

激光切割的进展

沈利群

(上海工程技术大学, 上海, 200335)

摘要, 本文叙述了激光切割钛合金、非金属材料、激光切割在汽车工业中的应用, 以及激光无渣切割与清晰切割。

Progress of laser cutting

Shen Liquan

(Shanghai University of Engineering Science)

Abstract, The purpose of the article is to introduce the progress of titanium alloy laser cutting, non-metal laser cutting and the applications of laser cutting in automobile industry. The non-residue cutting and laser clean-cutting are described too.

一、激光切割概况

激光切割始于1966年, 是美国首先在金属丝拉模的金刚石模孔加工中采用的。70年代初, 美国研制出了供金属加工用的大功率(10~20kW)CO₂激光机, 开始了板料激光切割的工程实用时期。近年来, 美、英、日、德、意等国都努力研制出各种加工用激光机^[1]。

激光切割的范围很宽, 目前已成功地应用于切割钢板、不锈钢, 钛板、钽、铌、镍、铜、锌、铝、石英、陶瓷、半导体材料及布匹、木材、纸张、塑料等。另外在食品、医药、电子、纺织、航空航天、汽车工业中还有多种的应用^[2]。

一般说来, 激光切割具有切缝窄, 速度快, 热变形小, 质量高, 省材省工时, 切割范围广, 加工灵活性好, 容易实现自动化, 对环境无污染等优点^[3]。

激光切割设备通常由激光器、导光系统、CNC控制的运动系统组成, 其中还设有多个抽吸系统以保证对切割部位有效地去除烟和粉尘。切割时, 水冷透镜使激光束聚焦, 焦点功率密度达每平方米几兆瓦。聚焦光束射到工件表面时, 有一部分材料蒸发, 切缝周围形成的熔化物在切割过程中被气流连续吹掉。金属切割大多吹氧, 可使放热的氧化过程产生补充热量。对可燃材料切割时, 使用惰性气体, 由于激光束经过透镜聚焦后在工件上的直径很小, 所以它对材料的热影响区较小^[4]。

适合于激光切割的激光器有两种, CO₂激光器和高功率CW-YAG激光器。目前以CO₂激光器为主, 它的输出功率高, 转换效率高(可达30%), 既可连续工作, 也可脉冲工作, 波长10.6 μm, 具有良好的大气透过率^[5], CO₂激光用在工业生产中作平面轮廓切割的历史不超过12年。近年来发展了对空间曲面以及管材的激光切割, 并逐步形成三维立体的切割^[4]。

近年来激光切割装置在不断地向着小型化、数控化和组合化方向发展。激光切割与计算机、机器人相配合组成的多功能自动化加工系统, 可进行高难度、复杂形状的自动化切割, 既节约了模具, 又无需划线和不用刚性夹具, 适合于多品种, 小批量生产的需要。国外已把激光切割

与模具冲压品种加工有机地组合在一起,形成一种激光冲床^[6]。

二、钛合金的激光切割^[7]

钛合金具有高的强度/密度比,高的抗疲劳抗蠕变性能,在多种环境下有好的耐蚀性,故在航空、航天中应用广泛,但其塑性差,回弹大,成形加工困难,而用激光切割是一种新途径。国外已用于生产。试验证明,激光切割钛合金比切割钢板容易,更比切割铝铜等高反射率材料容易得多。这是因为切割钛合金时要喷吹辅助气体氧气,形成氧化钛放出大量的热,切割钛时氧化反应比其它金属的氧化反应激烈得多,当然也就容易切割得多了。但喷氧切割时切缝相当宽,热影响区大,对切割质量难以控制,采用惰性气体或压缩空气进行激光切割,可控制激烈的氧化反应,切缝窄,热影响区小,一般能得到较满意的切割结果,但切割厚钛板必须使用大功率激光器。

三、非金属材料的激光切割

非金属的激光切割实质上是升华切缝材料和迅速排放由惰性气体喷射产生的混合蒸汽。非金属材料涉及有机和无机材料,如木材、皮革、纺织品、均质和纤维增强塑料、复合材料等^[8],激光切割木料无木屑、无噪声、切割余量少、能切割形状复杂的零件,切割面光滑但切面变色。切割纸张和纸板成本低,不产生微屑,能确保印刷质量。用激光切割氮化硅之类的特硬陶瓷材料,其切割速度为金刚石砂轮的十倍,并能进行曲线切割。用激光切割加工复合材料零件可以大大节省时间,可自由封边,加工后无毛刺,精度高,只需一道工序,提高效率约 150 倍,激光裁剪布料可省料 15%,快速合理,质量好;化纤衣料在激光切割时会自行收边,省去拷边工序^[9]。激光还常常用来加工那些用机械刀具难以切割的非稳定薄型材料,因激光束在切割过程中仅仅通过切割气体喷射的动能给构件加载,这种力几乎可忽略不计,所以激光束切割被视作速度较高的方法。

四、激光切割在汽车工业中的应用

由于汽车工业需要越来越多形状复杂的强度高、重量轻的复合材料构件,采用激光进行材料切割已成为必不可少的技术。1974 年后,国际上相继出现汽车本身和模具的激光切割生产线。

德国大众汽车公司 500W CO₂ 激光器切割形状复杂的车身薄板及各种表面复盖件,尤其是各种曲面件,为生产各种轿车零件提供了新方法。如激光切割汽车薄钢板(0.7~1mm),速度可达 1m/min,切割 1.2mm 厚不锈钢工效提高 5 倍^[9]。

德国奔驰汽车厂的管材水冲激光切割已获取专利,这些管子是用来输送燃油、冷却剂、润滑油或废气的,而且输入和输出接口都必须在侧壁开孔,常规的方法难以保证质量,且成本高,采用激光切割和管内壁水冲法结合,可以得到理想的效果。这时,水的作用是使激光切割时被吹出的热渣冷却,并随水冲走,同时清除管内壁残渣^[10]。

日本本田和丰田汽车公司富士工模具厂制造的计算机控制的激光加工系统,从毛坯上切割出平整的模具和汽车零件^[9]。

美国福特汽车公司工模具厂用激光切割模具,生产周期缩短 5 倍,满足了汽车快速改型的需要。还用一台价值 80 万美元的激光加工机修边划线,使原来制作模具的周期从六个月缩短

为一个月^[9]。

美国特纳科汽车公司采用1kW CO₂激光器切割汽车排气管,每人能操作二台切割机,仅此一项,每年节约劳动力成本6万美元^[9]。

国内长春第一汽车制造厂轿车分厂,曾采用500W纵向CO₂激光数控切割机切割“红旗”牌轿车的各种复盖件,可切割20多种形状复杂的金属材料,不仅能切割平面曲线板金件,还能切割曲面件。切割钢板厚度达6mm,热影区小于1mm^[9]。

激光切割薄钢板在日本应用很广泛,三维切割系统主要用于汽车工业中大规模生产前的样车生产^[11]。日本目前已有约60台三维激光加工机在使用中,多数是在汽车制造业中,切割厚1mm薄板的粗糙度在5μm以内,尺寸精度达10~20μm,最大切割厚度为12mm^[12]。

五、激光无渣切割及清晰切割

激光切割中浮渣的附着是一个很关键的问题,辅助气体不能抛出的熔化物会蔓延在切口下端的刃口板内侧,附着凝固,产生浮渣(又称粘渣)。使用氧气作为辅助气体时,由于与氧反应所产生的极氧化物熔点比母材高,切口下端刃口因母材冷却粘度升高,流动性降低,很难从母材上脱落下来,从而形成浮渣。使用惰性辅助气体时,板材和熔化物是同一物质,熔化物和切口壁面成为一体而形成浮渣。对低碳钢,假如设定条件恰当,容易实现无渣切割。对不锈钢,板厚3mm,激光功率为500W左右,切割速度低于50mm/min时,只产生超低速的浮渣或低密度的浮渣。但较经济的切割速度应是高于1000mm/min,这时要将浮渣抑制在0.4mm以下是很困难的。除低碳钢外,不锈钢和铝,特别是一般材料都不能避免浮渣的吸附^[13]。为此日本研究了解决浮渣的方法,其措施有:使渣脆化;使用浮渣防止剂;堆积切割;使用附加喷嘴;改进氩气喷嘴的形状;修整切割;在切割下部附加吹气喷嘴等^[14]。

日本还研究了称之为“光洁切割”即清晰切割的无氧化无渣激光切割方法。主要是提高切口下端氩气的运动能量和抑制角部熔化物的冷却凝固。具体的技术措施是:增加氩气的压力和流量;抑制氩气与外部流体的能量交换;形成容易通过氩气的切口;选择焦距适当的聚焦镜;提高焦点能量密度;正确调焦;提高加工速度^[15]。

美国报道了Amada激光公司革新的清晰切割技术^[16],它克服了通常激光切割后伴随的两大难题,即在切缝底部堆积的碎渣及沿切缝表面生成的氧化层,通过变换辅助气体可使切割清晰。用氧气切割在切缝处产生氧化膜,用氮或氩作辅助气体,就不会产生氧化也不会脆裂。这种激光清晰的切割对铝、不锈钢、钛等切割后的表面可立即进行焊接,不会残留下屑渣也没有氧化层。

参 考 文 献

- [1] 余方勤. 锻压机械, 1990, (3), 21~24
- [2] 朱烈润. 国外激光, 1991, (3), 24
- [3] 徐庆仁. 国外激光, 1990, (3), 27
- [4] 周毓平, 高晓平, 严 寒. 光机情报, 1990, (9), 1~4
- [5] 曹运红. 电加工, 1989, (6), 27
- [6] 刘东华. 激光杂志, 1992, (4), 207~213
- [7] 陈和祥. 激光杂志, 1990, (3), 144~147
- [8] König W, Transer Fr J. Laser Magazin, 1989, (6), 20~25

- [9] 陈秀娥. 国外激光, 1990, (8), 7
- [10] 大 舟. 光机情报, 1991, (10), 13~16
- [11] 楼洪洪译. 国外激光, 1991, (4), 6~8, 14
- [12] 木谷基, 金 山, 柴山耕三郎 *et al.* 三菱电机报, 1987, 61(6), 44~51
- [13] 村川正夫. 应用机械工学, 1989, 30(12), 157~161
- [14] 村川正夫. 机械技术, 1988, 36(6), 82~87
- [15] 高桥久志. 机械技术, 1988, 36(6), 44~48
- [16] Machine and Tool Blue Book, 1988, 83(4), 34, 37

作者简介: 沈利群, 女, 1942年5月出生。副研究员, 副主任。现从事科技情报研究工作。

收稿日期: 1992年12月22日。 收到修改稿日期: 1993年5月11日。

· 简 讯 ·

Cr⁴⁺ : YAG 激光器输出皮秒脉冲 ——紧接着是否飞秒脉冲?

英国伦敦帝国大学的 French 及其合作者, 最近展示了 1.31~1.51 μm 主动锁模 Cr⁴⁺ : YAG 激光器。这种非最佳化装置提供了 26ps 的短脉冲, 领先于认定 Kerr 棱镜锁模或叠加脉冲锁模的研究人员。该装置可能产生类似掺钎蓝宝石那种 fs 脉冲。在 1~2 μm 范围室温可调谐固体激光器可能替代低温色心激光器。

受晶体的散射和热透镜效应限制, 该激光器连续运转的斜效率为 5%。用 8W 功率的 Nd : YAG 泵浦时, 其典型输出功率为 20mW 左右。Cr⁴⁺ : YAG 晶体是俄罗斯莫斯科 IRE-PO LUS 研究和开发中心的产品, 在 CLEO'91 会上, A. V. Shestakov 首次作了报导。优化谐振腔及激光晶体以达到 1.35~1.55 μm 的调谐 fs 激光器的工作, 目前正在进行中。

译自 L F World, 1993, 29(3), 13 中尧译 马理校