

可转位刀片式枪钻 在深孔加工中的应用

□ 一汽解放无锡柴油机厂/史胜祥 丁胜明

深孔加工向来是金属切削加工难点，传统工艺会造成枪钻崩刃、折断问题。通过改进枪钻结构形式——可转位刀片+带导条式高强度刀杆，采用带断屑槽刀片，使得排屑更顺畅，彻底解决折断及崩刃类异常，提升加工质量。



近年，我国东部某厂自主研发了一款油耗低、动力强、可靠性高的重型柴油机，深得用户青睐，其气缸体上有诸多用于冷却水道或润滑油道深孔需要加工，其中底面 $\phi 26\text{mm} \times 275\text{mm}$ 就是其中之一。为提升设备利用率，减少投资成本，在设计方案时放弃了传统的专用机床方案，而采用德国进口GROB高速加工中心加工，但经常

会出现修磨枪钻寿命低、断刀率高的问题。

加工方案分析

1. 加工条件

加工设备：德国GROB G700加工中心。

枪钻：单刃焊接枪钻 $\phi 26\text{mm} \times 546\text{mm}$ 。

刀柄：GUHRING HSK100-A侧固锁紧。

切削液：FUCHS水溶性乳化液ECOCOOL 68CF2W，乳化液浓度：8%~10%。

内冷流量压力：75L/min，4MPa。

切削参数：见表1。

工艺要求如图1所示。

表1 切削参数情况

加工部位	孔直径/mm	孔深/mm	转速/r·min ⁻¹	线速度/m·min ⁻¹	进给量/mm·min ⁻¹	每齿进给量/mm
底面油孔	26	275	1041	85	240	0.23

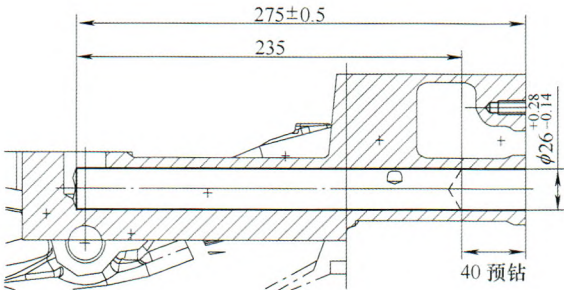


图1 底面深油孔加工工艺要求

2.实际使用中存在问题

此生产线投入使用后，为保证此类深孔加工质量稳定性，枪钻刀具为德国生产。但在实际使用中经常出现崩刃和断刀（见图2）等问题，造成刀具损耗和零件报废。

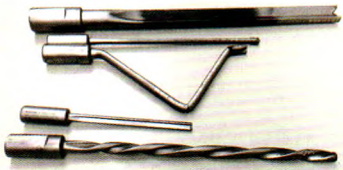


图2 枪钻断刀

通过统计该工序近半年时间内刀具使用情况：累计使用该枪钻230次，其中断刀15次，断刀率达到了6.4%，刀具异常损耗达数万元。此外，为了减少发动机自重，缸体采用精密薄壁铸造工艺，实测该深油孔加工完后其厚度不足5mm，故在断刀发生后，由于铁屑和硬质合金刀头挤压，很容易造成孔壁破坏（见图3），从而造成整个气缸体



图3 断刀导致孔壁穿透

报废，近半年造成工废6件。

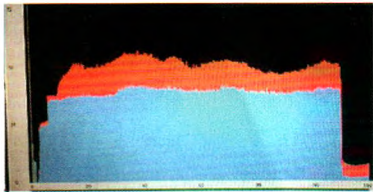
3.原因分析

通过组织技术人员分析排查刀具寿命情况和异常断刀状态，同时通过机床自带的主轴监控系统，分析其加工过程情况，进一步分析排查该深油孔加工断刀原因，主要为：

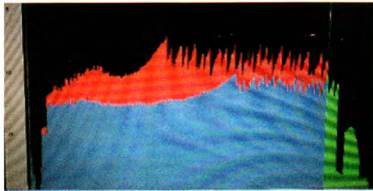
（1）枪钻刃口磨损严重。通过对换下的枪钻进行观察，发现枪钻主切削刃、侧刃和后刀面磨损情况比较严重，轴向磨损量超过2mm，增大了枪钻切削过程中的切削阻力，增加断刀风险。

枪钻刀头磨损严重，与枪钻没有涂层有很大关系，缺少涂层对刀头硬质合金基体隔热和润滑保护，其磨损会急剧加快。而枪钻由于刀头和枪身需要焊接，加之两种材料高温变形量不同，决定了其无法在精磨后实施涂层工艺。

（2）排屑不畅。在对机床设备监控系统数据进行分析排查时发现，按照刀具布置图要求机床内冷流量/压力：75L/min 4MPa，但近半年出现多达20次以上的内冷高压报警，伴随该报警信息之后就会出



(a) 正常加工



(a) 断刀时

图4 主轴负载监控图形

现主轴负载报警以及断刀的发生。

之后，进一步对机床主轴负载曲线分析，并比较正常加工和断刀件的负载监控曲线后，发现正常加工是主轴负载从新刀35%~55%之间，整个加工过程是一个线性均匀变化曲线，前后两个工件间的波动幅度小于5%；而断刀件负载监控图形，则会在内冷堵塞的时候不断升高，一般达到70%时，枪钻刀头焊接部位会扭断，该过程中其负载其上下波动范围在45%~70%，幅度达到25%；从断刀工件孔内大量铁屑也证实，排屑不畅，存在铁屑堵塞现象是该枪钻断刀的主要原因之一。

4.优化改进方案

针对上述排查到刃口没有涂层保护、加工过程中存在堵屑问题这两个主要原因，确定后续改进优化方向和措施：

（1）提升排屑性能。通过增大内冷压力或流量方式，提升排屑性能。

（2）增加刀具耐磨性。在刀具材质不能改善的情况下，实施涂层工艺。

(3) 加强刀杆强度。采用强度等级更高的刀杆，提高枪钻刚性，防止加工时刀杆断裂。

(4) 改善断屑效果。优化切削刃口形式，改变铁屑形状，使其更利于排屑。

其中提升排屑性能方案，若提升内冷压力至6MPa，需要更换螺杆泵解决，成本较高，故考虑通过改善刀具结构来提升排屑效果。

在和德国技术专家讨论后，结合其实际应用案例，决定采用可转位刀片+带导条机夹式刀杆的刀具方案来进行刀具优化，具体结构如图5所示。

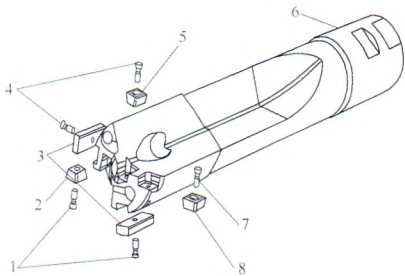


图 5

1、4、7.螺钉 2、5、8.转位刀片 3.导条
6.刀杆

5. 刀具试验过程

在试验刀具完成到位后，立即组织刀具试验，在第一次按照原参数和寿命试验，正常达到原强制换刀寿命后，为进一步挖掘刀具潜力，尝试开展极限寿命试验，从试验结果来看，刀具寿命有一定程度提升。

具体试验情况见表2。

新转位刀具特点如下：

(1) 刀杆采用高强度合金钢代替普通钢管精制而成，强度提升50%，刀杆成为可反复使用的耐用品。

(2) 采用2段30mm磨制高精

表2 新刀具试验情况

试验次数	线速度 /m·min ⁻¹	进给 /mm·min ⁻¹	实际寿命孔	换刀原因	最大磨损/mm
试验1	85	240	100	强制换刀	0.42
试验2	85	240	125	刀片磨损严重	0.55
试验3	85	240	131	刀片轻微崩刃	0.76
试验4	85	240	124	刀片磨损严重	0.50
试验5	85	240	123	刀片磨损严重	0.52

度硬质合金导条，保持加工过程中刀具支撑和平衡，利用导条自导向后续加工，保证深孔具有较好的孔径和直线度。

(3) 采用3片带有复合TiAlN涂层、断屑槽可转位刀片组成主切削刃，耐磨性更好，错齿式布置，将26mm内铁屑分为6段，相比原枪钻4段，铁屑更短，加之刀片前有压制断屑槽，更有利于排屑。

具体刀具及切削部位如图6所示。

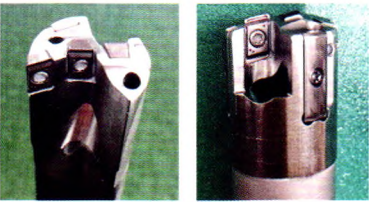


图6 优化后转位刀具及切削部位

6. 持续改进

在试验取得初步成功后，继续对刀片存在微崩的异常情况进行分析，排查发现，该深孔在中间部位有一个φ10mm相贯孔和底部贯穿孔，加工至该部位时存在破孔和单边切削冲击，通过对NC程序优化，采取分段式进给。通过对使用后刀片观察发现，刀片失效形式正常。

结语

新可转位刀片式枪钻，经过半年时间合计201次的换刀验证，平均寿命达到118孔，未出现过断刀，杜绝了因断刀问题造成的工件报废。同时可转位刀片装调方便快捷，省去修磨环节；加工节拍也由之前的69.5s降至59.5s，单台刀具消耗成本节省约1.05元，提效降本明显。详见表3。

后续将进一步推广应用可转位刀片式枪钻成果。

表3 改进前后效果对比

项目	改进前	改进后	改善效果
刀具方案	焊接枪钻	可转位刀片+机夹刀杆	调整方便快捷 库存占用空间少
使用后刀具处理	修磨重复使用	刀片转位或更换	不需要修磨成本
线速度/m·min ⁻¹	85	85	相同
进给/mm·min ⁻¹	240	160/240/260	提升14%
加工时长/s	69.5	59.5	节省10s
刀具寿命/孔	95	118	提升24%