

超高压水切割机的现状与发展

Current Status and Development of Ultra High Pressure Waterjet Cutting Machine

南京大地水刀股份有限公司 陈波

在众多的切割手段中,只有水切割属于冷态切割,直接利用加磨料水射流的动能对金属进行切削而达到切割目的,切割过程中无化学变化,具有对切割材质理化性能无影响、无热变形、切缝窄、精度高、切面光洁、清洁无污染等优点,可加工传统加工及其它加工方法无法加工或难于加工的材料,如玻璃、陶瓷、复合材料、反光材料、化纤、热敏感材料等。

近年来,随着“超高压数控水切割机”(又称“水刀”)的成熟和应用范围的扩大,其逐渐进入一个成长期,这也要部分归功于中国经济的快速发展。依托于更高精度的机床平台和大功率高压系统,可将水切割应用范围扩展到金属加工和工业制造领域,加工更多更精密的产品,而不仅仅局限在玻璃、陶瓷、石材等材料

的加工。

目前超高压水切割行业的现状

1 水刀切割特性

例如在金属切割中,各种加工手段并存,包括刀具、激光、火焰切割(等离子切割)、电火花、线切割、水切割等加工方式。各种切割手段各有优势,又都存在一定的局限性,各自占领了一部分市场。但在众多的切割手段中,只有水切割属于冷态切割,直接利用加磨料水射流的动能对金属进行切削而达到切割目的,切割过程中无化学变化,具有对切割材质理化性能无影响、无热变形、切缝

窄、精度高、切面光洁、清洁无污染等优点,可加工传统加工及其他加工方法无法加工或难于加工的材料,如玻璃、陶瓷、复合材料、反光材料、化纤、热敏感材料等。随着人们对水切割技术了解的进一步加深,逐渐认识到水切割技术在金属切割行业的独特优势。以激光切割为例进行比较,在薄板切割中激光虽然在切割速度方面要优于水切割,但在16mm以上的金属切割中采用激光切割则投资大成本高,而且激光切割材料的切缝周边仍有一定的热影响区。水刀切割金属材料厚度一般可达30~100mm以上,并且对材料无任何影响,再加上水刀对切割材料没有限制。综合这些因素,很多原来选择激光或其他切割手段的用户转而选用水切割机。

目前“水刀”的数控平台多采用滚珠丝杆和滚动直线导轨的精密传动技术,控制精度都在 $\pm 0.02\text{mm}$ 以内,同时加砂水射流的喷嘴和切割



DWMC3020-BB双头水刀

头的聚焦性能及长寿命的喷嘴材料的技术突破,配合了400MPa大功率超高压系统的连续平稳工作,可全自动供砂和控砂及高压水启、停控制系统配合,使得“水刀”能24小时自动连续切割。

“水刀”兼有强大的计算机辅助设计和控制功能,特别在“转角和尖

新技术在水刀切割中的应用情况

在各种加工行业中,追求高质量、高效率的直接成形加工是目前国际上的发展趋势,“水刀”切割机正是针对这种需求而在相关的技术应用上不断创新。



超高压发生器

角”切割时自动减速,以减小切割中甩尾的影响,使得切割面光洁圆滑,加之“水刀”切割具有“磨削”的特性,这使得“水刀”在切割质量和效率上都有了极大的变化和提高了,而且可直接用于金属零件的成形切割加工。

2 水刀应用的优点

(1) 切割金属的粗糙度达 $1.6\mu\text{m}$,切割精度达 $\pm 0.10\text{mm}$,可用于精密成形切割;

(2) 在有色金属和不锈钢的切割中无反光影响和边缘损失;

(3) 碳纤维复合材料、金属复合材料、不同熔点的金属复合体与非金属的一次成形切割;

(4) 低熔点及易燃材料的切割,如纸、皮革、橡胶、尼龙、毛毡、木材、炸药等材料;

(5) 特殊的场地和环境下切割,如水下、有可燃气体的环境;

(6) 高硬度和不可溶的材料切割,如石材、玻璃、陶瓷、硬质合金、金刚石等。

1 高精度的数控机床

随着包括精密滚珠丝杆、伺服电机、谐振减速单元等技术的出现,机床可以达到更高的位置精度;而反向间隙补偿、重复定位精度的提高,使机床制造厂商将更大的精力投入到分析机床几何误差产生的原因,从而通过采用球杆测量仪和激光干涉仪等高精度测量器具检测机床几何精度并建立误差映射表给予精度修正,以此制造高精度机床。

2 大功率超高压系统

提高水的能量,将提高其切割能力。水射流能量越大,切割效果越好,所以水切割机的压力和最大输出流量就成为影响切割能力的主要参数。目前,国际上对此也在做进一步的研究和试验,试验证明,当压力达到700MPa以上时,也可以用清水切割薄钢板和较硬的复合材料,这样进一步提高增压器的压力可大大提高水切割机的切割能力。

另一方面,在同等的压力之下,

提高射流的流量(即加大射流的功率)也一样可提高切割能力,因此而产生多增压器并联技术:在对现有系统不做大改动的前提下,采用多增压器并联技术,即将2个或多个高压发生器并联使用,可以很方便地提高增压器的输出流量,采用大口径喷嘴进行切割,这样水射流有效切割能量更大,切割效果更好。

3 五轴水切割技术——自校正切割

由于能量梯度的作用,激光、气体等离子、射流等切割手段在切面越深时(距喷嘴越远),切割能力越差,所以所形成的切割面往往不垂直于工件表面,被称之为切割斜度,这是所有切割手段的一个固有缺陷。虽然通过提高切割能量或降低切割速度可以部分减小切割斜度,但依然存在不能完全垂直切割的问题。于是,可倾斜切割头的设想于1997年被提了出来,目前国际上已有商用产品,这是解决切割斜度,提高精度最直接有效的方法。其原理是通过在原有三轴平台的基础上再增加2个旋转轴,刀头可向任何方向摆动,并利用预先在系统中设置的斜度模型,通过对切割轨迹的实时计算,再根据被切工件的材料与厚度进行修正,在切割的过程中不断地摆动切割头,使得切割出来的工件达到完美的无斜度状态。

中国水刀的发展

中国水刀在吸收世界同行先进经验的同时,秉承不断创新的理念,近几年经共同努力,不断拓展水刀的应用领域,专注于研发新技术及辅助装备。目前我们已有或在开发的新技术有:

(1) 并联增压器的大功率系统。

工作压力可达400MPa,功率输出73.5~157kW。

(2) 大型高精度数控水切割机。

金属切割用大型工作平台,X向尺寸可达5000mm,Y向尺

寸可达8~30m及以上;控制精度:±0.02mm/m;切削精度:±0.1mm;X、Y向运动速度:0~40m/min;最高压力:400MPa;最大功率:73.5~157kW;切割头数:2~4。

(3) NEWCAM 软件。

为大幅度地提高“水刀”的切割效果,我们引进了先进的水切割专用NEWCAM软件,其CAD模块具有模块化编程、自动排版套料、CAM模块具有拐角自动减速、切断自动减速等特性,通过在拐角处与切断点降低速度,解决水切割因水射流的滞后效应引起的拐角过切现象与程序结束点无法切断的情况,有效提高辅助设计、切割的质量和效率。

(4) 空间曲线切割水刀(机器人水刀)。

“机器人水刀”有纯水切割系统,和加砂切割系统可以切割任何空间曲线,目前被广泛地应用于汽车内饰件切割。

(5) 五轴水刀。

虽然机器人水刀也可以达到倾斜刀头切割的目的,然而在精度和刚度上不如传统机床,不能用于高精度



切割。要达到高精度的无斜度切割以及进行圆锥面、圆弧面、旋转曲面、斜面、坡口等切割,必须使用五轴联动水切割机。

(6) “废旧弹药销毁”水刀。

由于水刀优异的低温切割特性,使得水切割机可以用于易燃易爆工件的切割,其中最为典型的应用就是“废旧弹药销毁系统”。水射流在切断弹壳的同时,绝对不会引爆其中的炸药,从而达到安全、就地销毁过期弹药的目的。该技术已达到国际先进水平。

(7) 双头/多头水切割机。

与大功率高压发生系统相匹配,采用多头同时切割方式,切割效率可提高数倍而成本增加很少。

(8) 水刀加工中心。

研制成功“水刀加工中心”,集切、铣、磨等多功能于一体,又一次填补国际空白,通过省级鉴定,并已申请2项专利(1项发明专利)

(9) 其它辅助设备。

为了提高加工效率,我们还开发了以下辅助装备。

- 超高压水开关 DWCH:
工作压力:400MPa;
工作方式:常闭式、气动开启;
工作性能:10ms内开启或关闭。
- SP7 高效能加砂切割头:水喷嘴与砂管有最近的距离,可最大限度

得利用水射流能量,获得最佳的切割效率。

- 防回水砂阀:通过引导水流向下流动,可以有效地防止回水湿砂。

- 自动供砂系统:将切割磨料不间断地输送到切割机,无需任何人工干预,并且自动检测砂量,并发出报警信号,实现一次加砂长时间使用的目的。

- 自动排砂系统:在切割的过程中,自动将产生的泥浆抽出,经过滤将砂、水分离,再将水反灌到水箱中,



保证水箱水位,避免水箱中长时间积砂并免除了人工清理。

- 自动调高系统:在切割过程中,主动跟随工件的起伏而自动调整切割头的高度以适应最佳切割。

结束语

由于超高压水射流切割技术的完善、其效率的提高,特别是水刀能将切割和精密加工的功能合二为一,使投资和使用成本的下降,从而使得“水刀”切割技术和设备在各项应用中备受关注,希望国内的研究机构和生产厂商能密切合作,共同探索和研究,推进超高压水切割机的技术水平和应用技术的发展。

(责编 侧卫)

