了 40%。

### 加工效率的挑战

时代在变,日益增长的效率竞争要求有越来越高效的加工方法。高进给铣削是保持公司处于领先地位的关键。

高进给铣削实际上是一个为高金属切削率开发的粗加工方法,用以提高生率和节约加工时间。把较浅的切削深度(不超过 2mm)和大的切削圆弧半径或者小的主偏角相结合,将切削力的方向朝着轴向的机床主轴。

这种铣削方法能够取得比传统方法快 3 倍的加工速度。它并没有在切削时采用更大的切深(将缩短刀具寿命),而是从反方向进行。它把浅的切削深度和高的每齿进给量成对使用,保护了刀具。并且获得比普通加工更高的金属切除率。

这种方法具有很多优势。例如,切削力在轴线方向上指向机床主轴,减少振动并进而延长刀具寿命;高进给铣削(HFM)方法利用较小的主偏角;使得径向切削力最小化而轴向切削力最大化;减少振动的风险并获得稳定的加工;当处于大悬伸加工时,这个方法甚至又能提高切削参数。

采用较小的切深和更快的每齿进给量进行加工,每分钟可以去除超过 1000cm<sup>3</sup> 的工件材料。事实上,有时进给速度可以提高到常规值的 10 倍。而且即使它是一种粗加工方法,仍能获得接近成品的外形。这使得用户能跳过半精加工并直接进行最终的精加工。给每台机床生产更多零件的可能性。

HFM 方法对于型腔铣削非常有效,尤其是模具加工。除了型腔铣削,

它还可用于平面铣削、螺旋插补铣削和插铣等加工方法。HFM 方法已经被更多的机加工领域所采用,刀具制造商还在提高加工经济性方面进行探索。除了最常见的三角形刀片,有 4 个切削刃的方刀片也已用于高进给铣刀。

### 加工经济性的挑战

方肩铣削在铣削加工领域占有很大份额。无论加工中遇到怎样的困难,用户都希望获得一种既能提高生产率又能降低单件成本的经济刀具的解决方案。多切削刃刀具已经存在,但是用户还在寻求能够提供最低每刃成本的刀具。

方肩铣削的经济性还体现在以下方面。用户希望第一次就实现真正的 90° 直壁,不必动用费钱耗时的另一个铣削加工。有些多刃刀具噪声很大,振动剧烈,因此其表面粗糙度的效果不甚理想。需要低噪声、低振动的铣削刀具,而且必须采用较小的公差刀片(周边磨削)和刀片座。客户需要高精度的刀具来实现最佳质量的表面粗糙度。减少不同刀具的库存量有助于提高利润。客户需要

可用于多种不同加工(包括平面铣削)的方肩铣刀。事实上,客户希望得到一种用于普通加工的可靠、经济高效、首选的解决方案。

山高刀具公司的 Square-6 产品是一款采用三角形刀片的独特方肩铣刀。每个刀片有 2 个切削刃的 Turbo 旋风铣刀是一款最常见的方肩铣刀,它切削轻快,加工效率高。美中不足的是刀片的有效切削刃数量少,在谈及经济性时缺乏优势。

Square-6 有 6 个切削刃,因此每个切削刃的成本低,非常经济。刀片座的轴向前角为负,但是刀片上的正角切削刃能保证切削前角为正,因此可以确保高性能。Square-6 具备 3 种不同刀片几何角度和 3 种不同的齿距,这使得其能在广泛的材料、加工和工况下都能提供同样的高性能。90° 的主偏角确保只需一次加工就能得到真正的 90° 方肩,从而节约生产时间。带涂层的刀体具有更长的刀具寿命。预硬的刀体和周边精磨的刀片具有更好的精度,可靠性更高,也能够提高所加工零件的精确度和公差。

三角形的方肩铣刀刀片有 6 个



高进给铣刀

切削刃,增加了刀体的制造难度。常见的 Turbo 旋风铣刀片和方刀片都是单面刀片,分别由 2 个和 4 个切削刃。而 Square-6 的刀片是双面的,对刀杆上刀片座的设计、制造提出更高的要求。但随着制造技术的进步,其加工也不成为一个难题。所以,随着制造技术的不断进步,类似于 Square-6 这种注重经济性的产品将会不断出现。

(责编 金卯)