

超声波

超声波系统辅助机床切削加工

超声波技术不仅可在外科医学领域中应用，而且在金属切削加工中应用也具有优势。只是，通常某种技术在一个领域的完美应用会阻碍该技术的进一步推广和实施。为了打破这一传统理念，坐落在德国亚琛的 Fraunhofer 生产技术研究所以研究了超声波技术装置的有效设置及其最佳化方法。

文 | Sophia Hannig, Christian Brecher, Christian Wenzel

超声波技术不仅应用在医学领域，而且在金属切削加工方面 also 具有重要意义。为了使刀具在规定的方向高频振动，人们优先采用离子振荡系统。通

过刀具的高频率振荡实现加工刀具与工件的咬合，依次可实现各种不同的效应，如提高金属切削加工去除量和减少刀具的磨损。

采用普通的方法（分析法、

有限元法或经验法）设置和计算这样的离子振荡超声波系统必须重复多个步骤并不断改善切削效果，因此非常费力耗时。迄今超声波技术在工业领域的应用与推广一直受到极大限制。

正确的振荡 可精密地切削工件

现在，采用新研发的设置方法可以大大缩短这一过程，能够快速且自动化地计算出各种应用条件下振动体的几何形状。根据这一理念，Fraunhofer 生产技术研究所以研究并设置了一个超级精密的车床，该车床使用单晶金刚石刀具，可最佳化地加工钢制工件和玻璃工件的各个表面。此外，该研究所还研制出了一台样机，并使用该样机进行了首次加工过程分析。超声波辅助系统必须能够激发车床刀具产生一个共振频率，这样才能使车床刀具以给定的频率振动，这便要求该样机的各个部分高度精密。该系统主要组成部分是一台变频器、一台超

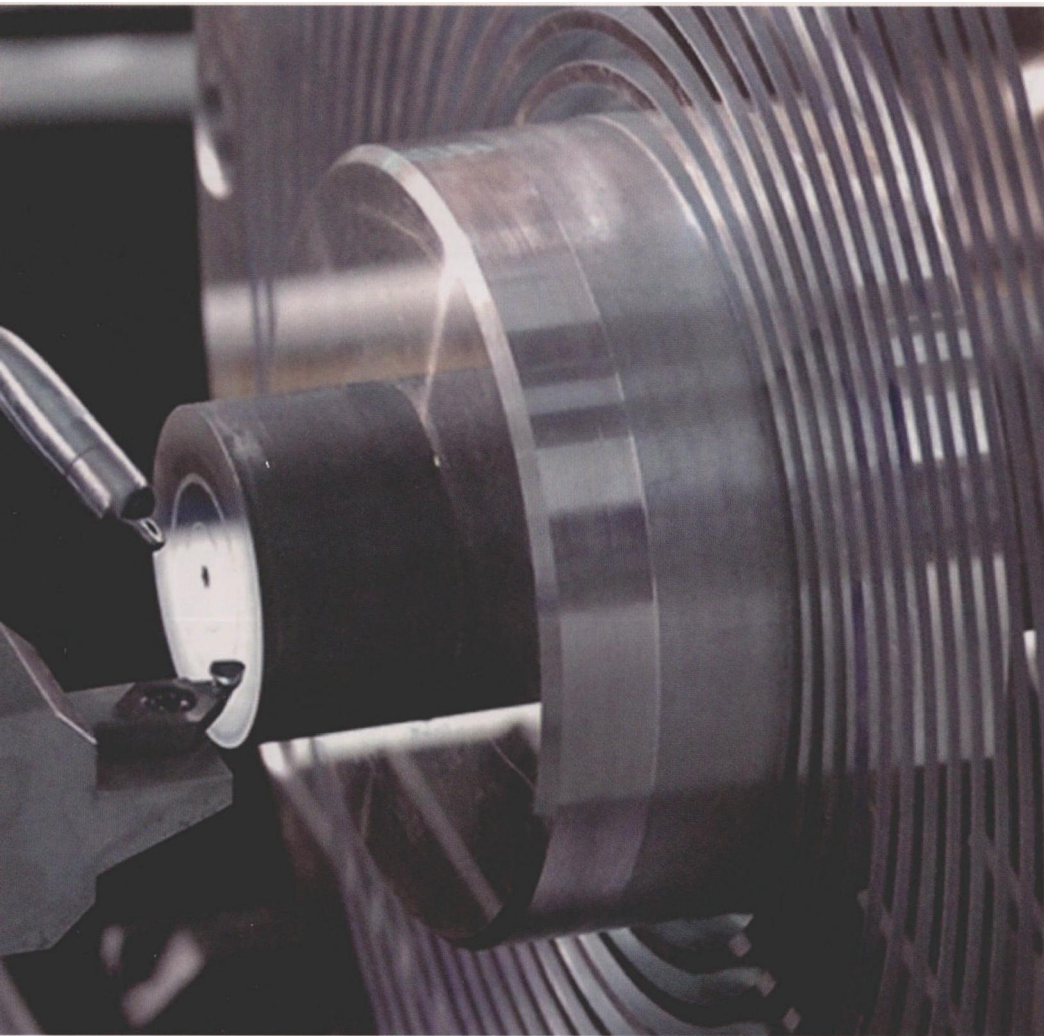


图 1 用一新研制的方法可有效设置振荡体，能够大大加快超声波辅助车床的加工作业

声波发生装置和车刀（图2）。

变频器借助于压电效应由一个高频交流电压产生高频机械运动，在进行高频机械运动时，超声波发出装置发出纵向恒定频率的振荡。该振荡传递给车刀，导致车刀作泵式运动。由于开始的研究方法效果不佳，因此，Fraunhofer 研究所又研究一种新的、自动化的、效果达到了最佳化方法。该方法的目的是在计算超声波振荡时大大减少迭代步骤。其另一个优点是超声波振荡计算程序的操作面便于研究人员理解，且有利于技术人员寻找对于车床来说更适当的超声波振荡。

用发生学计算法则取代传统的计算方法

在实现超声波振荡最佳化的过程中有很多步骤，这在自动化的计算过程中不易被人们注意。因为系统采用 3D 计算，研究人员可设置离子振荡发生和横向振荡以及混合模式振荡。为了完成上述设置，研究人员将数学软件 Matlab 与结构计算软件 Ansys 结合起来使用来确定振荡要求与振荡条件。

借助于数学软件 Matlab 生成带定义加工工件的材料参数的起

始几何数据、几何数据的变形和规定值答案。借助于生成计算法可使起始几何数据自动达到最佳化，并且自行进行必要的重复步骤，无需人工介入，全部自动化完成。

所获取的每个正确的答案包括所有必要的参数、部件的几何数据、振荡频率、振荡限制、位移和振荡张力都将显示给使用人员。根据加工任务的复杂性，这一过程所需时间会持续数秒钟或几个小时。

工件的打磨和抛光作业采用传统的球形表面加工方法。综合性的自由形状表面必须采用费时耗力的“艺术品复制技术”，如精密模压技术才能完成。为此，需要制作精密的阴模，而这种阴模通常是钢质的，必须用单晶金刚石刀具加工才能达到形状表面质量的最佳化。

而用金刚石刀具加工钢质工件，只要很短的时间，金刚石刀具会很快磨损。为了延长金刚石刀具的使用寿命，人们在钢质的工件表面加工上价格昂贵的镍氟层。之后，这种自由形状工件在热量和压力的作用下直接在玻璃毛坯上仿制所需工件。最后的一个步骤是评估最佳的性能。这种

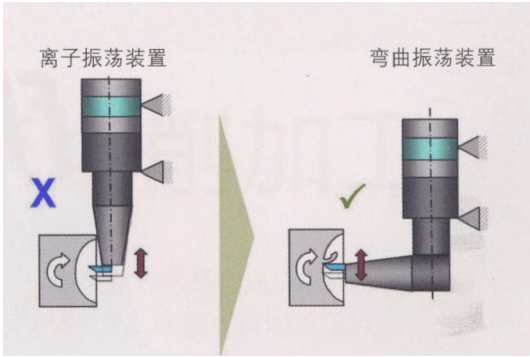


图3 离子激发超声波辅助切削加工受限，采用弯曲振荡器能够对此予以弥补

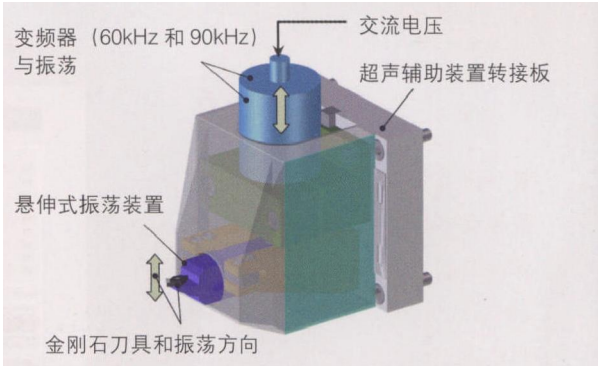


图4 用于车床加工的新型超声波振荡装置的结构示意图

加工方法省时且节省资源。

超声波辅助金属加工

对钢质工件进行加工会导致机床刀具快速磨损，而昂贵的涂层则会加大生产成本，采用超声波则是解决上述难题的最佳途径。车床在进行加工过程中产生的传统动能叠加一个轴向振荡，这导致出现高频率的切削中断。刀具的不连续性与工件咬合延长了加工持续时间。而采用单晶金刚石刀具，离子振荡在超声波发出的末尾（共振体），变频器作用使该共振体处于振荡中。这样，便可使钢质工件达到光学仪器工业所要求的加工质量。

使用当前的离子超声波振荡系统还无法完成复杂工件的加工。当前的离子超声波振荡系统的结构（图3），由于表面严重凹陷，会产生工件加工空间受限问题。而性能卓越的带有弯曲振荡

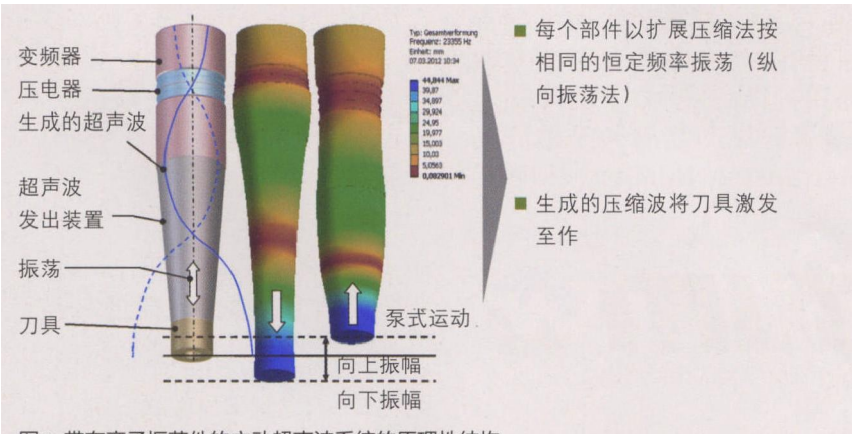
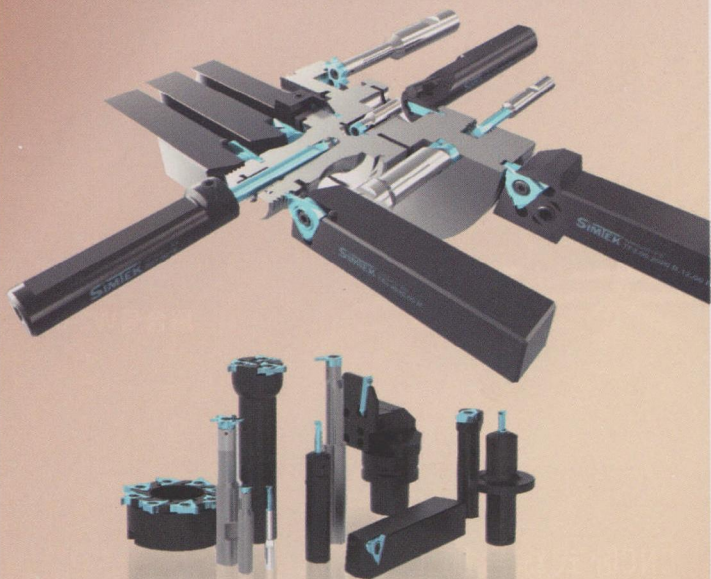


图2 带有离子振荡件的主动超声波系统的原理性结构

来自“德国”、精度高、效率佳
为节省您的加工成本而诞生
为满足您的更高要求而成长



适车削各类内外槽、孔、螺孔（最小加工孔径 ≥ 0.3 ）
适铣削各类槽；插键槽；多边形；旋风铣削螺纹等
特殊槽形及加工要求，请提供工件图纸。

尚亚(上海)国际贸易有限公司
www.schbrilliant.com

上海办事处
电话: 021-54223166 54223032
54223032 传真: 021-52400210

北京办事处
电话: 010-84094732 84094642
传真: 010-84094267

西安办事处
电话: 029-85761348 85761349
85761346 传真: 029-85761350

沈阳办事处
电话: 024-31271566 31271567
传真: 024-31271568

武汉办事处
电话: 027-88868951 88868957
88868958 传真: 027-88868959

天津办事处
电话: 022-24153889 24137112
传真: 022-24135661

济南办事处
电话: 0531-86094537
传真: 0531-86094152

柳州办事处
电话: 0772-2863725
传真: 0772-2867656

重庆办事处
电话: 023-62603509 62603229
62808888-20423 传真: 023-62603259

成都办事处 电话: 028-86518629
长春办事处 电话: 0431-88564503

哈欠滨办事处 电话: 0451-82672796
宁波办事处 电话: 0574-87905430

太原办事处 电话: 0351-4628002
大连办事处 电话: 0411-84508135

广州办事处 电话: 020-87659537
福州办事处 电话: 0591-87856419

南京办事处 电话: 025-84202660
郑州办事处 电话: 0371-67957931

合肥办事处 电话: 0551-4290510
深圳办事处 电话: 0755-28102480

无锡办事处 电话: 0510-82725750
十堰办事处 电话: 0719-8106411

昆明办事处 电话: 189 8846 0973
南昌办事处 电话: 0791-6494579

烟台办事处 电话: 0535-6933330
长沙办事处 电话: 0731-85454269



图5 超声波振荡装置转接在机床上的状况

器（右）的超声波系统能够加工综合性工件的表面，并能够达到光学仪器部件所要求的工件质量，这样，超声波辅助金属加工方法便能够满足光学仪器工业的要求。

悬伸式超声波振荡装置

由于通常的离子超声波系统辅助车床进行精密金属加工时存在着刀具接近性能受限的问题，为此，研究人员首次研发出一种带有专门的悬伸式振荡装置的超声波系统（图4），可加工钢质工件，并能加工凹陷深的工件表面。

为了确保单晶金刚石刀具的刀锋达到理想的振荡性能，超声波振荡器要具备计算出的共振模式。这甚至能够使刀具刀锋与切削方向呈垂直振荡。由于这种悬伸式超声波振荡装置能够满足加工工件形状的灵活性要求，这样，便开启了超声波辅助系统在光学仪器工业推广运用的可能性。

超声波辅助系统样机安装在 Precitech 250 型超精密车床上，圆柱形工件在超精密车床上进行平面车加工，该圆柱形工件为经过淬火的钢质工件，车床采用单晶金刚石刀具。

上述工件加工的表面质量达到了 $R_a=7.4 \text{ nm}$ 。经过淬火的钢质工件加工出的深凹陷表面的表面质量达到了 $R_a=16\sim 19 \text{ nm}$ 。采用在 Precitech 250 型超精密车床上安装超声波辅助系统样机，可在光学玻璃上直接加工制作光学仪器工件，加工后的光学玻璃工件表面质量达到了 $R_a=2\sim 3 \text{ nm}$ 。

超声波系统辅助机床切削加工研究工作实际上是一个快速而有效的设置振荡体，并将其运用于超声波辅助机床切削加工。该研究工作采用生成算法进行研究，从而避免了当前超声波系统研究过程中所存在的大量耗时和耗资源的弊端。从研究成果来看，采用这项技术的车床能够加工出复合式光学玻璃工件表面，能够节省工件的加工成本，并能节约资源和节省时间。MM