提升发动机缸体挡水孔加工合格率的攻关研究

朱振杰　刘　亨　黄森卯
柳州赛克科技发展有限公司　广西　柳州　545007

摘　要：针对 S15-DHE 缸体 OP110 工位加工合格率连续低于公司 98.5% 管控标准的问题，柳州赛克科技发展有限公司问题攻关小组以现场型课题开展攻关。通过现状调查、症结分析锁定 #319-#320挡水孔钻孔直径超下差为核心问题，经人、机、料、法、环、测六维度原因分析与要因确认，确定刀具刚性差为主要原因。采用 5W1H 原则制定刀具优化对策，将 3 刃钻头改为 4 刃钻头提升加工刚性[1]，最终实现 OP110 工位加工合格率提升至 98.83%，达到并超过预定目标。本次攻关形成了标准化的质量改善流程，降低了生产返修成本，为同类机加工工序质量提升提供了可复制的实践经验。

关键词：缸体加工；OP110 工位；加工合格率；刀具优化；质量改善

引言：2025年1-3月，公司机加工车间缸体工段OP110工位加工S15-DHE机型合格率连续3个月低于公司 ≥ 98.5%的管控标准，其中1月合格率97.2%、2月97.1%、3月97.3%，平均合格率仅97.19%。OP110工位作为缸体加工的关键工序[2]，其加工合格率不达标直接导致产品返修率上升、生产产能受限，严重影响车间整体生产效率与交付能力。本次问题攻关小组研究基于制造工艺刀具优化，提高加工合格率，旨在为同类产品的生产提供技术参考[3]。如图1所示

1 采集数据以及查找症结

1.1 缸体OP110加工工艺图

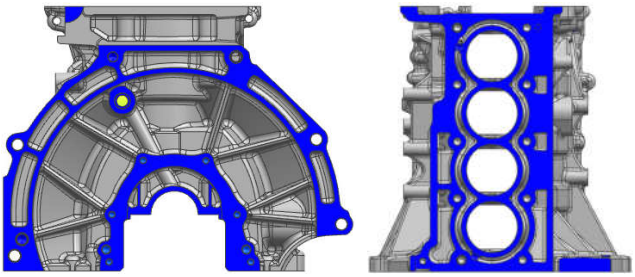


图1 缸体OP110加工示意图

1.2 核心症结改善测算

小组对S15-DHE缸体OP110工位加工缺陷类型进行统计，运用柏拉图（图2）分析得出，#319-#320钻孔直径超下差占所有缺陷的64.71%，为导致合格率不达标的核心症结。经理论测算：改善前超差率为2.81%（1-97.19%），若将#319-#320钻孔直径（图3）超下差问题解决90%，则改善后超差率为2.81%-2.81%×64.71%×90% = 1.64%，对应加工合格率为98.36%，接近98.5%标准；若解决效果略有提升，即可实现合格率 ≥ 98.5%的目标。结合现场改善的可操作性，小组判定该目标具备充分的可行性。



图2 缸体OP110不良品柏拉图

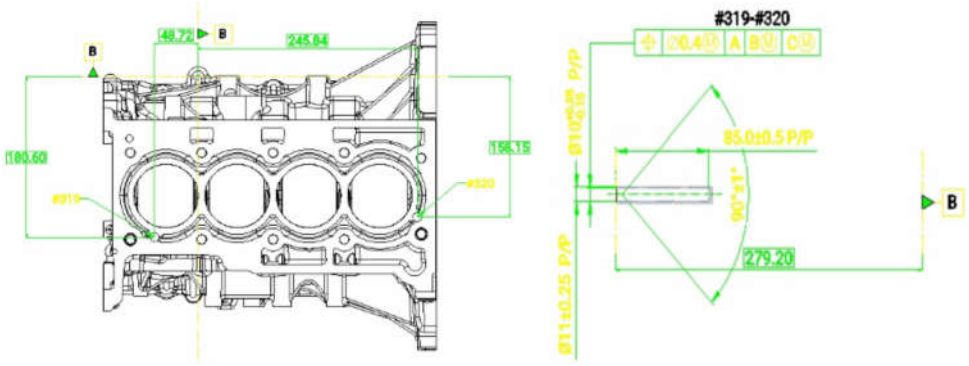


图3 缸体OP110孔#319/#320工艺图

2 现场调查

现场分析故障件，水套挡板放入孔内一定深度后卡滞，无法放到底部，这样会影响缸体冷却效果-耐久性问题，查看故障件机床加工无集中性。

3 要因分析确认

关键因子X1

现场确认故障件加工刀具存在刃口磨损、涂层剥落现象[4]，孔底呈椭圆状（如图4），测量刀具实际直径低于设计最小值 φ9.85mm（如图5），使用超差刀具加工的零件全部不合格，合格刀具加工零件均合格。

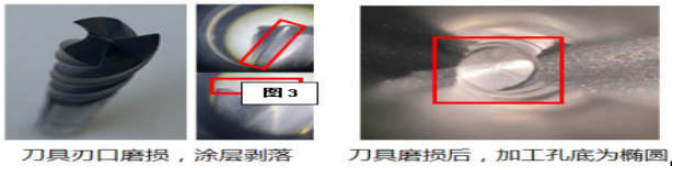


图4 孔底呈椭圆状

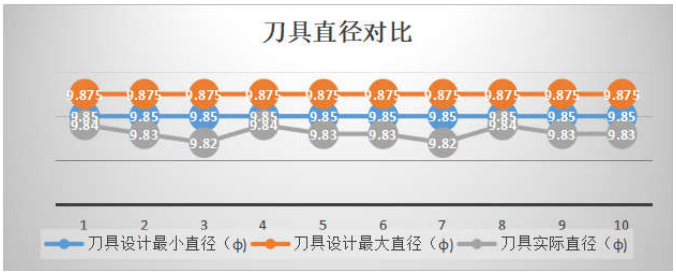


图5 刀具直径对比

表6 #319–#320 钻孔直径

#319-#320钻孔直径测量结果对比表					
序号	1	2	3	4	5
合格直径刀具	OK	OK	OK	OK	OK
直径超下差刀具	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK

经全面验证得出结论：刀具刚性差是问题要因，刀具刚性差是导致 S15-DHE 缸体 OP110 工位#319-#320 钻孔直径超下差，进而造成加工合格率不达标的唯一主要原因（如图表6）。

针对刀具刚性差这一主要原因，小组再次召开头脑风暴会，遵循5W1H原则制定针对性、可落地、可验证的改善对策，明确对策目标、具体措施、责任人和完成时间，具体对策如下（如图表7）。

表7 #319–#320 钻孔直径超下差

序号	要因	对策	目标	责任人	完成日期
1	刀具刚性差，缸体OP110-T10539刀具侧刃磨损，刀具磨损后加工受力不均匀让刀（该刀具为3刃平头钻，无钻尖加工无定心，刀具加工刚性差），导致#319/#320孔直径超差	T10539刀具优化：由当前3刃钻头优化为4刃钻头，增加刀具加工刚性	#319/#320孔直径超差数量由每月11件降到1件	ME李星磊 MS黄森卯	2025.4.30

4 对策实施

小组按既定对策于 2025 年430日前完成 T10539 刀具的优化改造，核心实施内容为将原 3 刃平头钻优化为 4 刃钻头（如图8），通过增加刀刃数量提升刀具整体刚性，同时新增钻尖结构实现加工过程中的定心效果，减少刀具切削时的受力不均问题，从根源上解决刀具磨损过快、孔径加工超下差的问题。

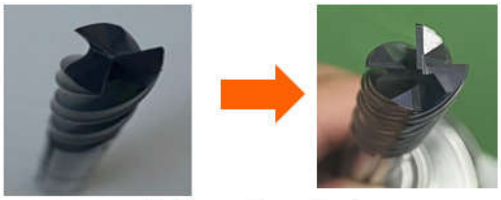


图8 3 刃平头钻优化为 4 刃钻头

刀具优化完成后，小组对新刀具进行现场试切验证，确认刀具安装适配、切削状态稳定，无明显磨损与加工偏差后，正式在 OP110 工位批量投入使用。

5 效果跟踪

5.1 缺陷结构改善效果

经过团队攻关措施实施后，统计5月到7月缸体OP110加工超差率，措施实施后跟踪两个症结缺陷数量明显下降，症结攻关效果如下:（如图9）



图9 缸体OP110加工超差统计柏拉图

柏拉图分析显示，对策实施后 OP110 工位加工缺陷结构发生明显优化，#319-#320 钻孔直径超下差不再为主要缺陷，各类缺陷占比均匀且整体占比显著降低，OP110 工序加工质量稳定性大幅提升[5]。(如图10)

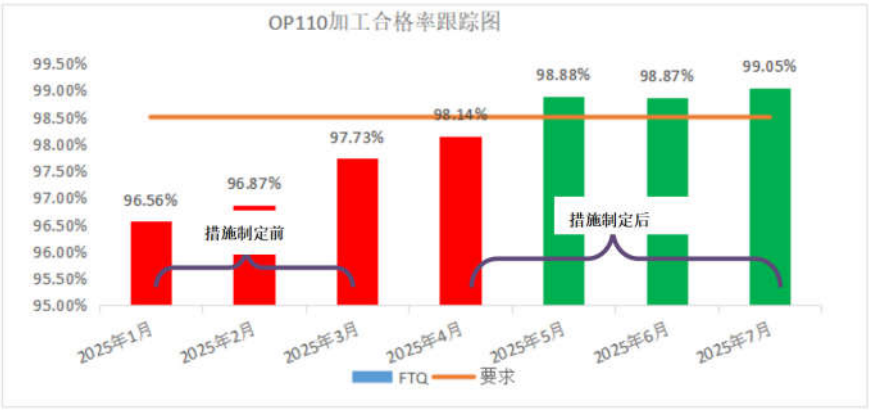


图10 OP110加工合格率跟踪图

5.2 经济效益分析

经过团队3个月持续努力，从以上数据统计图表可以看出,缸体OP110 攻关后加工合格率达到97.19%+2.83%×64.71%×90%（计算改善量）=98.86%，达到攻关目标。

经济效益计算如下：

返修节约效益 = 2200分钟(返修用时）x12个月x 26.77元（每小时工资）x2人（返修人数）÷60秒 = 23.55万元/年

结束语

优化刀具结构，将三刃钻头优化为四刃钻头，增加刀刃数量提升刀具整体刚性，同时新增钻尖结构实现加工过程中的定心效果，减少刀具切削时的受力不均问题，从根源上解决刀具磨损过快、孔径加工超下差的问题，从而保证加工零件尺寸合格，产品加工合格率从平均97.19%提升至98.86%,达成问题攻关的目标。

参考文献

[1]余宗宁，刘明东，周利平。新型可换头钻头的结构优化研究与试验验证 [J]. 工具技术，2021,55 (08):4549.

[2]石峰，胡豪，刘增凯，等。柴油机缸体异型结构共线复合加工 [J]. 农业工程与装备，2022,49 (06):4245.

[3]区云锋，蒙旭喜，韦小康。发动机缸体缸孔加工质量稳定性提升 [J]. 时代汽车，2023 (13):142144.

[4]张松，李凯，王朋。可转位浅孔钻螺旋容屑槽结构优化及实验研究 [J]. 现代制造工程，2024 (11):96102.

[5]姜楠，李聪波，凌青海，等。考虑圆度与能耗的汽车发动机缸孔镗削加工集成优化方法 [J]. 制造技术与机床，2025 (12):4149.