

一种磷氮类添加剂作为新型极压抗磨剂的研究*

夏延秋¹, 王 丹³, 张 剑¹, 刘维民², 薛群基², 马先贵³, 丁津原³

(1 沈阳工业大学机械学院, 辽宁 沈阳 110023;

2 中国科学院兰州化学物理研究所固体润滑国家重点实验室, 甘肃 兰州 730000;

3 东北大学机械与自动化学院, 辽宁 沈阳 110006)

摘要: 合成了烷氧基磷酸盐, 并与硫化异丁烯对比, 考察了其作为 500SN 添加剂的极压抗磨性和热稳定性。结果表明, 其极压抗磨性和热稳定性优于硫化异丁烯; 以烷氧基磷酸盐为主剂配制的齿轮油极压抗磨性超过了国内外同类油品。

关键词: 烷氧基磷酸盐; 极压抗磨剂; 热稳定性

中图分类号: O 623 626

文章标识码: A

文章编号: 1004-0595(2000)01-0070-03

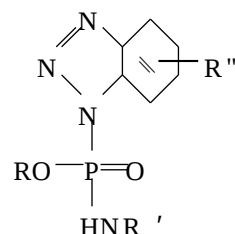
近年来, 随着机械设备向着高速、重载和微型化方向发展, 机械设备对润滑油的极压抗磨及热稳定性要求也越来越高, 为了适应机械设备对润滑油的要求, 国内外都在研究和发展高性能的极压抗磨添加剂。磷氮类添加剂及其配伍性的研究由来已久^[1~9], 业已发现, 含磷添加剂的极压性和热稳定性不如含硫添加剂, 但含磷添加剂的低温抗磨性优于含硫添加剂, 因此通常可通过齿轮润滑油中的硫剂与磷氮剂复配来获得所要求的极压抗磨性能。我们合成了烷氧基磷酸盐添加剂(以下简称 AOP), 并评价了其极压抗磨和热稳定性, 证明其极压抗磨性和热稳定性完全超过王牌硫剂——硫化异丁烯(简称 SO), 以烷氧基磷酸盐为主剂配制的齿轮油与以相同含量的硫化异丁烯为主剂配制的齿轮油相比, 其极压抗磨性及防腐防锈性等指标已达到了国内外含硫复剂配制的齿轮油

时抗磨损试验(载荷 450 N, 时间 30 min)来评定

表 1 500SN 的理化性能

Table 1 Typical properties of 500SN

Item	Value
Viscosity/mm ² · s ⁻¹ (40 °C)	95~107
Viscosity index	≥95
Flash point/°C	≥235
Pour point/°C	-5
Acid value/(mg KOH)	≤0.15
Residue carbon/%	≤4.0



(1)

1 试验部分

添加剂的极压抗磨性评价在四球摩擦磨损试验机上进行, 试验机转速为 1 410 r/min, 试验材料选用上海钢球厂生产的 GCr15 钢球, 硬度为 61~63HRC, 钢球直径 12.7 mm; 热分析试验在 PERKIN-ELMER 型热分析仪上进行。基础油选用 500SN 石蜡基矿物油, 其性能见表 1, 所用添加剂为烷氧基磷酸盐, 其分子结构见式(1)。

试验中添加剂的添加量分别为 1.0%、3.0%、5.0% (以质量分数计), 通过 p_B 、 p_D 值的测定以及长

AOP 和 SO 的极压抗磨性能

2 试验结果与分析

图 1 是 AOP 与 SO 的抗卡咬特性, 可以看到, 添加 1.0% 的 AOP 后, p_B 值达到 1 350 N; 而加入等量的进口或国产 SO 时, 相应的 p_B 值分别为 800 N 和 700 N, 大大低于 AOP 的 p_B 值; 随着添加量的增加, p_B 值都相应提高, 当加入 3% 和 5% 的 AOP 添加剂时, p_B 值分别达到 1 350 N 和 1 430 N, 而 SO 的 p_B 值仅为 1 000 N 和 1 150 N。图 2 给出了 AOP 与 SO

* 基金项目: 国家杰出青年基金资助项目(59825116)。

1999-10-07 收到初稿, 1999-12-10 收到修订稿/本文联系人夏延秋

夏延秋 男, 36 岁, 副教授, 博士, 主要从事润滑油添加剂及摩擦化学研究

的 p_D 值可见, 添加 1.0% 的 AOP 时, p_D 值与 SO 相同, 均为 3 500 N; 而加入 3% 和 5% 的 AOP 添加剂

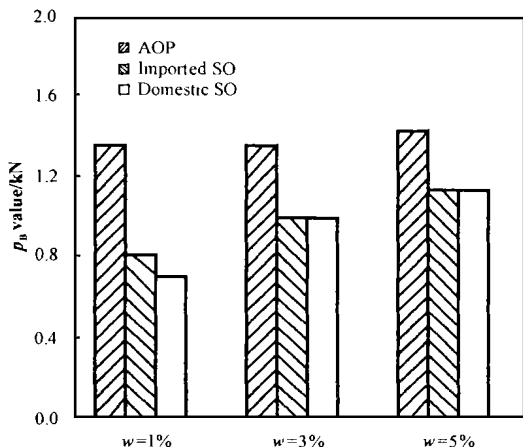


Fig 1 p_B value with additive content

图 1 抗咬合值随添加剂含量变化图

时, p_D 值分别为 6 200 N 和 8 000 N; 相应的 SO 的 p_D 值只有 5 000 N 和 6 200 N, 比 AOP 的 p_D 值低

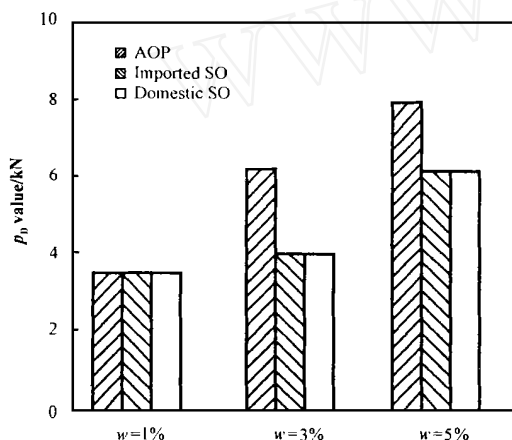


Fig 2 p_D value with additive content

图 2 抗烧结值随添加剂含量变化图

1 个级别, 可见 AOP 是一种非常有效的极压剂, 其极压性能超过 SO.

图 3 比较了 AOP 与 SO 的抗磨损性能. 可以看到加入 1.0% 的 AOP 与加入 1.0% 的 SO 的磨斑直径分别是 0.40 mm 和 0.52 mm, 而分别加入 3.0% 和 5.0% 的添加剂进行对比试验发现, AOP 润滑下的磨斑直径都低于 SO 润滑下的磨斑直径, 降低幅度达到 24%~47%.

由以上结果可见, AOP 极压抗磨性全面超过 SO, 完全可替代 SO 而作为优良的极压抗磨添加剂

图 4 示出了 AOP 和 SO 的 TGA 试验结果. 结果表明, AOP 的热稳定性超过 SO 的热稳定性, 其热分

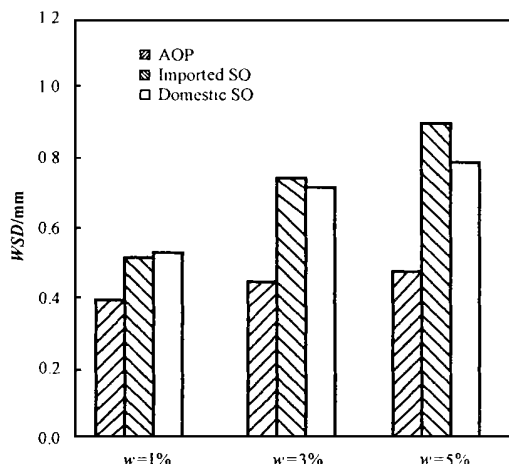


Fig 3 Wear scar diameter with additive content

图 3 磨痕直径随添加剂含量变化图

解起始温度比 SO 高 10 左右, 当温度达到 250 时, SO 全部分解, 而 AOP 仅分解 60%, 可见 AOP 的热稳定性优于 SO.

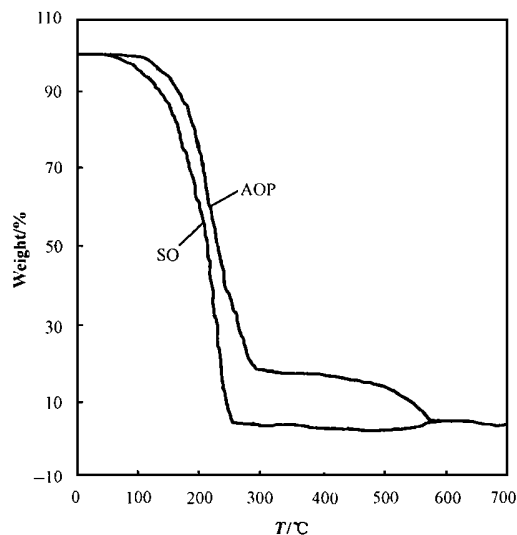


Fig 4 TGA curve of AOP and SO

图 4 AOP 与 SO 的热分析对比曲线

为了检验 AOP 添加剂与其它添加剂的配伍性, 以 500S N 为基础油配制了齿轮油, 其性能评价结果见表 2 可见, 在防腐和防锈性能完全合格的基础上, 其极压抗磨性全面超过了国产和进口复合剂配制的齿轮油

表 2 齿轮润滑油性能比较

Table 2 Properties of several gear lubricants

Additive	Concentration w %	p_B/N	p_D/N	WSD/mm	Corrosion 121 /3 h	Rust (A/GB/T 11143-89)	Taste
AOP	3.0	1 280	6 200	0.35	1a	No	No
Synthesized	5.0	1 350	8 000	0.35	1a	No	No
L Z6044B	3.0	1 140	4 000	0.50	1b	No	Yes
	5.0	1 200	5 000	0.63	1b	No	Yes
Imported	3.0	950	3 150	0.46	1b	No	Yes
additive	5.0	1 140	3 150	0.39	1b	No	Yes

3 结论

AOP 的极压抗磨性和热稳定性优于 SO, 由 AOP 为主剂配制的齿轮油各项指标完全超过国内外同类油品, 是一种应大力推广的极压抗磨添加剂

参考文献:

- [1] Mehmedbasich E. Phosphate ester amine salts[P]. US Patent 3702757, 1971-11-14
- [2] Miller C O. Nitrogen and phosphorus-containing compositions [P]. US Patent 4014803, 1977-3-29
- [3] 王汝霖. 润滑剂摩擦化学[M]. 北京: 石化出版社, 1994, 214~244
- [4] 任天辉, 薛群基. 含氮杂环化合物及其衍生物用作多功能润滑油添加剂的研究发展现状[J]. 摩擦学学报, 1994, 14(4): 370~381
- [5] 刘维民, Klaus E E, Duda J L. 聚乙烯醇及磷酸酯气相下氮化硅的摩擦特性研究[J]. 摩擦学学报, 1998, 18(2): 108~112
- [6] 乔玉林, 方学敬, 党鸿辛. 一些磷氮型极压抗磨添加剂性能的研究[J]. 摩擦学学报, 1995, 15(3): 248~256
- [7] Wei Daping. Future directions of fundamental research in additive tribochemistry[J]. Lubrication Science, 1995, 7: 211~232
- [8] Ren Tianhui, Liu Weinan, Xue Qunji. The effect of molecular structure of N-containing heterocyclic compounds on their wear properties[J]. Lubrication Science, 1993, 5(3): 205~212
- [9] 匡奕九. 含磷添加剂的结构对 GL-5 车辆齿轮油的影响[J]. 润滑油, 1992, 1: 370~381

Study on a new P-N Type Extreme Pressure and Anti-wear Additive

XIA Yan-qiu¹, WANG Dan³, ZHANG Jian¹, LIU Weimin², XU E Qun-ji², MA Xian-gui³, DING Jin-yuan³

(1. School of mechanical Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110023, China;

2. State Key Laboratory of Solid Lubrication, Lanzhou Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;

3. School of Mechanical Engineering, Northeastern University, Shenyang 110006, China)

Abstract: Alkoxyphosphate was synthesized. The extreme pressure, antiwear properties and thermal stability of the synthesized alkoxyphosphate as additive in liquid paraffin were investigated and compared with SO on four-ball machine and Perkin-Elmer thermal analyzer. The results indicate that alkoxyphosphate is effective in improving the antiwear properties and load-carrying capacity of liquid paraffin and has higher thermal stability than SO. The gear oil formulated with alkoxyphosphate as the main component shows better extreme pressure and antiwear properties as compared with the currently available gear oils at home and abroad.

Key words: alkoxyphosphate; extreme pressure and antiwear additive; thermal stability