

· 工艺材料进展 ·

轧制过程工艺润滑技术的发展和應用

孙建林 马艳丽

(北京科技大学材料科学与工程学院, 北京 100083)

摘要 轧制工艺润滑技术的应用不但可降低轧制过程力能消耗与金属损失,而且可节约用水和减少酸液消耗。叙述了工艺润滑对热轧时咬人和冷轧板表面质量的影响。列举了我国轧制工艺润滑技术在热轧和冷轧板带生产线的应用和效果、板带典型热轧工艺润滑剂的主要成分和性能以及板带冷轧润滑剂的分类和用途。

关键词 轧制 润滑技术 节能 应用

Development and Application of Lubrication Technology for Rolling Process

Sun Jianlin and Ma Yanli

(School of Material Science and Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083)

Abstract Application of lubrication technology for rolling process can not only decrease energy consumption and metal loss in rolling process but also save water and decrease acid consumption. Effect of process rolling on bite in hot rolling and surface quality of cold rolling plate is presented. And application and effect of lubrication technology for hot rolling and cold rolling flow sheet production line in China, main ingredient and properties of typical lubricants for hot rolling, and categories and uses of lubricants for cold rolling plate are listed in this paper.

Material Index Rolling, Lubrication, Energy Saving, Application

1968 年美国国家钢铁公司 GREAT-LAKE 厂采用注水法,在热连轧精轧机组上应用 QAUAKER-CHEMICAL 的热轧润滑油并取得成功^[1]。

随着对冷轧板需求的增加与质量要求的提高,诸如汽车板、家电板、装饰板等金属薄板的板形与表面质量问题日益突出,冷轧工艺润滑技术是解决上述问题的有效手段之一^[2,3]。

1 轧制过程工艺润滑的作用与效果

轧制过程采用工艺润滑技术,除了可以达到传统的减摩降压、减少轧辊磨损、提高轧机能力和作业率外,还可能使板带钢在物理和冶金特征性上发生如下变化:(1)控制和改善晶粒组织;(2)降低屈服点、极限拉伸强度和缺口强度;(3)提高塑性应变比值(r)和延伸率;(4)控制轧制织构形成,提高板带深冲性能。表 1 列举了热轧和冷轧工艺过程轧制工艺润滑作用效果统计数据^[1,4-8]。

2 轧制工艺润滑与节能环保

据 1986 年中国机械工业学会统计,在冶金企业开展摩擦、磨损及润滑的研究与应用工作的投入产出比为 1:76,而且有 20%~30% 的产出效益不需要任何投入,只需要普及与应用相关摩擦、磨损及润滑技术即可获得。

表 1 热轧和冷轧工艺过程轧制工艺润滑作用效果
Table 1 Effect of lubrication for rolling process in hot rolling and cold rolling

项目	润滑作用效果统计数据/%	
	热轧	冷轧
摩擦系数降低	30~50	10~30
轧制力降低	10~40	10~30
轧机功率降低	5~30	5~20
轧辊使用寿命提高	20~50	10~25
酸洗速度提高	10~40	-
作业率提高	3~10	3~5
轧后制品表面粗糙度降低	10~50	10~50

轧制工艺润滑与节能环保的体现有:(1)钢铁轧制采用工艺润滑后,吨能耗可降低 5%~10%;(2)减少热轧过程中氧化铁皮的生成,进而降低金属损耗 1 kg/t,同时,轧制产品表面缺陷率降低 30%~50%,提高成材率 0.5%~1.0%;(3)提高热轧循环冷却水的利用率,减少除鳞用高压水;减少冷轧辊用水量;(4)由于减少热轧氧化皮,使酸洗速度提高 10%~40%,可降低酸耗 0.3~1.0 kg/t。

随着科学技术发展和人们环保意识的加强,20 世纪末欧美国家已研制出环保型绿色润滑剂^[9]。

3 工艺润滑对轧制过程的影响

在轧制过程中,工艺润滑对轧辊、轧件及轧制工艺参数的影响见表 2。

表 2 润滑剂对轧辊、轧件和轧制工艺参数的影响
Table 2 Effect of lubricant on roller, rolling piece and rolling process parameters

轧辊	轧件	轧制工艺
轧制压力	最小厚度	轧制温度
轧制扭矩	宽展	轧制速度
轧辊损耗	厚度公差	加工率
辊形	板形	轧制道次
轧制能耗	表面缺陷(划伤、啄印等)	最大咬入角
轧制作业率	表面质量(粗糙度、光亮度)	轧制稳定性

3.1 热轧的咬入问题

由于轧机能力的原因,对咬入角 α_{max} 有一定限制,当摩擦角 $\beta \geq \alpha_{max}$ 时,可实现自然咬入。但是,当采用工艺润滑后,摩擦系数过小,若压下量较大,咬入角也较大,则无法满足自然咬入条件,轧件喂不进去。热轧时最大咬入角与入口摩擦系数的关系见表 3。凡是影响摩擦系数的因素,原则上都会对轧件咬入产生影响,如轧制温度、速度等。

表 3 热轧时最大咬入角与入口摩擦系数的关系
Table 3 Relation between maximum bite angle in hot rolling and inlet coefficient of friction

轧辊	最大咬入角 /°	入口摩擦系数
光滑磨削轧辊	12 ~ 15	0.21 ~ 0.27
厚板轧机轧辊	15 ~ 22	0.27 ~ 0.40
小型轧机轧辊	22 ~ 24	0.40 ~ 0.45
平板轧机扁槽轧辊	24 ~ 25	0.45 ~ 0.47
带箱形孔轧辊	28 ~ 30	0.53 ~ 0.58
带刻痕箱形孔轧辊	28 ~ 34	0.53 ~ 0.67

3.2 冷轧的表面质量

在冷轧过程中由于存在前滑,轧件在出口时与轧辊发生滑动,光滑的轧辊表面对轧件表面有一定的磨削或抛光作用。该作用与前滑大小有密切关系(图 1)。若前滑过小,轧辊表面对轧件的抛光作用较弱,则轧后表面暗淡无光。因此,可以通过工艺润

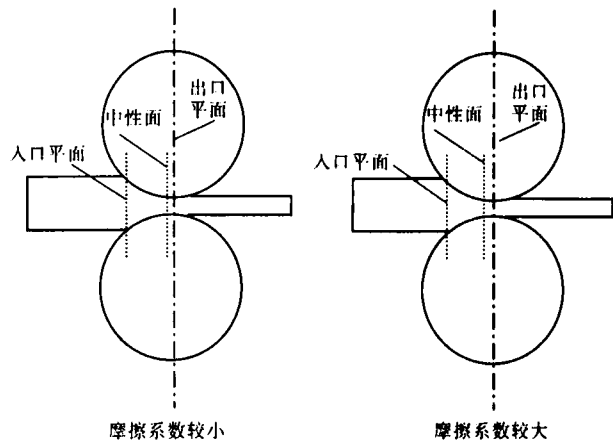


图 1 摩擦系数对中性面位置与前滑的影响
Fig. 1 Effect of coefficient of friction on location of neutral face and forward slip

滑调控轧制变形区摩擦系数大小,保持一定的前滑,以获得高质量的轧后表面。

4 轧制工艺润滑技术的应用

4.1 热轧工艺润滑技术

热轧工艺润滑研究工作主要包括:热轧工艺润滑剂的性能要求和成分组成;热轧润滑剂的供给方法、控制方法及相应的系统装置等方面^[10,11]。

目前在我国应用热轧润滑的生产线主要有:宝钢 2050 和 1580 热轧生产线,鞍钢 1780 mm 精轧机热轧生产线^[12],珠钢 CSP 生产线^[13,14],攀钢 1450 生产线^[15],宝钢梅山钢铁热轧厂^[16]以及武钢热轧生产线^[17]等,并获得了良好的经济效益;莱钢热轧生产线也将采用热轧润滑技术。太钢热连轧厂工艺润滑技术在不锈钢生产的应用方面与国外先进不锈钢厂的水平相当,成为国内首家在不锈钢上成功应用工艺润滑技术的生产厂家^[18]。一些典型热轧工艺润滑剂的主要成分和理化性能见表 4^[11]。

表 4 典型热轧工艺润滑剂的主要成分和物理性能
Table 4 Main ingredient and physical properties of typical lubricants for hot rolling process

生产厂和使用单位	润滑剂油品牌号	主要成分	外观	酸值/(mg KOH · g ⁻¹)	闪点/℃	燃点/℃	凝点/℃	粘度 SUS		粘度指数	密度/(g · cm ⁻³)
								38 °C	99 °C		
奎克化学	Q-HB15-J	合成酯衍生物	褐色液体	<50	275	300	-9	250	55	200	0.89
	Q-HB-19	合成酯衍生物,矿物油	褐色液体	<50	184	202	-17	400	57	100	0.904
	HR-40	棉籽油,季戊四醇酯,油酸	褐色液体	6	270				60		
美国钢铁公司	-	游离脂肪酸	褐色液体		240	270		650	85	120	0.916

4.2 冷轧工艺润滑技术

在冷轧时由于材料加工硬化,变形抗力增加,导致轧制压力升高。同时,随着轧制速度的提高,轧辊发热,必须采用兼有冷却作用的润滑剂进行工艺润

滑,以减少摩擦、降低轧制压力、冷却轧辊和控制板形,同时要减少润滑剂对冷轧板带钢表面的污染^[19]。在相同条件下水的冷却性能要优于油,而乳化液的冷却能力介于水和油之间,一般为水的

表5 板带冷轧润滑剂的分类及使用与特征
Table 5 Categories and uses of lubricants for cold rolling plate and strip

项目	乳化液基础油			轧制油
	矿物油	脂肪油	混合型	矿物油或混合油
特征	油脂含量低 清净性好 乳化液较硬 皂化值 30~40	润滑性最好 清净性较差 适宜高速轧制 皂化值 190~200	润滑性好 热分离性强 乳化液较软 皂化值 100~160	低粘度+添加剂 循环使用 低速轧制 轧后表面质量好
轧机	连轧机 可逆轧机 森吉米尔轧机	连轧机 可逆轧机	连轧机 可逆轧机	连轧机 可逆轧机 森吉米尔轧机
工况	浓度 2%~8% 温度 35~50℃	浓度 2%~5% 温度 50~60℃	浓度 2%~5% 温度 50~60℃	添加剂含量 1%~10%
轧制钢种	普通钢,特殊钢	普通钢,特殊钢	普通钢,特殊钢	特殊钢,极薄带

40%~80%,而且随着乳化液浓度的增加,其冷却能力下降。

钢板带轧制润滑剂的分类及用途见表5。应根据具体情况如轧件材质与厚度、轧机种类、轧制速度、表面质量要求等选择最适合的润滑剂。

一些特殊钢、极薄钢带等使用全油润滑轧制,其中轧制油的粘度对工艺润滑效果与轧后表面质量产

表6 轧制油的选用
Table 6 Selection of rolling oil

产品厚度/mm	皂化值/(mgKOH·g ⁻¹)	乳化液类型
>0.5	30~50	较稳定
0.3~0.5	50~130	稳定性一般
<0.3	160~200	不稳定

参考文献

- Schey J A. Tribology in Metalworking-Friction, Wear and Lubrication. New York: ASM, 1983
- 张文豪,王冬,赵月峰. 板带轧制油的组成及性能要求. 润滑与密封, 2005(3):185
- 何建明. 工艺润滑在攀钢冷轧 HC 轧机的应用. 四川冶金, 2002(4):17
- 孙建林. 轧制工艺润滑原理技术与应用. 北京:冶金工业出版社, 2004
- Oswald David J. Advancement of Hot Mill Lubrication. Mechanical Working and Steel Processing Conference Proceedings, 1997(10):493
- Peretic Michael J. Coordinated Application of Roll Gap Lubrication, Work Roll Cooling and Antipeeling Systems in Hot Rolling Mills. Iron and Steel Technology, 2004, 1(5):30
- Raudensky M, Horsky J, Pohanka M. Optimal Cool of Rolls in Hot Rolling. Journal of Materials Processing Technology, 2002(7):125
- Shirizly A, Lenard J G. The Effect of Lubrication on Mill Loads during Hot Rolling of Low Carbon Steel Strips. Process Technol., 2002(6):61
- 孙志强,王毓民,王向中. 绿色环保润滑剂研究技术的进展. 润滑与密封, 2005(6):201
- 吴迪,王国栋. 热轧润滑机理及其出现和应用的背景(热轧润滑技术讲座). 轧钢, 2001, 18(4):50
- 周耀华,张广林. 金属加工润滑剂. 北京:中国石化出版社, 1998
- 沙孝春,史乃安,张冷. 鞍钢1780 mm 精轧机热轧油应用实践. 轧钢, 2003, 20(2):65
- 张坤龙. 轧制润滑在珠钢 CSP 线上应用的节电效果. 能源技术, 2002, 23(4):174
- 范胜标,张坤龙. 热轧轧制润滑在珠钢 CSP 的应用. 有色设备, 2002(5):10
- 攀钢热轧工艺润滑技术研究工业试验告捷. 钢铁研究, 2003(1):12
- 夏晓明,谭耘宇,卞皓. 润滑轧制在梅山热轧板厂的应用及效果. 轧钢, 2004, 21(5):53
- 孙汤铭,左熙均. 宽带钢热连轧机组润滑轧制技术研究. 轧钢, 1995, 10(5):10
- 周瑰云,王巨堂. 不锈钢热轧工艺润滑技术开发. 太原重型机械学院学报, 2004, 25(增刊):63
- Keyser A C, Kunkel K F, Snedaker L A. Impact of Rolling Emulsion Contaminants on Downstream Surface Quality Iron and Steel Engineer, 1998, 75(9):43
- 孙建林,刘杰,康永林,等. 油粘度对冷轧不锈钢带表面粗糙度的影响. 特殊钢, 2002, 23(5):15

生重要影响^[20]。而皂化值是轧制乳化液润滑性能的标志,皂化值越高,轧制乳化液润滑性能越好,但轧后退火板面清净性也随之变差。所以皂化值(表6)也是用来选择轧制不同规格板带材的轧制乳化液标准之一。

5 结束语

热轧工艺润滑应用重点在于轧制过程的节能降耗,如中厚板轧制、薄板坯连铸连轧、低温轧制技术等领域;而冷轧工艺润滑的目的在于控制轧后板形、改善轧后薄板表面质量等。

在研究领域,如环保型轧制润滑剂的研制与应用、采用工艺润滑技术控制包括轧制变形区摩擦系数、板形、表面质量等方面还有待于进一步研究。

孙建林(1963-),男,教授,博士生导师,主要从事金属轧制工艺润滑技术研究。

收稿日期:2006-10-23