

翅片管轧制工艺润滑剂性能特征与配方模式^①

严珩志

(中南工业大学机电工程学院, 长沙 410083)

摘 要 分析了翅片管轧制过程润滑剂性能特征, 从减摩性、冷却性、稳定性等方面综合探讨了润滑剂配方模式, 在此基础上, 研制了一种轧片工艺润滑剂, 该润滑剂各项性能达到了进口同类润滑剂性能水平, 并已用于工业生产, 替代了进口产品。

关键词 轧制 润滑剂 配方模式

中图法分类号 TH117.2

80年代初, 我国还在采用制片、人工或机器套片的方法生产用于大型空调、汽轮机冷却系统的翅片管。该方法生产效率较低, 且生产出的产品由于翅片与铝管表面存在空隙, 热阻较大, 影响了散热效率。80年代末期, 哈尔滨空调股份有限公司、上海江湾化工机械厂、浙江江阴电力设备冷却器厂相继从美国引进了翅片管轧片机。轧片机将铝管坯一次轧制成翅片管, 大大地提高了生产效率, 更重要的是, 轧出的翅片管其翅片与管基体成一体, 大幅度提高了散热效率(较原生产工艺生产的翅片管散热效率提高20%~30%)。在生产效率和产品品质得到提高的同时, 为降低生产成本, 哈尔滨空调股份有限公司率先开始了轧片工艺润滑乳液的国产化工作(此前一直使用美国进口润滑乳液)。该公司起初决定一方面向国内润滑剂生产厂家寻找合适产品, 另一方面依靠企业自身技术力量研制新乳液。此两方面的工作, 由于一方缺乏对塑性加工工艺的了解, 另一方则缺乏对润滑机理及润滑剂的研究, 经过一年多的努力, 未达到预期目的。后来该公司委托中南工业大学机电工程学院进行研究。接受此项科研任务后, 经过半年的研究, 中南工业大学机电工程学院成功地研制出了轧片工艺润滑剂。多项测试结果表明, 其综合性能已达到了

同类进口润滑剂水平。

1 翅片管轧制润滑机理

轧制翅片管时, 在刀片与工件接触的界面间存在两种润滑机制, 其一是: 刀片端面与工件翅片端面间的摩擦属于纯粹的剪切滑动摩擦, 两个端面平行, 其间润滑剂的来源是由乳液在刀片及翅片表面铺展成膜形成的, 润滑剂分子对刀片、翅片表面的吸附能决定润滑效果的好坏。其二是: 刀刃与工件翅片槽间形成一楔形区(如图1所示), 因而存在动力润滑机制。刀刃与工件翅片槽间乳液润滑膜厚数学模型为^[1]:

$$\frac{1}{\alpha} e^{-\alpha \sigma_s} + \frac{b U \eta_0 A}{C_0 \phi d - h_0} \times \ln \left| \frac{1}{2h_0} - \frac{2C_0 \phi d - h_0}{2(C_0 \phi d)^2} \right| - \frac{1}{\alpha} = 0 \quad (1)$$

式中 h_0 —塑变入口油膜厚度, m; σ_s —工件屈服强度, Pa; U —入口区工件、模具表面综合速度, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; η_0 —润滑剂动力粘度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$; A —全油润滑起始点到塑变开始点距离, m; C_0 —乳液浓度, %; ϕ —固体表面对胶团粒子的捕捉率, %; d —胶团粒子直径, m; α —润滑剂粘压系数。

① 收稿日期: 1997-07-15; 修回日期: 1998-12-21 严珩志, 男, 34岁, 研究员

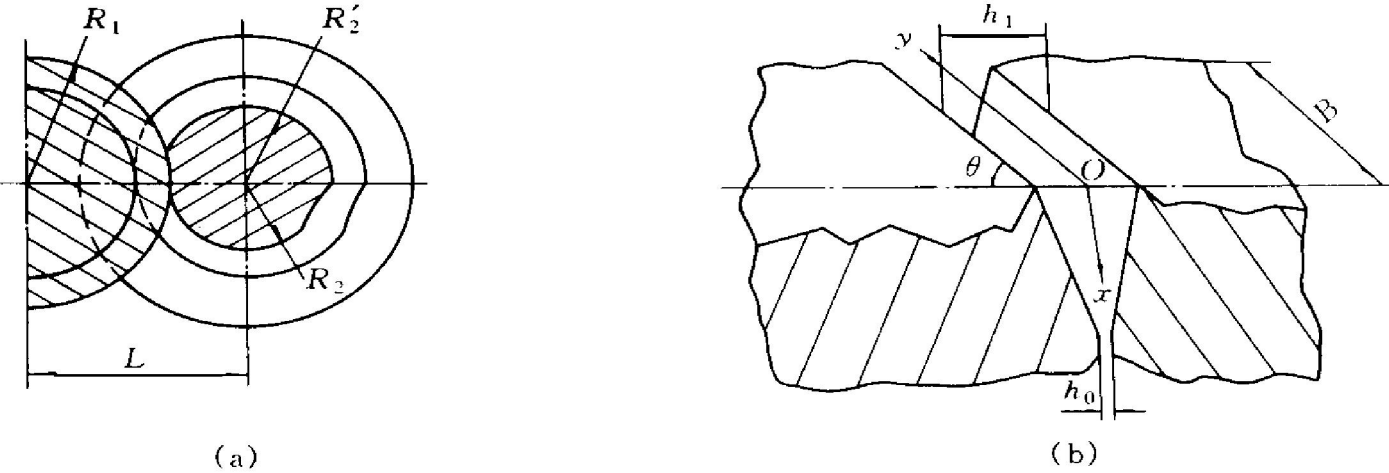


图 1 轧片工作区与楔形区示意图

Fig. 1 Woking region(a) and entrance region(b) of rolling process

在上式中, A 为 h_0 的函数, 故该方程为 h_0 的高阶方程。将各种工艺参数代入上式, 编程计算可得各刀片处膜厚, 其值在 $0.21 \sim 0.23 \mu\text{m}$ 范围内。根据润滑状态膜厚判断准则可知, 翅片管轧制乳液润滑为边界润滑^[1]。

2 润滑剂性能特征分析

从轧片乳液润滑机理分析结果可知: 无论是刀片端面与工件翅片端面间的润滑, 还是刀片刃面与工件翅片槽底面间的润滑均为边界润滑, 也就是说要依赖润滑剂分子吸附膜隔开两固体表面以达到减摩目的^[2]。依据这一结论, 并结合其他工艺要求, 可确定轧片工艺润滑剂的性能特点:

- (1) 具有良好的吸附性能, 满足边界润滑要求, 起到良好的减摩作用;
- (2) 具有良好的离水展着性和润湿性, 以利于形成完整的吸附膜;
- (3) 具有良好的稳定性, 以获得稳定的润滑性能和较长的使用寿命;
- (4) 较好的冷却性。

此外, 轧片润滑乳液还应满足常规性能要求, 如易配制、对人体和环境无害等。

美国进口翅片管工艺润滑剂性能参数见表 1 (摩擦系数由销盘摩擦仪测得)。

表 1 美国进口翅片管工艺润滑剂性能参数

Table 1 Property indexes of lubricant for fin-tube rolling from USA

Index	Parameter	
Friction coefficient	pure oil	0.043 2
	emulsions(20%)	0.088
Oil film strength/ N	pure oil	860
	emulsions(20%)	910
Viscosity/ ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	40 $^{\circ}\text{C}$, pure oil	34.4
Stability(separating ratio of soap or oil from water)	24 h, 15~ 35 $^{\circ}\text{C}$	5%
pH value	emulsions(1%)	8.5
Ratio of working load to specified load		79%

3 配方模式

(1) 从获得良好减摩性角度选择润滑剂成分

考虑加入极性较强的化合物, 以满足边界润滑性要求, 从润滑剂作用类型来说, 应选择减摩性好的油性剂和极压剂。由于工件材质为纯铝, 屈服强度低, 而且润滑剂又为冷却性好的乳液, 塑变及入口区温度不高, 但局部区域又可能出现超过油性剂临界温度的情况, 应在加入能在一般温度下起良好减摩作用的油性剂之外, 还要加入对铝材工件能产生化学吸附和

反应温度较低的极压添加剂, 如硫磷复合型极压剂^[2], 或加入沉积膜型极压剂。

另外, 乳液型润滑剂中乳化剂占较大比例, 且乳化剂在胶团粒子铺展于金属表面时有优先吸附的条件, 故乳化剂在乳液润滑中起着重要作用, 甚至有人提出了乳化剂对乳液的润滑起决定作用观点^[3, 4]。从润滑剂成本和乳液稳定性两方面考虑, 用表面活性剂同时起到乳化剂和油性剂作用的方案是合理的。总体上, 阴离子乳化剂较非离子乳化剂的润滑性好, 而非离子表面活性剂的特点是乳化效率高、对水质无要求, 故宜选择以阴离子乳化剂为主、与非离子乳化剂复合的乳化剂体系。

(2) 从获得良好的乳液离水展着性和润滑性选择润滑剂成分

从对乳液离水展着性的探讨可知, 增加阴离子乳化剂可提高乳液离水展着性^[1], 这与提高润滑性而以阴离子乳化剂为主的选择结果一致。对金属塑性加工, 由于有新生面的不断产生, 期望润滑剂的润湿能达到铺展的程度。因此, 要求乳液体系具有低的表面张力, 且表面张力越低铺展性越好^[5]。在此可以借助表面活性剂的作用, 使其参与界面膜竞争吸附, 达到表面张力的最低值。

(3) 从获得较好冷却性出发调整乳液内外相比例

乳液的热容和热传导率越大, 起到的冷却作用越大, 对防止润滑剂分子的解吸, 保持润滑膜的完整性有积极作用。乳液的热容和热传导率受其内外相比例的影响, 水的热容为一般油品热容的 2 倍多, 而且水的热传导率较油的大得多 (如 200℃时, 水的热传导率约为油的 4 倍), 因此, 单从冷却性讲, 降低油/水比例和采用分子较小的油分子可起到好的冷却效果, 但这样却对润滑剂动力与吸附成膜起不到作用, 又会减低润滑效果。故要使乳液具有良好的润滑效果, 存在一最佳油/水比例。

(4) 从获得良好稳定性角度出发选择的乳化剂

复合乳化剂的乳化效率较单一乳化剂高,

尤以不同类型乳化剂复合效率高^[6, 7]。因此, 要获得良好的乳液稳定性则对乳化剂的选择结果应与本节(1)中的选择结果一样, 即用以阴离子乳化剂为主, 非离子乳化剂为辅的乳化剂体系。本节(2)中选择的助表面活性剂, 在起到提高乳液铺展性能的同时, 对乳液稳定性也将起到积极作用。

以上对翅片管轧制润滑乳液的主要添加剂进行了分析, 除这些添加剂之外, 该乳液还应包括基础油、杀菌剂、消泡剂, 故翅片管轧制优质乳液润滑剂的配方模式为: 基础油+ 复合或沉积膜型极压剂+ 阴离子表面活性剂+ 非离子表面活性剂+ 助表面活性剂+ 消泡剂+ 杀菌剂+ 水。

4 配方确定及其性能

在此不对配方确定过程中的理论分析及实验探讨作详细叙述, 仅将配方确定步骤表述在下面流程框图中(图 2)。

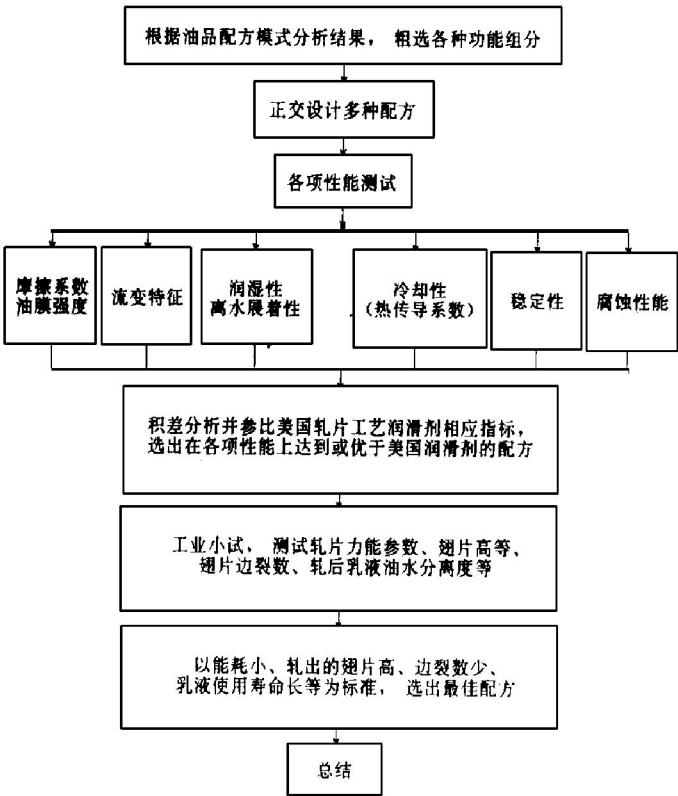


图 2 配方确定流程图

Fig. 2 Scheme of prescription model

经过上述研制过程,得到的轧片工艺润滑乳化油配方组成为:基础油 48.4%,油性剂 15%,沉积膜型极压剂 6%,阴离子表面活性剂 22%,非离子表面活性剂 5%,助表面活性剂 2%,杀菌剂 0.5%,抗泡剂 0.1%,水 1%。

研制油品在实验室和工业现场测试的性能指标列于表2。

表2 研制轧片工艺润滑剂性能

Table 2 Property indexes of developed lubricant for fin-tube rolling

Index	Parameter	
Friction coefficient	pure oil	0.043 6
	emulsions(20%)	0.087 5
Oil film strength/N	pure oil	900
	emulsions(20%)	950
Viscosity/($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	40 °C, pure oil	36.5
Stability(separating ratio of soap or oil from water)	24 h, 15~ 35 °C	7%
pH value	emulsions(1%)	8.5
Ratio of working load to specified load		78%

对比研制油与进口油性能,可以看出,在所有指标上均很接近,且各有优弱。研制油品在1996年上半年到哈尔滨空调股份有限公司试验,获得了满意的效果。

REFERENCES

- 1 Yan Hengzhi(严珩志). J Cent South Univ Tech(中南工业大学学报), 1998, 29(1): 66.
- 2 Wang Ruling(王汝霖). Friction Chemistry of Lubricant(润滑剂摩擦化学). Beijing: Press of Petroleum Chemistry, 1994: 214- 238.
- 3 Lu Fan(鲁凡). The Lubricant for Drilling(润滑钻井液). Changsha: Cent South Univ Tech Press, 1998: 211- 219.
- 4 Kimma Y and Okada K. Tribology Transactions, 1989, 33(4): 524- 532.
- 5 Gu Xiren(顾惕人) and Zhu Buyao(朱步瑶). Interface Chemistry(表面化学). Beijing: Science Press, 1994: 171- 177.
- 6 Chen Zhengdong(陈振东). Surfactant Industry(表面活性剂工业), 1998, (2): 20- 25.
- 7 Zhu Buyao(朱步瑶). Surfactant Industry(表面活性剂工业), 1988, (4): 36- 41.

FEATURE PROPERTIES AND PRESCRIPTION MODEL OF TECHNOLOGY LUBRICANT FOR FIN-TUBE ROLLING

Yan Hengzhi

College of Mechanical and Electrical Engineering,

Central South University of Technology, Changsha 410083, P. R. China

ABSTRACT The feature properties of lubricant used for fin-tube rolling was analysed. From the view of reducing friction, cooling and stability, the prescription model of lubricant for fin-tube rolling was studied. Based on the study, a new kind of lubricant has been studied, its properties reached the same level as imported lubricant from U. S. A.

Key word rolling lubricant prescription

(编辑 何学锋)