

油膜水滴加工液的磨削性能*

王爱玲

(华北工学院机械工程系 太原 030051)

魏源迁

(北京工业大学机电学院 北京 100022)

祝锡晶 王俊元 吴秀玲

(华北工学院机械工程系 太原 030051)

摘要: 21 世纪是追求绿色加工与零排放生产的时代, 这要求改善作业环境、节省能源和降低生产成本。传统的机械加工, 大量循环使用有毒有害的加工液并大量排放加工废液, 不仅造成对环境的污染和操作人员健康的危害, 而且加工废液是较难处理的一种污水, 增加了企业及社会的负担。为了彻底改变这种现状, 应用油膜水滴加工液替代传统加工液, 并在数控平面磨床上进行了磨削加工试验, 对它的磨削性能和适用性进行了考察, 证明该方法是可行的。

关键词: 油膜水滴 加工液 零排放 喷雾加工 磨削试验

中图分类号: TG580

0 前言

通常, 为了对金属等材料进行高效、高精度加工, 大量循环使用传统加工液以达到冷却、润滑和洗净效果。然而, 重视经济、环境和社会效益的今天, 这种使用传统加工液的方式亟需改进。综合考虑加工对象和加工条件, 为使可供选择的加工液的形态具有多样化, 新型生态加工液的研究开发就变得十分迫切且必要。迄今为止, 干加工、最小量润滑的接近干加工、冷风加工以及微量油雾、微量水雾、微量油膜水滴 OoW(Oils on water)和复合喷雾的半干加工等, 使用少、无生态加工液替代传统加工液^[1~8], 具有改善环境、节省能源、降低加工成本, 保证或提高加工精度、延长刀具寿命等的优点。随着中国《清洁生产促进法——工业生产须对环境的影响最小》法律于 2003 年的正式实施, 今后 10 年内, 环境改善型、对应型(适应型)和自适应型加工与制造方法和技术, 必将成为我国制造业发展的主流方向。

作为传统加工技术的替代手段, 新的生态加工液应以考虑润滑和冷却为重点, 并使用冷风(无添加剂)、微量可自然降解油剂(植物油和酯油)和少量水

(无添加剂), 经冷风喷雾法形成新形态的加工液(对环境零负担)。具体做法是将油脂化学、界面化学、环境化学与机械加工交叉结合, 采用雾化化小水滴表面吸附有可自然降解油膜的 OoW 加工液, 在数控平面磨床上, 进行了替代传统磨削液如乳化液和可溶液的磨削性能试验, 并考察了其润滑和冷却效果。

1 试验方法

图 1 所示为 OoW 加工液的供给方法示意图。使用冷风、微量可自然降解油剂和微量水, 共用一个特殊多段式喷嘴, 使油剂和水在喷嘴腔内充分雾化。因为油的亲水特性, 无数油分子会吸附在雾化化小水滴表面并形成一薄层油膜, 即油膜水滴(OoW)^[7,8]。当 OoW 形成后, 又经冷风吹到工件和加工工具表面上, 水滴和冷风不仅起到冷却和洗净作用, 而且担当起运送油膜的作用。此外, 水还起灭烟作用和降低因高速生产而引起火灾的危险。由于水滴表面油膜的扩张性, 使最初到达活性很高的工件新生面和工具表面上的油膜, 起充分润湿和减摩作用, 从而可产生良好的润滑效果。又由于可自然降解油剂和水的使用量为微量, 残留在工件表面上的微量水会被加工产生的热带走或蒸发掉, 而微量油膜起润滑和防锈作用, 故而可实现加工废液的零排放。由此可知, OoW 是在使用过程中形成的, 无需循环使用, 对环境无负担。

* 山西省重点技术创新(MH20030216)、山西省自然科学基金(20040202JJ)、教育部留学回国人员科研启动基金(20030014)、北京市留学人员科技活动择优资助基金(200301)和北京市优秀人才专项资金(2003001)资助项目。20040409 收到初稿, 20040925 收到修改稿

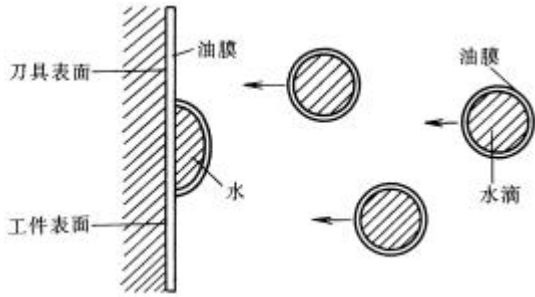


图 1 油膜附水滴(OoW)加工液的示意图

图 2 所示为 OoW 加工液磨削原理图。OoW 加工液是由无数吸附有微量油膜的极微小水滴形成，经冷风吹到磨削区，砂轮外周面(磨粒、结合剂、气孔部分)和工件表面(被磨削面和已磨削面)被充分湿润，当磨粒通过磨削点(区)时，便能产生良好的润滑效果、冷却效果、被磨削面的防锈和保护效果。

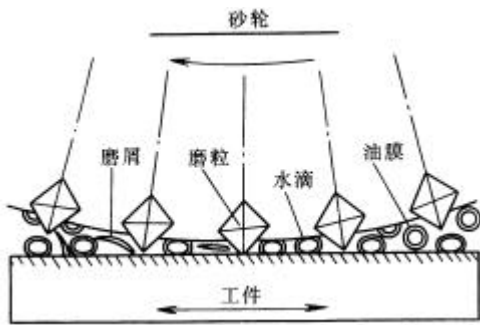


图 2 OoW 加工液的磨削原理图

试验设备选用数控精密平面磨床，磨削加工试验装置如图 3 所示，工件固定在八角形测力环上，测力环放置在磁力工作台上；当磨削加工时，砂轮高速运转，磨削液通过喷嘴喷射到磨削区，磁力工作台随进给工作台往复运动，根据设定的切入量和总磨削量及磨削条件，完成磨削试验任务。磨削试验条件和磨削液种类如下所列。因此，在数控精密平面磨床上，以切入磨削方式，进行 OoW 加工液

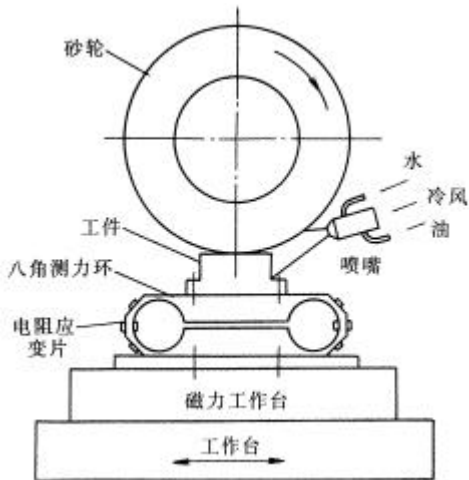


图 3 试验装置图

与乳化液、可溶液及微量水雾和微量油雾加工液的磨削加工比对试验，并测量磨削力、表面粗糙度、上升温度和磨削比。工件材料为铬钢 SCM435 和不锈钢 SUS304，尺寸为 50 mm×30 mm×40 mm。

磨削液种类如下。

1. 乳化液
2. 可溶液
3. 水雾
4. 油雾 (菜油类, 运动粘度 η 7.6 mm²/s)
5. 油膜水滴 (菜油类, 运动粘度 η 7.6 mm²/s)
6. 油膜水滴 (菜油类, 运动粘度 η 3.2 mm²/s)
7. 油膜水滴 (硫磺系添加物, 多硫化物)
8. 油膜水滴 (酯油类 + 2% 硫磺系添加剂)
9. 油膜水滴 (酯油类 + 2% 磷酸系添加剂)
10. 油膜水滴 (玉米油为主, 含界面活性剂)
11. 油膜水滴 (玉米油为主, 不含界面活性剂)
12. 油膜水滴 (色拉油)

磨削试验条件如下。

砂轮类型：WA46HV(f 305mm × 38 mm)

砂轮转速 n_s ：1 800 r/min

工作台进给速度 v_f ：0.16 m/s

砂轮粗、精修锐：10 μ m/次, 位置自动校正

乳化液或可溶液体积流量 q_v ：600 L/h

植物油或酯油流量 q_v 、压力 p ：10 mL/h, 1.5 MPa

水体积流量 q_v 、压力 p ：1.2 L/h, 0.3 MPa

冷风体积流量 q_v 、压力 p ：120 L/min, 0.5 MPa

2 试验结果考察

图 4、5 所示为在磨削进给量 1 μ m、总磨削深度 100 μ m 时所测的工件被磨表面上升温度和表面粗糙度结果。由图 4 可知，乳化液 1 和可溶液 2 的冷却效果最佳，其供液流量分别是 OoW 加工液的 500 倍，工件能全部充分地湿润；酯油类 OoW 加工液 8、9 中分别含有 2% 的硫磺系和磷酸系添加剂(具有减摩效果等)，也能获得较好的冷却效果；SUS304 与 SCM435 相比，粘性高、易造成砂轮磨削面堵塞，故温度上升较高。又由图 5 可知，所有的 OoW 加工液与乳化液 1、可溶液 2 和微量水 3 相比，使被磨工件能获得较低的表面粗糙度值(加工精度高)；微量油 4 与 OoW 加工液的结果相近，因为油剂是最先到达加工点(区)而产生润滑作用；OoW 加工液 7 的主要成分是硫磺系添加物、多硫化物，具有减摩作用，能获得最低的表面粗糙度值。

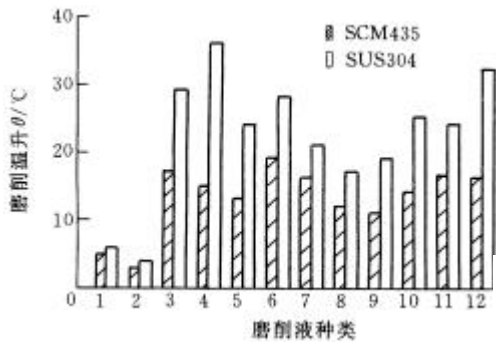


图 4 磨削温升的比较

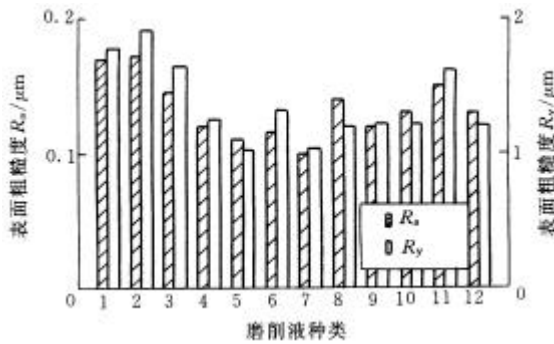


图 5 被磨工件表面粗糙度的比较 (SCM435)

图 6、7 所示为在磨削进给量 $1\ \mu\text{m}$ 、总磨削深度 $30\ \mu\text{m}$ 时所测的磨削力的结果：可溶液 2 和 OoW 加工液 6 的磨削力最小。其中，切向分力，微量油 4 和 OoW 加工液 7 最小、微量水 3 最大，OoW 加工液 5、6 和 8~12 与乳化液 1 和可溶液 2 大致相当；法向分力，可溶液 2 和 OoW 加工液 6 最小。还可以看出，菜油类 OoW 加工液 5 和 6，运动粘度较低的 6 具有较高的润滑性，故其磨削力最小。

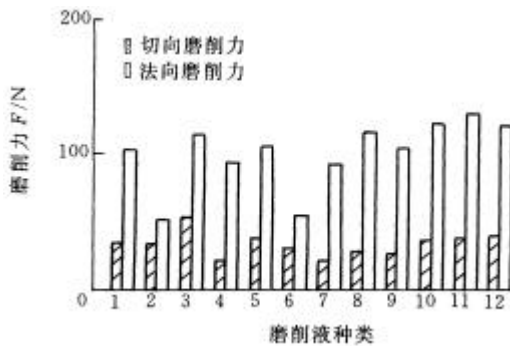


图 6 磨削力的比较 (SCM435)

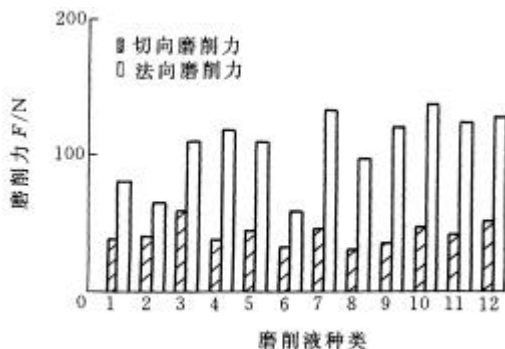


图 7 磨削力的比较 (SUS304)

图 8 所示为在磨削进给量 $5\ \mu\text{m}$ 、总磨削深度 $0.5\ \text{mm}$ 时所计算的磨削比的结果。由图可知，由于油剂的高润滑性能，植物油类微量油 4 和 OoW 加工液 5、6、10~12 可获得较高的磨削比，其中微量油 4 的最高；同理，酯油类 OoW 加工液 8、9(含添加剂)与乳化液 1 和可溶液 2 的磨削比大致相当，但比未加添加剂的 OoW 加工液的要低，可能添加剂的加入会对油膜的形成产生某种影响；最低的是微量水 3，因为水的润滑性最差，而且水的冲击作用易使砂轮磨削面上的磨粒脱落，就会导致砂轮磨削面产生微裂纹所致；乳化液 1 和可溶液 2 的主要成分是水，也是获得低磨削比的原因。

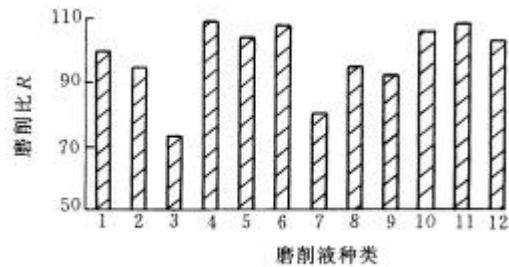


图 8 磨削比的比较 (SCM435)

如图 9 所示为 OoW 中菜油和水的质量分数 w 的变化对主轴能量消耗的影响。可见当 w 由 0 增加到 1.0% 时，能量消耗明显减少，表明润滑性能改善。当 w 由 1.0% 增加到 2.5% 时，变化不大，表明润滑效果稳定，也是最佳 w 范围。当 w 由 2.5% 增大到 3.0% 时，能量消耗逐渐增大，表明润滑性能逐渐减弱。

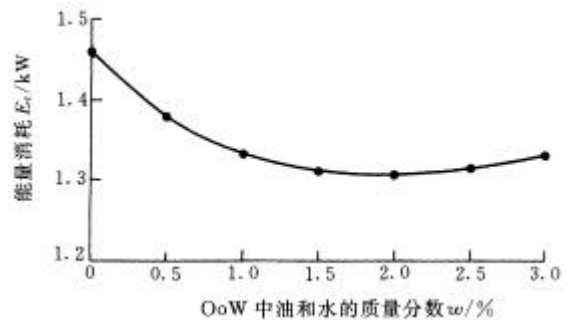


图 9 OoW 的质量分数对主轴能量消耗的影响

3 结论

为改善生态环境和实现生产工厂的零排放，从源头上彻底消除传统水溶性加工液的使用，节省能源和降低生产成本以及提高加工质量和延长刀具寿命，从经济可持续发展的观点出发，并以考虑润滑和冷却效果为重点，对适用于磨削加工的 OoW 加工液的磨削性能进行了试验研究。试验结果表明：虽然 OoW 加工液的冷却性能不及传统加工液如乳化液和可溶液，却具有良好的润滑性能，在提高加

工精度和砂轮寿命方面具有明显的优势，达到传统加工液同等及以上的性能，因而可适用于磨削加工。由此可知，OoW 加工液的使用具有优良的加工性能，是一种改善环境的生产技术，将有利于促进传统机械加工行业的技术改造及机床产品的升级换代，具有巨大的经济、社会和环境效益。

参 考 文 献

- 1 Yokogawa M, Yokogawa K, Honoma H. Study of environmentally conscious CBN cooling-air grinding technology Int. J. of JSPE, 1997, 31(3) : 187~192
- 2 Makiyama T. Advanced Near Dry Machining System. In : The 4th NCMS Fall Workshop Series, 2000 : 1~26
- 3 Specials : Man and environment friendly machining technology. Journal of JSAM, 1999 , 43(1) : 15~21
- 4 Specials : Environmentally benign cutting, grinding and lapping technologies. Journal of JSAM, 2002 , 46(9) : 424~444
- 5 Specials : Research tendency of eco-machining. Journal of JSPE, 2002, 68(7): 885~923
- 6 宋宏文. 薄壁不锈钢零件冷风加工探讨. 机械工程师, 2002(8) : 25~26
- 7 Nakamura T, Matsubara T, Itoigawa F, et al. Study of environmentally conscious machining fluids of minimum oils on water. Proceedings of JSPE 1999 Vernal Meeting, Tokyo, 1999 : 550 (in Japanese)
- 8 Wei YQ, Qian Y, Nakamura T, et al. Study on the new grinding fluids of oils on water. Journal of Donghua University (English Edition), 2003, 20(3) : 16~18

GRINDING PERFORMANCES OF THE MACHINING FLUIDS OF OILS ON WATER

Wang Ailing

(Department of Mechanical Engineering, North China University of Science & Technology, Taiyuan 030051)

Wei Yuanqian

(Department of Mechanical Electronic, Beijing University of Technology, Beijing 100022)

Zhu Xijing Wang Junyuan Wu Xiuling

(Department of Mechanical Engineering, North China University of Science & Technology, Taiyuan 030051)

Abstract : The 21st century is such an age in which the factories pursue for eco-machining and zero-emission production. Clearly, it is necessary to improve work conditions, save energy consumption and decrease operation costs. As far as mechanical machining, there exists a status of the maximal cycling use and emission of the traditional machining fluids harmful to operator health and production environments, in which the waste fluids are not only hard to dispose but also some economic burden to enterprises. To improve this status, the traditional machining fluids are substituted by the new machining fluids of oils on water (OoW), and many grinding experiments on a NC plane grinder are carried out and the grinding performances and applicable feasibilities are investigated, this method is possible.

Key words : Oils on water (OoW) Machining fluids

Zero-emission Spraying processing

Grinding experiments

作者简介：王爱玲，女，1943 年出生，教授、博士生导师，山西省“先进制造技术”重点实验室主任，享受国务院政府特殊津贴的专家，国家教授成果奖获得者。获得省部级科技成果奖 10 余项，发明专利数项，发表论文 90 余篇，培养研究生、博士生 70 余人，出版教材、专著 10 余种。研究方向为绿色生态技术、数控技术、CAD/CAM 及企业信息化。

E-mail:wal@ncust.edu.cn