

工业 激光解决方案

中国版

2013.10

PennWell®

P32 迎接皮秒激光微加工时代

P36 玻璃，陶瓷和蓝宝石-用激光光束来加工

P40 光纤激光钻孔在航天领域的应用



P24

冷却机的激光行业应用：波英特的努力与展望

波英特精密制冷机械有限公司
销售部经理 郑杰升先生



扫描QR码，与荣格杂志线上互动
industry sourcing.com/its

光纤激光钻孔在航天领域的

应用

作者：Peter Thompson 和 Mark Barry

摘自：美国《Industrial Laser Solutions》杂志

如今，光纤激光器已经成功吸引了众多工业领域内激光器用户的注意。在焊接、标记和切割应用中，光纤激光器成为标准化配置，并且值得我们注意的是，这一过程发生在很短的时间内。不过在涡轮发动机组件溢出冷却孔的钻孔应用上，光纤激光器遇到了难题。本文将探讨其中的原因，并且更重要的是为读者介绍 Nd:YAG 激光器在这一复杂加工工艺中的最新应用，相信可以令激光器用户耳目一新。

Nd:YAG 激光器钻孔工艺

Nd:YAG 激光钻孔可以加工出非常小而且非常精

密的孔，这些孔可以与表面成法角或极端角度，可以是各种形状、各种方向，并且适用材料的范围也很广泛，包括难以加工的航天合金。例如，Prima Power 北美公司旗下的 Prima Power Laserdyne 公司在全球范围内安装了超过 750 台航天制造专用激光系统。通常使用的是高功率（平均功率为 200~400 瓦）脉冲 Nd:YAG 激光器，通过冲击打孔（图 1）或旋切打孔来完成加工。在激光钻孔工艺中，高功率密度通过 0.05 毫米至 0.75 毫米的聚焦光斑尺寸实现。

冲击打孔是指激光器发出一束或多束激光脉冲，同时激光光束和加工部件保持固定。是否需要多束脉

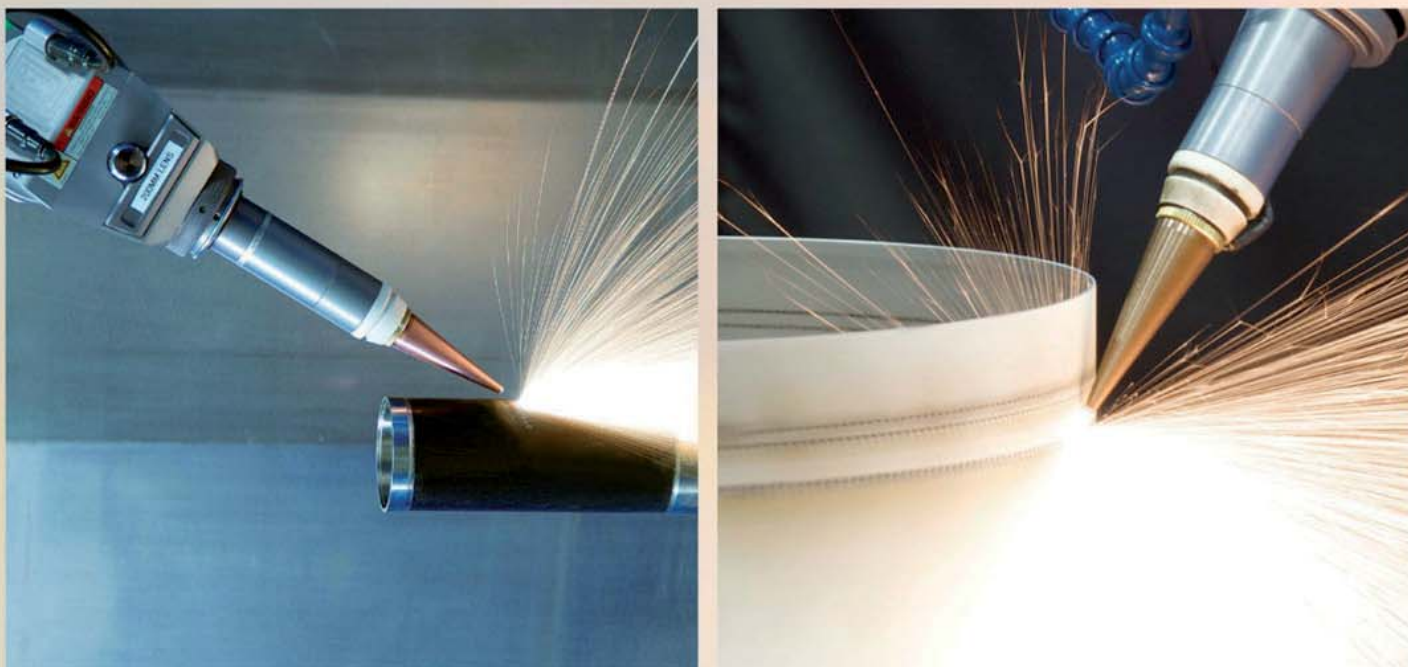


图 1. 左：在泻流冷却孔加工中使用 QCW 光纤激光进行旋切打孔，可以带来高质量的圆度、锥度。右：利用 Laserdyne BeamDirector 3 激光器进行浅角冲击打孔。

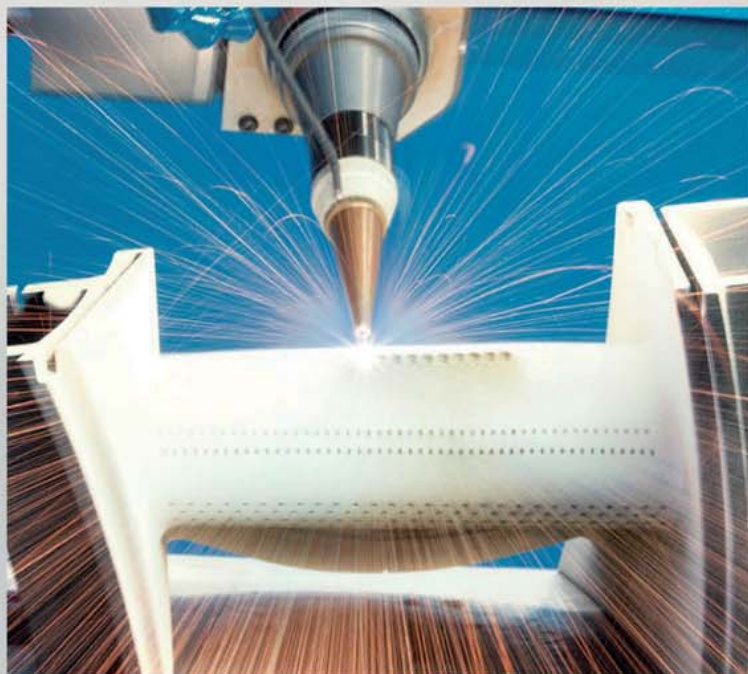


图2. Laserdyne 系统进行旋切打孔具有独特的性能。

冲，这由要加工的孔的深度来决定。冲击打孔的另一个类型是飞行钻孔，它是用固定的激光器向加工部件发出激光脉冲，同时旋转加工部件。孔的位置由旋转速度和激光脉冲频率决定，它们成函数关系。如果要求多束脉冲，可使用相关软件（例如由 Laserdyne 公司的 CylPerf

软件）来使部件的运动和激光脉冲保持一致，并确保每一束脉冲都准确地作用在要求的位置上。通过改变激光脉冲能量可以用来调整脉冲频率、镜头焦距、钻孔的尺寸和锥度来满足所需要的孔的设计要求。

另一 种 钻 孔 工 艺 是 旋 切 打 孔。在 旋 切 打 孔 时，加 工 部 件 保 持 固 定，同 时 激 光 光 束 移 动 并 通 过 切 割 形 状 来 形 成 孔 洞。这 种 “钻 孔” 方 式 通 常 用 于 同 时 进 行 冲 击 和 钻 孔 的 应 用。而 超 精 密、可 重 复 激 光 定 位 系 统 的 出 现，使 得 我 们 可 以 进 行 这 种 独 特、精 准 的 旋 切 打 孔。

冲 能 量 来 决 定，而 功 率 又 受 到 激 光 器 的 工 作 周 期 所 限 制，在 这 一 工 作 周 期 中 激 光 器 的 性 能 不 会 下 降。冲 击 打 孔 通 常 使 用 <100 瓦 至 400 瓦 的 平 均 功 率。而 选 择 好 脉 宽 可 以 优 化 钻 孔 的 质 量。较 短 的 脉 宽 可 能 会 限 制 单 束 脉 冲 可 实 现 的 最 大 能 量；典 型 的 脉 宽 范 围 为 0.5~2 ms。

脉 冲 能 量 可 以 来 区 分 钻 孔 激 光 器 与 应 用 在 其 他 加 工 类 型 的 激 光 器。较 高 的 脉 冲 能 量 会 使 得 钻 孔 速 度 更 快，但 可 能 会 对 孔 的 质 量 带 来 负 面 影 响。一 般 而 言，所 需 的 脉 冲 能 量 由 实 验 结 果、材 料 厚 度、组 成 成 分 以 及 所 需 要 的 孔 的 直 径 来 决 定。

对 于 某 一 特 定 的 激 光 器，聚 焦 透 镜 将 决 定 光 斑 大 小。在 冲 击 打 孔 中，光 斑 大 小 与 要 钻 的 孔 的 直 径 有 关；对 于 较 薄 的 材 料 (<0.5 毫 米)，光 斑 大 小 基 本 等 于 孔 的 直 径；而 随 着 金 属 厚 度 增 加，冲 击 打 孔 可 以 钻 的 孔 的 直 径 范 围 逐 渐 缩 小。此 时，就 轮 到 旋 切 打 孔 (图 2) 粉 墨 登 场 了。

在 加 工 应 用 于 航 空 器 及 陆 地 上 (发 电) 的 涡 轮 发 动 机 组 件 中 使 用 激 光 钻 孔 技 术 已 有 差 不 多 45 年 的 历 史 了。对 汽 车 工 程 师、过 滤 设 计 师 以 及 医 疗 设 备 制 造 商 而 言，激 光 钻 孔 已 经 成 为 其 加 工 部 件 时 不 可 或 缺 的 重 要 技 术。

WAVELENGTH
OPTO-ELECTRONIC

RONAR-SMITH®
LASER OPTICS & IR IMAGING

新品导航：
切割头
焊接头
光纤准直



It is More than Optics...
激光与红外镜片专家

ACCESS
查询号码 LA0117



南京波长光电科技有限公司

江苏南京市江宁区湖熟工业集中区波光路18号 211121

电话: 86-25-52657057 传真: 86-25-52657058 E-mail: info@wave-optics.com

www.wave-optics.com

光纤激光钻孔的初期研究成果

Yb 光纤激光器是最常用于材料加工应用的一种光纤激光器。最初它们是作为连续波 (CW) 激光器而被开发出来的, 后来虽然增加了脉冲功能, 但是峰值功率仍与 CW 平均功率保持一致。这有利于切割和焊接应用, 但是却限制了激光钻孔的效率。常用的 Nd:YAG 激光钻孔的峰值功率可达 50 千瓦, 而许多应用的脉冲峰值功率一般为 20~35 千瓦。

位于马萨诸塞州牛津市的 IPG Photonics 应用实验室安装了 Laserdyne 795 系统后, 人们重新燃起了对 Yb 光纤激光器应用的兴趣。实验证明, 用 20 千瓦的 CW 光纤激光器进行冲击打孔和旋切打孔, 可以得到质量很理想的孔。这一初步成功使得 Laserdyne Champlin 应用实验室又安装了 15 千瓦 CW Yb 光纤激光器, 来专门用于钻孔研究。

他们的研究旨在获取实际钻孔应用中的额外数据, 并且确定下一步所需要的激光器的尺寸。但是 Yb 光纤激光钻孔应用还存在一个重要的问题——激光器的成本。虽然光纤激光器能带来很多好处, 但是它的成本要高出 5 倍多; 所以在实际生产加工领域中这一技术可能行不通。

另一种备选方案是用准连续波

(QCW) 激光器来加工, 它的售价成本与 Nd:YAG 激光器一样。所需的 QCW 激光器尺寸范围可以通过一系列测试来决定。

研究结论

目前这一阶段的研究的最终结论如下:

可以利用与 Nd:YAG 激光器参数最为接近的其他光纤激光器进行钻孔, 并通过一系列参数选项来提高产量和 / 或孔的质量。

提高光纤激光器的光束质量, 可以提高功率密度和降低光斑大小, 从而可以极大地影响冶金结果。

对带有热障涂层 (TBC) 的材料进行钻孔, 结果显示分层性能得到极大改善。

旋切打孔比冲击打孔更为经济, 而且旋切打孔的几何学、冶金学结果要比后者更好。不过, 质量虽然提高了, 可是产量却会下降。冲击打孔的速度是 1 孔 / 秒, 而用旋切打孔来钻同样的孔却需要 3 秒, 飞行钻孔的速度可以达到 3 孔 / 秒, 同时还能保持同样的孔的质量。

有这样一种可能: 用非常规的钻孔参数可以得到不错的结果。例如, 在 1.45 毫米厚的 TBC 涂层材料上钻直径为 0.5

毫米且与表面成 30° 角的孔, 利用 8ms 的单束“长”脉冲来钻孔可以实现 0.10 秒的速度。

使用 9~12 千瓦范围内的 QCW 激光器可以提高钻孔的效率。事实上, 当公布这一研究成果后, 有一些有激光钻孔需求的公司对此进行了深入研究。这些研究最终让美国和欧洲的许多公司订购这一激光系统。

虽然研究结果是振奋人心的, 但仍有一些尚待解决的问题。其中最重要的一个问题就是, 在进行冲击打孔和飞行钻孔时, 如何控制好孔的尺寸。这将是下一轮研究和测试所关注的一个部分。

对这一项目感兴趣的可以阅读完整的报告。初始研究结果在以下地址: <http://www.primapowerinterface.com/fldp/index.html>, 其中还包括作者的音频。研究结果促使 Laserdyne 应用实验室购买了一台 12 千瓦 QCW 激光器以进行持续的应用研究。这些实验尚在进行中, 并将会以类似的方式进行报告。

ILSC

Peter Thompson 是 Prima Power Laserdyne(www.primapower.com) 的技术总监, Mark Barry(mark.barry@primapower.com) 是该公司销售和市場副總裁。

RFHLASER
瑞丰恒激光

高品质

高可靠

高性价比

工业级紫外固体激光器系列

- 优越的光束质量 ($M^2 < 1.2$), 在所有的频率范围内都严格保证
- 在线刷新谐波控制技术, 超长时间的功率稳定性
- 独特的调Q控制技术, 适合各种激光应用控制需求
- 全数字智能电源控制技术, 可通过RS232外部控制激光器
- 工业化产品流程生产控制技术, 产品质量稳定可靠



2013年10月16-18日, 北京
展位: 1号馆B厅1B34



● MBurn 355 (0.5w-1.5w)
脉冲宽度 (<6ns@30k)



● Excellent 355 (1w-5w)
脉冲宽度 (<16ns@30k)



● Expert 355 (1w-3w)
脉冲宽度 (<40ns@30k)

ACCESS
查询号码 LA0103

深圳市瑞丰恒科技发展有限公司

地址: 深圳市南山区高新技术产业园中区M10二楼
电话: 0755-86375012, 18928466502, 86375016

邮箱: sales@rfhlasertech.com
传真: 0755-86028961

www.rfhlasertech.com