

热轧超细颗粒钢用环境友好型润滑剂的研究*

乔玉林¹, 徐滨士¹, 小豆岛 明²

(1. 装备再制造技术国防科技重点实验室, 北京 100072; 2. 日本横滨国立大学大学院, 日本 横滨 232-0061)

摘 要: 通过对基础油、油溶性添加剂和固体润滑添加剂的高温(100~500)减摩性能和高温(100~700)承载能力的研究发现: 当试验温度低于 300 时, 基础油菜籽油、油溶性添加剂硫化油脂和磷酸酯的摩擦因数比较低, 但当试验温度大于 300 时, 其摩擦因数都非常高; 固体润滑剂滑石粉在 100~500 时具有较低的摩擦因数, 而非层状固体润滑剂硫酸钠具有非常优异的高温承载能力。以菜籽油为基础油研制的热轧超细颗粒钢添加剂具有低温高摩擦和高温低摩擦特性, 100 时的摩擦因数为 0.31, 700 时的摩擦因数为 0.20。

关键词: 热轧; 基础油; 添加剂; 高温; 摩擦

中图分类号: TH117.2

文献标识码: A

文章编号: 1007-9289(2005)03-0012-04

The Study on Friendly Environmental Lubricants for the Manufacturing of the Ultra Fine Grain Steel by Hot Rolling

QIAO Yu-lin¹, XU Bin-shi¹, Akira Azushima²

(1. National Key Laboratory for Remanufacturing, Beijing 100072 China; 2. Department of Mechanical Engineering and Material Science, Yokohama National University, 232-0061, Japan)

Abstract: The friction-reducing properties and load-carrying ability at high temperature of bases oil, oil-soluble additives and solid lubrication additives were studied. The results showed that the friction coefficients of colza oil, phosphate ester and fatty sulphide are lower, but their friction coefficients become higher at the temperature more than 300 . The friction coefficient of solid lubricant talc is lower from 100 to 500 . The friendly environmental lubricants for the manufacturing of ultra fine grain steel by hot rolling possessed the characteristic of higher friction coefficient at low temperature and lower friction coefficient at high temperature. The friction coefficient was 0.31 at 100 and 0.20 at 700 .

Key words: base oil; additives; high temperature; hot rolling; friction

0 引 言

在热轧工艺过程中, 轧辊处于高温高压摩擦工况下, 表面极易磨损, 导致表面产生凹坑和麻点, 而凹坑和麻点又加剧磨损, 形成恶性循环, 轧辊因磨损而迅速报废。目前, 主要采用耐磨性能好的高速钢轧辊和应用热轧润滑技术二种途径来降低能耗, 提高生产率, 降低轧辊成本和改善带钢表面质量^[1~2]。

日本从 1997 年开始研究在较低温度(700~900) 高压(面压力 2 500 MPa)重载(6 000 t)的条件下

生产 1 μm 以下的超细微粒钢材, 并已初步取得成功, 并将在 2005 年实现工业化生产^[3]。超细微粒钢由于其强度、低温韧性、防腐蚀性能、耐疲劳性能的方面都具有明显的提高, 因此可以广泛应用于汽车工业、建筑机械工业、造船工业等领域。但在较低温度和高压条件下生产超细微粒钢时, 对轧辊与被轧板材之间的高温摩擦因数具有特殊的要求, 即轧辊入口时的摩擦因数在 0.3 左右, 而出口时的摩擦因数在 0.15 左右^[4~7]。目前, 在热轧工艺中使用的各类热轧润滑剂在较低温度下呈现很低的摩擦因数, 而在较高温度下呈现很高的摩擦因数, 如图 1 所示, 与热轧超细微粒钢所希望的高温低摩擦, 低温高摩擦刚好相反, 因此, 要实现热轧超细微粒钢, 必须研究适合热轧超细钢的特殊润滑剂。

收稿日期: 2004-11-11; 修回日期: 2005-01-23

基金项目: *国家自然科学基金资助项目(50235030)

作者简介: 乔玉林(1965-), 男(汉), 陕西佳县人, 博士。

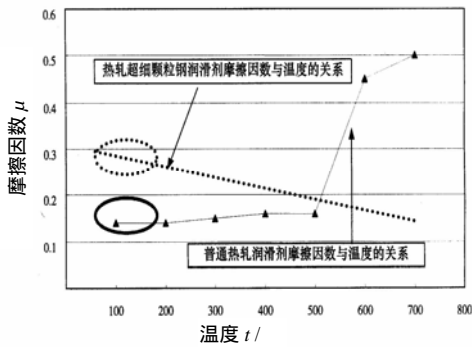


图 1 热轧润滑剂与热轧超细钢用润滑剂的摩擦因数与温度的关系

Fig.1 The relation between temperature and friction coefficient of lubricants for the hot rolling of ultra fine-grained steels

1 试验设备、材料和过程

高温摩擦试验是在德国 Optimol Instrument 公司制造的 SRV 多功能试验机进行的。试验参数为负荷 100 N(最初赫磁负荷 2 100 MPa)，频率 100 Hz，振幅 0.50 mm 和时间 5.0 min，试验温度分别为 20、100、200、300、400 和 500。

SRV 试样 :SRV 试样是由德国 Optimol Instrument 公司根据 SRV DIN/ASTM 标准制造的。试球为 $\phi 10$ mm，试块尺寸为 $\phi 24$ mm \times 7.9 mm。试样表面粗糙度为 $R_z 0.45 \sim 0.65 \mu\text{m}$ ，硬度为 780 HV，其化学组成如表 1 所示。

表 1 SRV 试样的化学组成

Table 1 Chemical composition of ball and disc for SRV testing machine

组成	元 素						
	C	Cr	Mn	P	S	Si	Fe
含量	0.98~			Max	Max.		
w/%	1.10	1.45	0.35	0.025	0.025	0.23	平衡

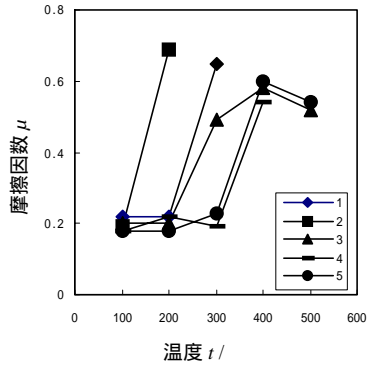
2 试验结果与讨论

2.1 热轧用基础油和添加剂的高温性能研究

由图 2 可见，随着矿物油运动粘度的增大，矿物油呈现高摩擦因数的温度升高，但在 300 以上时，矿物油都呈现很高的摩擦因数。这与矿物油的蒸发点的高低有关系。

一些热轧用基础油、添加剂的高温减摩性能，

如图 3 ~ 图 5 所示。研究发现，当温度低于 300，菜籽油和矿物油的摩擦因数比较低，但在相同试验温度下，矿物油的摩擦因数较菜籽油的摩擦因数高；当试验温度大于 300 时，矿物油和菜籽油的摩擦因数都非常高，但合成油的摩擦因数则较低。



1. 5(mm²/s), 2. 10(mm²/s), 3. 50(mm²/s), 4. 100(mm²/s), 5. 400(mm²/s)

图 2 在 40 时不同粘度的矿物油的高温摩擦因数
Fig.2 The friction coefficient of mineral oils with different viscosity at high temperature

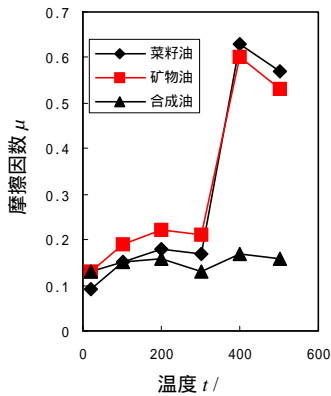


图 3 几种热轧基础油的高温摩擦因数

Fig.3 The friction coefficient of different types bases oils for hot rolling at high temperature

图 4、图 5 显示了油溶性添加剂和固体润滑剂在 400 时的摩擦因数比较低，但在 500 时，除滑石粉外，其余添加剂的摩擦因数都很高，与干摩擦时相类似。硫化油脂和磷酸酯在 300 时具有很低的摩擦因数，而固体润滑剂 MoS_2 在 200 ~ 400 具有非常优异的减摩性能，400 时的摩擦因数为 0.04。

一些固体润滑剂在 700 时的承载能力如图 6、图 7 所示，层状固体润滑剂的高温承载能力从

高到低的顺序是二硫化钼>石墨>云母。非层状固体润滑剂硫酸钠具有非常优异的高温承载能力,比目前常用的碳酸钙的高温承载能力高出 1 倍多。

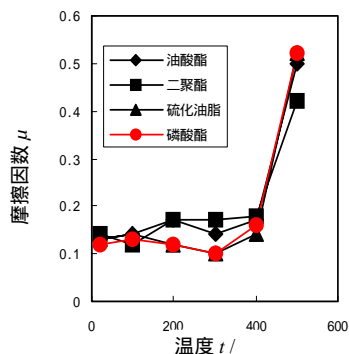


图 4 几种油溶性添加剂的高温摩擦因数

Fig.4 The friction coefficient of oil-soluble additives at high temperature

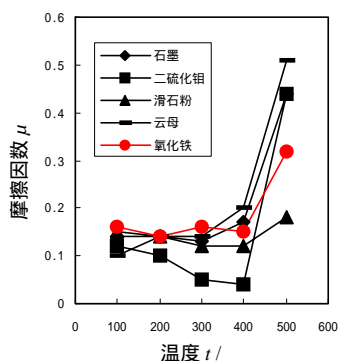


图 5 几种固体润滑剂的高温摩擦因数

Fig.5 The friction coefficient of solid lubrication additives at high temperature

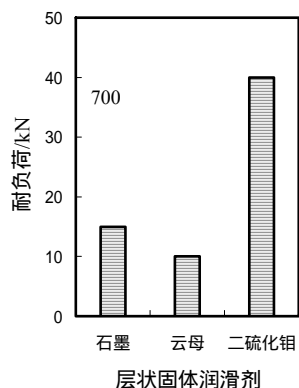


图 6 一些层状固体润滑剂的承载能力

Fig.6 The friction coefficient of lamellar solid lubrication additives at high temperature

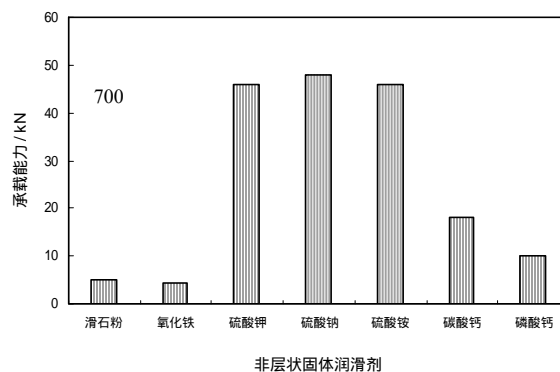


图 7 一些非层状固体润滑剂的承载能力

Fig.7 The friction coefficient of non-lamellar solid lubrication additives at high temperature

2.2 热轧超细颗粒钢用润滑剂的研究

利用固体润滑剂硫酸钠的高承载能力、表面处理的碳酸钙的高温减摩性能,以及硅酸酯和锂基酯的低温增摩作用,通过利用其复合作用,研制了热轧超细微粒钢的润滑剂,其高温减摩性能和抗承载能力如图 8 和图 9 所示。研制的新品具有低温高摩擦和高温低摩擦特性,100 时的摩擦因数为 0.31,700 时的摩擦因数为 0.20,而其高温承载能力也比目前使用的热轧润滑剂的略微高。而研制的新品 1 在 100~700 的范围内,摩擦因数可低至 0.15~0.18 之间,而且承载能力高达 57 kN。新品 1 尽管不符合热轧超细微粒钢的润滑剂必须具有的低温高摩擦和高温低摩擦特性,但其在高温润滑领域具有非常好的应用前景。

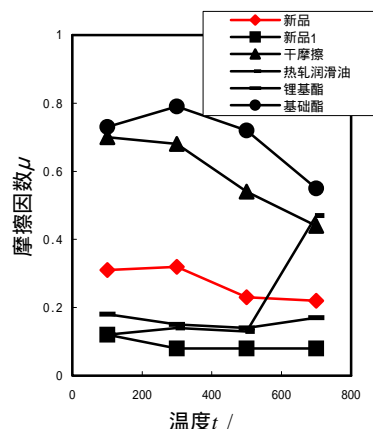


图 8 一些热轧润滑剂的高温减摩性能

Fig.8 The friction-reducing properties of hot rolling lubricants at high temperature

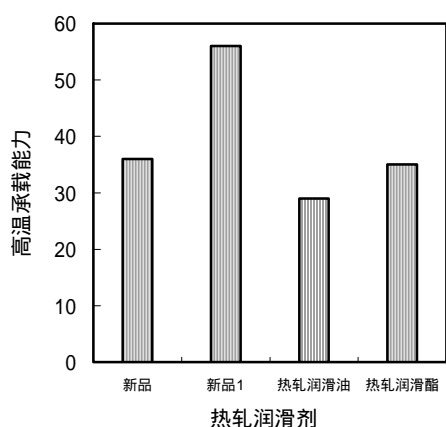


图9 一些热轧润滑剂的高温承载能力

Fig.9 The load-carrying abilities of hot rolling lubricants at high temperature

3 结 论

(1) 当温度不大于 300 , 菜籽油和矿物油的摩擦因数比较低, 当试验温度大于 300 时, 矿物油和菜籽油的摩擦因数都非常高, 但合成油的摩擦因数则较低。

(2) 硫化油脂和磷酸酯在 300 时具有很低的摩擦因数, 固体润滑剂 MoS_2 在 200 ~ 400 具有非常优异的减摩性能, 400 时的摩擦因数为 0.04, 滑石粉 500 时具有较低的摩擦因数。非层状固体润滑剂硫酸钠具有非常优异的高温承载能力。

(3) 研制的新品具有低温高摩擦和高温低摩擦特性, 100 时的摩擦因数为 0.31, 700 时的摩擦因数为 0.20, 而其高温承载能力也比目前使用的热轧润滑剂的略微高。

参考文献:

- [1] Qiao Yu-lin, Azushima, Kita. Effect of additive effects of colza base oil on the coefficient of friction in hot rolling [J]. Current advances in materials and processes. 2003, 2003 (16):1219.
- [2] Qiao Yu-lin, Azushima, Kita. Evaluation of base oil for hot rolling by SRV test machine [J]. Current advances in materials and processes. 2003, 2003 (16):1220.
- [3] Ihara. Study of solid lubricant having excellent anti-seizure and ecological property [C]. Proceedings of the 1st symposium on production technologies for environment-conscious ultrafine-grained steels. 2004: 23-24.
- [4] Ikeda. Characteristics of liquid colloidal lubricants

with solid powder lubricants and inorganic compound [C]. Proceedings of the 1st symposium on production technologies for environment-conscious ultra fine-grained steels. 2004: 21-22.

- [5] Aoki. Evaluation of lubricity of roll and lubricant by SRV test machine [C]. Proceedings of the 1st symposium on production technologies for environment-conscious ultrafine-grained steels. 2004: 15-16.
- [6] Ihara. Study of grease lubricants of hot rolling for ultrafine-grained steels [J]. Current advances in materials and processes. 2003, 2003 (16):1221.
- [7] Ikeda. The high temperature tribological properties of liquid colloidal lubricants with solid powder lubricants and inorganic compound [J]. Current advances in materials and processes. 2003, 2003 (16):1222.

作者地址: 北京丰台区杜家坎 21 号

100072

装备再制造技术国防科技重点实验室

Tel: (010) 66717416

E-mail: qiaoyulin1010@sina.com.cn

•学术动态•

2005 年中国机械工程学会年会将在重庆召开

中国机械工程学会 2005 年年会定于 11 月 6~8 日在重庆召开。大会主题: 新型工业化道路与西部制造产业。会议主要内容有(1)主题报告会 围绕大会主题, 邀请两院院士、知名学者、当地政府官员做关于发展循环经济、建设节约型社会、制造业自主创新、制造业全球化以及区域经济发展等方面的学术报告。(2)专题会议: 01 第 4 届全国生物制造工程学术会议; 02 齿轮传动技术与齿轮制造技术研讨会; 03 集成、高效、精密、绿色生产工程 - 生产工程科技交流论坛; 04 第 9 届工业工程学术年会; 05 第 11 届全国特种加工学术会议; 06 气动控制技术创新和企业发展研讨会; 07 汽车制造工程学术研讨会; 08 时效技术在机械制造业的应用研讨会; 09 变频技术及其在制造领域的应用研讨会; 10 中欧工程教育研讨会。(3)科技进展发布会 (4)表彰奖励 (5)企业参观考察 (6)中国机械工程学会第 8 届理事会第 5 次会议。

主要期限: 接收论文全文截止日期: 2005 年 8 月 15 日, 论文录用通知发出截止日期: 2005 年 9 月 10 日

会议筹备详情请浏览中国机械工程学会网页 <http://www.cmes.org.cn>