

切削液应用技术

第7讲：切削液的供液方法（2/2）

刘镇昌 济南库伦特科技有限公司 济南 250101

摘要：介绍切削液的射流供液法、喷雾供液法与微量切削液加工、其它供液法等。

关键词：切削液，供液法，喷雾供液，微量切削液加工

上一讲介绍了切削液渗入切削区的路径、浇注供液法和压力供液法。这一讲介绍射流供液法、喷雾供液法与微量切削液加工、其它供液方法和集中供液系统。

4 射流供液法

所谓射流供液，是指供液通道并不直接与切削区相连，切削液在高压驱使下，通过供液通道后要经过一段空间距离才到达切削区。此时，切削液依靠其动能射向切削区实现供液目的。

图1 为车削加工时从外部向前刀面高压射流切削液的供液状况示意图。由于铝合金、不锈钢等塑性材料极易产生连续带状切屑，在自动机床、自动生产线等无人管理机床的场合，时常造成切屑缠绕导致废品和事故之类的问题。该方法旨在利用高压切削液的动能产生使切屑卷曲的力矩，从而起到断屑作用。报告指出【1】：

- (1) 设定适当射流压力可将切屑完全切断；
- (2) 切屑卷曲刚度愈大，所需的射流压力愈大；
- (3) 即使在同样的切削条件下，射流压力不同时，

被切断的切屑的尺寸和形状均有显著的区别；

(4) 射流压力愈高，被切断的切屑的卷曲半径越小。由此可知，高压射流起到了断屑器的作用。

(5) 与常规供液相比，高压射流供液对刀具寿命、已加工表面粗糙度无不良影响；切削力略有降低。

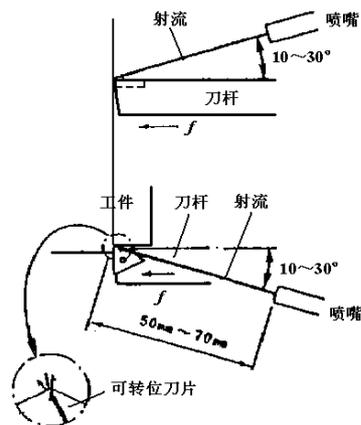


图1 车削时高压射流供液示意图

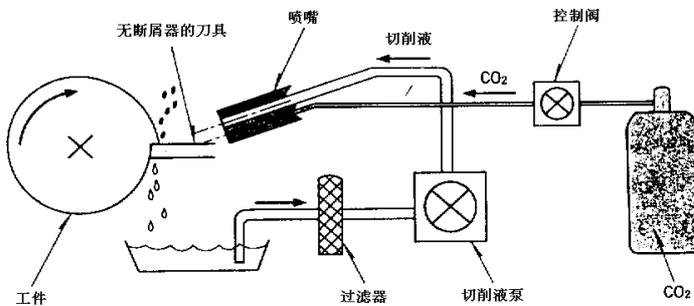


图2 高压供液系统的组成

图 2 为美国 PXI 公司开发的一种高压供液系统商品【2】，被称为“Flowjet（射流）”。专用于在无人化管理的自动机床和自动生产线上车削难加工材料。该系统使用 38.4MPa 的高压切削液与液态二氧化碳同时平行地喷向前刀面，既能将切屑折断，又能提高已加工表面的质量、减小刀具磨损。图 3 为车削钛合金 Ti-6Al-4V 时常规车削与使用该系统所得的切屑照片的比较【2】，由照片可见，其断屑效果非常明显。

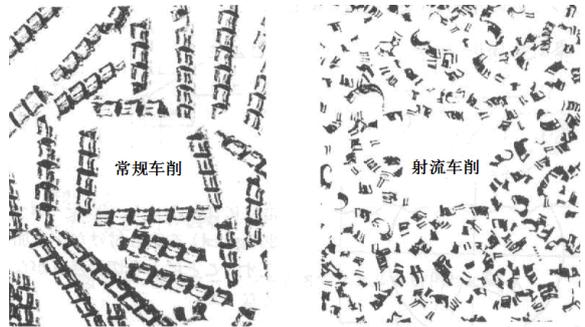


图 3 Flowjet 的断屑效果

图 4 为端面车削的情形【3】。由图可见，高压射流供液时，切削速度从 200 m/min 提高到 500m/min，刀具寿命从每个刀尖加工 150 件提高到加工 250 件。其效果十分显著。采用高压射流供液车削钢管外圆的结论如下：①从前刀面供给切削液时，高压和低压供液对刀具磨损的影响不大；②就刀具磨损而言，从后刀面供液比从前刀面供液大幅度减小；③从后刀面供液时，压力从 8MPa 提高到 19.6MPa 基本上不起作用。说明供液压力有一个最佳值范围。

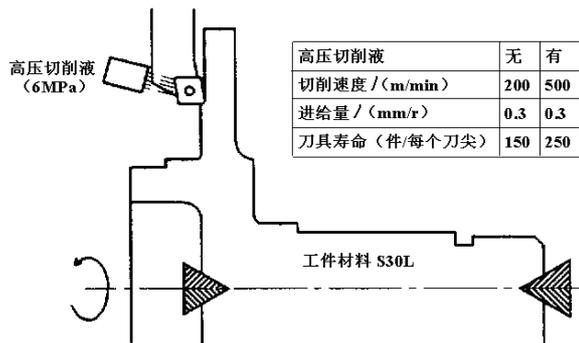


图 4 端面车削使用高压射流供液的效果

工件材料：S30L；刀具：CNMG 机夹刀片，T110+PVD+CVD；切削液：2%水基切削液（Yushiro 化学 EC50），供液压力 6MPa，流量 20L/min；切削用量： $v=500\text{m/min}$ ， $a_p=0.5\text{mm}$ ， $f=0.3\text{mm/rev}$ 。

5 喷雾供液法与微量切削液加工

5.1 喷雾供液法简介

喷雾供液法是将切削液雾化后渗入切削区的供液方法。喷雾供液法有以下一些优点：①可大幅度减少切削液使用量，有利于减少废液排放量和处理量；②切削液分子雾化后渗透能力增强，容易进入切削区，并以汽化热的形式把切削热带走，吸热效率大大提高，对切削区局部的润滑、冷却效果优异；③勿须切削液过滤装置、循环装置和回收处理设施，节约设备投入；对没有供液系统的机械或轻便型机械供给切削液很方便；④工件上被切削液湿润的表面积小，可减免后续工序的清洗作业。

喷雾供液法可应用于车削、端铣、自动机床加工、数控机床加工以及操作者不接近机床的各种自动化加工场合。由于喷雾供液法具有一些特殊优点，近十余年来，在洁净化加工技术中得到应用。这就是所谓的 MQL 加工。

5.2 微量切削液加工

MQL (Minimum Quantity Lubrication, 最小量润滑) 加工是近十余年来发展起来的新工艺。本文称之为MCF (Micro-quantity Cutting Fluid, 微量切削液) 加工。它是将压缩空气与微量的切削液混合雾化后喷射到加工区起作用的。其主要目的是在保证加工效果的前提下大幅度减少切削液的使用量并且避免产生残留废液。这其实就是喷雾供液法的继承和发展。因为油雾引起的安全卫生和环境问题未能很好解决, 喷雾供液法曾长期受到冷落; 可是由于它的许多优点, 在切削液的安全卫生和环境问题日益严峻的今天, 又重新受到学术界和产业界的重视。

5.3 微量切削液的种类

(1) 纯油性体系 纯油性体系的微量切削液与常规切削油一样, 是由基础油加各种添加剂配合而成。可用作微量切削液的基础油主要有植物油、合成酯、合成烃、聚醚等。早期直接用这几种类型的基础油, 尤其以合成酯用得较多; 后来配以适当的添加剂, 发展出一些更为成熟的专用商品油。

(2) 油水混合体系 纯油体系潜在着火火灾隐患、冷却性差、油雾量大。日本的研究人员在 1999 年前后开发了纯油和水混合体系的微量切削液加工技术, 称为油膜附水滴 (Oil on Water, OoW) 加工。水的来源丰富, 冷却性能好 (热容量大、导热系数大、蒸发潜热大), 无毒无味, 无生态环境危害; 其主要缺点是润滑性差、容易引起锈蚀等。油水混合的微量切削液能较好地兼顾油和水各自的优点。因此, 近十年来出现了一些研究报告和应用实例, 成为开发研究的一大热点。

关于微量切削液加工的切削液用量问题, 并无统一说法。普遍认为纯油喷雾为4~100mL/h; 油水混合供给时为油10 mL/h、水1000~2000 mL/h。

5.4 微量切削液加工的供液方式和装置

(1) 油-气两相混合供液 先期的微量切削液系统多为油-气两相流, 主要有外部供液和内部供液两种方式。一种是外部供液, 指从刀具外部通过喷嘴向加工区供液, 如图 5^[4] 中的 a)、b)、c)、d) 和图 6^[4] 中的 a)。外部供液装置如图 7^[5] 所示。另一种是内部供液, 指经由刀具或刀柄内的通道向加工区供液, 有些回转刀具还需要先通过机床主轴的内部通道然后再进入刀具或刀柄通道; 如图 5 中的 e)、f)、g)、h) 和图 6 中的 b)、c)、d)、e)。内部供液装置如图 8 所示^[5]。

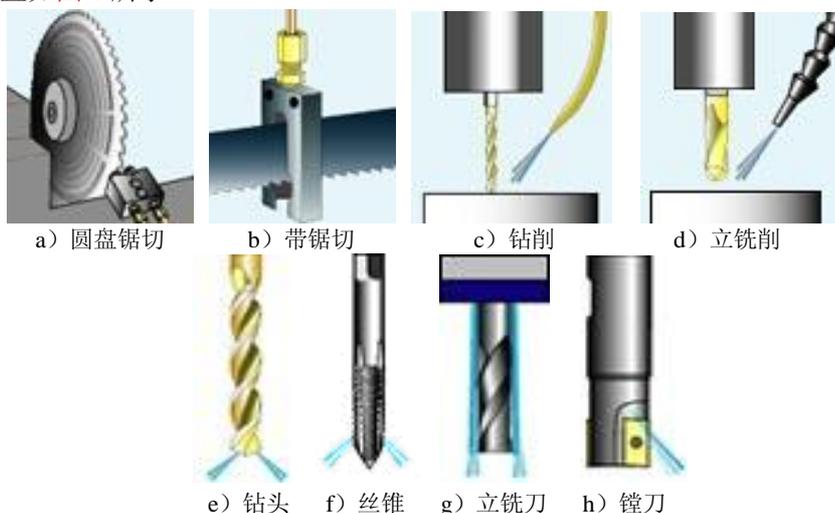


图5 几种MCF切削加工和刀具的供液状态示意图



a)外通道供液钻孔 b)内通道供液钻孔 c)内通道供液扩孔 d)内通道供液切断车刀 e)内通道供液外圆车刀

图6 几种MCF加工喷雾状态照片

油-气两相流的传输和雾化也有两种形式。一种为双通道内部雾化，不需要单独的雾化装置，设置双层通道，内通道输送切削液，外通道输送压缩空气，在靠近喷嘴出口处雾化，然后喷射到切削区（如图7的情形）；另一种是单通道外部雾化，由单独的雾化装置把切削液雾化，雾状切削液和压缩空气的混合物通过该通道传输到刀具或喷嘴（如图8的情形）。

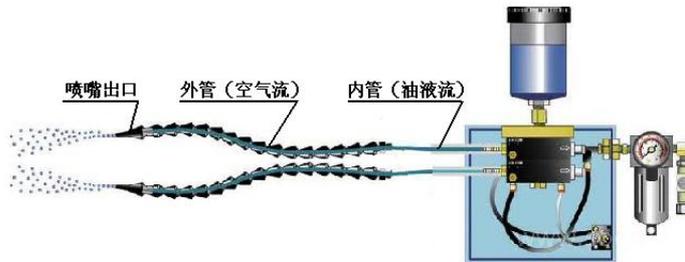


图7 双通道内部雾化油-气两相供液装置

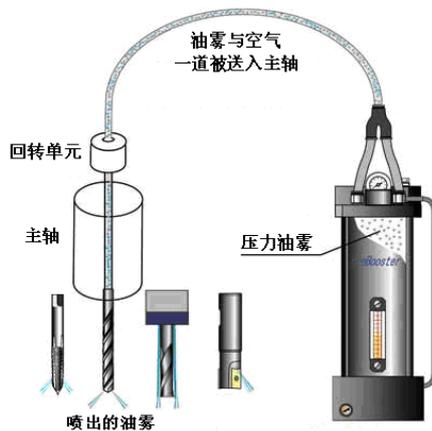


图8 单通道外部雾化油-气两相供液装置

(2) 油-水-气三相混合供液——油膜附水滴混合喷雾加工 图9为油-水-气三相混合供液喷嘴及原理示意图（数据取自文献【6】）。油、水按控制流量进入喷嘴内管，被压缩空气带出时雾化并喷向加工区。由于所用的油分子具有油、水两亲结构，其亲水基吸附在被雾化的水滴与空气的界面上，形成油膜附水滴。当其被喷射到加工区时，被切削热汽化或蒸发，很容易进入刀-屑、刀-工界面；这时，油膜发挥其润滑效果，水分则主要带走切削热，起冷却作用。这种三相混合喷雾方法除图9所示的外，还有三层套管结构喷嘴等其它方式。

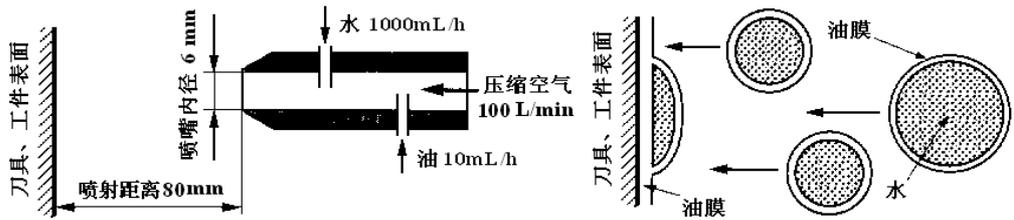


图9 油膜附水滴加工原理示意图

5.5 微量切削液的加工效果与适用范围

迄今为止，微量切削液加工技术已经在许多切削加工领域的研究中显示出诱人的效果。但成功应用的领域主要还是在各种材料的孔加工，如钻孔、铰孔、攻螺纹等，还有铝合金、铜合金等有色金属的锯切、铣削等，并且正在不断扩展。

6 其它供液法

6.1 手工供液法

用毛刷、油壶等供液是最简单的方法，主要用于没有供液装置的机床上进行钻孔、铰孔、攻螺纹。最近，代替油壶和毛刷涂布，出现了手提式喷雾供液器。与家庭用的喷洒杀虫剂或发油的原理同样，是一种使切削液雾化的装置，在美国主要用于攻丝加工。

6.2 程序控制供液法

随着计算机控制技术在机床中的应用日趋广泛，利用程序控制切削液使用的例子也多了起来。图 10【7】为在加工中心上攻螺纹的例子。因为攻螺纹需要使用高浓度切削液甚至原液，而机床的储液箱中只有稀释液，这时，可以在工作台的某一固定位置放置一个盛有高浓度切削液或者切削液原液的油盘。将油盘位置和给油时间输入机床控制器，攻螺纹前按照程序让丝锥先浸入油盘，然后再回到加工位置攻螺纹。

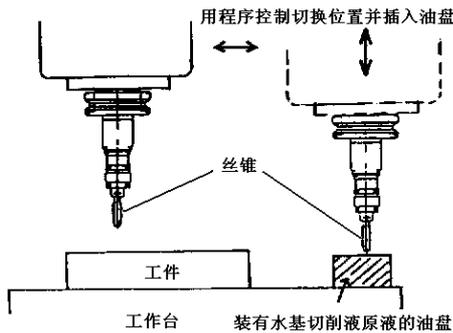


图10 利用程序控制实现特殊供液

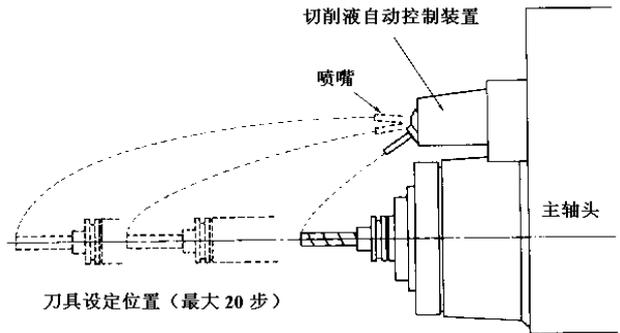


图11 利用程序控制实现随动供液

图 11 为铣削不同位置的表面时自动控制喷嘴角度以实现随动供液的例子【7】。当刀具的工作位置变动时，安装在主轴头上的切削液自动控制装置可以使喷嘴角度随之变化，使切削液始终正确地浇注到刀具工作部位并随刀具移动。

6.3 组合机床及自动生产线上切削液的供给

组合机床是以大批量生产为目的、在汽车、摩托车、拖拉机等制造业中被广泛使用的高效

生产装备。由多台组合机床和传送装置联接可组成自动生产线,完成某种产品的各种加工作业。一般情况下,在各个不同的工位中都从统一的液箱供液。从组合机床排出的大量切屑混杂在切削液中流出去,再由切屑输送机带走。在组合机床加工中,除冷却、润滑作用外,切削液既要辅助排除切屑,又要冲洗定位面、防止产生定位误差,因此,供液量大。一般情况,钻头、铰刀加工是 10~20L/min; 钻孔加工是 30~50L/min; 为了到达洗净的目的,每工位需要 100~150L/min; 如果是冲流式运送切屑,每个冲洗喷嘴需要 100 L/min; 供液出口压力需要 0.25~0.3MPa。必须要有与供液量相匹配的储液箱。此外,大量切削液需要快速净化,一般需使用压力过滤装置。

6.4 固体润滑剂

固体润滑是指某些固体粉末、薄膜或整体材料,它们被用来减少作相对运动的表面间的摩擦与磨损并保护表面免于损伤。在固体润滑过程中,固体润滑剂和周围介质与摩擦表面发生物理、化学反应生成固体润滑膜,降低摩擦磨损。切削加工中使用的固体润滑剂主要是二硫化钼、石墨、红丹粉等类物质的粉末及其脂或膏。使用时直接涂抹在刀具或工件表面上。一般用于低速加工,如攻螺纹、套螺纹、拉削等。

7 集中供液系统

以上讨论的都是单机供液系统,即以机床为单位,每一台机床自备一套独立的切削液供给系统;而切削液集中供给系统则是以车间、工厂为单位,一个车间或一家工厂设置一个大容量的切削液供给系统,有统一的储液池、供液泵、切屑处理单元、过滤装置、切削液输送管路等,从一个切削液池统一对该车间或工厂的所有使用切削液的设备供液,每台设备只设有简单的进出液管路、阀门和喷嘴,没有储液箱和过滤装置。

切削液集中供给系统可使工厂更好地管理和维护切削液。由于管理和维护专业化,耗费劳力少,成本相对较低【8】。对于大、中型机械加工厂,在可能的情况下,都应当考虑采用集中循环供液系统为多台机床供应切削液。

参考文献

- 1 鮎泽 隆,池田博通,增田雪也. 高压切削液喷射による切り屑切断技術の研究.日本長野縣精密工業試験所研究報告, 1963: 1~5
- 2 william J. Zdiblick, Fredrick Mason. Blast chips to automatic tuning. *American Machinist*, 1992 (7): 47~51
- 3 日本切削油技術研究会. 上手な切削油劑の使い方. 東京: 切削油技術研究会, 1993
- 4 FUJIB Engineering. セミドライ加工カタログダウンロード. <http://www.fuji-bc.com/>
- 5 准干式切削 (Near Dry Machining) 和微量润滑系统 (MQL) 中国数控机床网 <http://www.c-cnc.com/news/newsfile/2007/8/6/427.shtml>
- 6 中村隆, 松原十三生, 糸鱼川文広, 丹羽小三郎. 環境を重視した微量油膜付水滴加工液の研究. 1999年度日本精密工学会春季大会学术讲演会讲演论文集, 东京, 1999年3月. P.550
- 7 日本切削油技術研究会. 穴加工皆傳. 東京: 切削油技術研究会, 1994
- 8 刘镇昌. 金属切削液——选择、配制与使用. 北京: 化学工业出版社, 2007.9