

精轧工作辊氧化膜脱落分析与预防

甄长鹏 郭立平

德龙钢铁有限公司, 河北 邢台 054009

[摘要]文中结合德龙钢铁有限公司 1250mm 生产线精轧工作辊工况, 以及高温、高速以及骤冷骤热的条件下轧辊表面产生的氧化膜脱落类型, 综合分析出氧化膜脱落的影响因素, 并采取了一系列有效措施, 结果表明, 降低带钢精轧入口温度、制定合理的烫辊制度、提高轧辊冷却效果能够提高精轧工作辊的氧化膜自保持性, 改善氧化膜状态, 防止精轧工作辊辊面氧化膜剥落, 又能延长精轧工作辊服役周期, 提高产品质量。

[关键词]氧化膜; 脱落; 冷却; 温度

DOI: 10.33142/ect.v2i3.11732

中图分类号: TG333

文献标识码: A

Analysis and Prevention of Oxide Film Detachment on Precision Rolling Work Rolls

ZHEN Changpeng, GUO Liping

Delong Steel Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054009, China

Abstract: Based on the working conditions of the 1250mm production line of Delong Steel Co., Ltd., as well as the types of oxide film peeling off on the surface of the rolls under high temperature, high speed, and sudden cooling and heating conditions, the influencing factors of oxide film peeling off were comprehensively analyzed, and a series of effective measures were taken. The results showed that reducing the inlet temperature of strip steel precision rolling, formulating a reasonable hot roll system, and improving the cooling effect of the rolls can improve the self preservation of the oxide film of the precision rolling work rolls, improve the state of the oxide film, prevent the peeling off of the oxide film on the surface of the precision rolling work rolls, prolong the service life of the precision rolling work rolls, and improve product quality.

Keywords: oxide film; rolling; cooling; temperature

引言

精轧工作辊辊面氧化膜剥落造成的热轧带钢表面氧化铁皮缺陷是各热轧厂长期的质量缺陷防控重点。尤其是冷轧带钢表面由于工作辊辊面剥落造成的压入型氧化缺陷对产品的后续酸洗、成型等加工都起着明显的制约作用。随着“以热代冷”的热轧酸洗板等典型产品广泛应用于汽车、自行车、家用电器、防盗门等产品制造, 用户对产品质量的要求越来越高, 如何既能做到防止精轧工作辊辊面氧化膜剥落, 又能延长精轧工作辊服役周期, 从而消除生产过程中辊身氧化膜剥落造成的带钢表面压入型氧化铁皮形态的控制工艺, 是节约轧辊能源浪费, 降低轧制成本, 提高产品质量的关键和难点。精轧工作辊防脱落技术的开发, 是延长轧辊使用寿命, 提高热轧带钢表面质量的发展趋势。

精轧工作辊氧化膜的生长速度, 氧化膜中存在的应力和热应力都与温度变化有着密切的联系。在满足轧制温度的前提下尽快使轧辊冷却, 不但可以提高轧材质量, 而且还可以延长轧辊的使用寿命。另外, 还可以通过优化轧辊的冷却环境来实现轧辊的最佳使用效果。利用正交实验法具有全面统筹和大量减少实验次数的特点, 特别适用热轧线实验这种大型实验项目。根据实验结果可以分析单指标结果, 根据影响系数找出各因素的主次顺序, 得到最优方案解决精轧工作辊氧化膜脱落的问题。

因热轧钢卷的表面质量问题进行过多次技术改造。先后在精轧机组入口处安装破鳞装置, 在 F1 与 F2 机架上增设高压强冷水除鳞集管等措施以提升带钢表面质量, 但每月皆有因带钢表面质量差而被判为废次品, 进一步调查发现带钢表面氧化缺陷中, 有很大一部分是由于精轧机工作辊表面氧化膜异常剥落而造成的, 尤其是在生产厚度小于 3.5mm 以下薄规格带钢时, 工作辊辊面氧化膜剥落最为严重, 热轧工作辊的氧化膜生成与剥落行为与其服役的环境有关。轧辊在大载荷、高温、高速以及骤冷骤热的条件下, 轧辊表面会形成一层氧化膜, 随着外部条件的变化, 生成氧化膜的厚度、强度不尽相同, 在与轧材、支撑辊以及轧辊内部热应力的交替作用下, 氧化膜将产生裂纹, 并在轧制过程中扩展, 最终导致氧化膜脱落。剥落的氧化膜压入金属板表面, 将严重影响产品质量, 同时制约了轧辊使用寿命, 造成能源的浪费及轧制成本的提高。

热轧精轧机工作辊处于高温、高应力、水蒸气等工况条件, 工作辊表面会形成一层薄的、致密的、耐磨的氧化膜。完好致密的辊面氧化膜不仅可以降低带钢和工作辊之间的摩擦因数、防止热裂纹向辊体扩展、阻止带钢热量向辊体扩散从而延长工作辊的工作周期和使用寿命, 而且可以提高带钢的表面质量。相反, 氧化膜不均匀脱落, 将造成辊面的不均匀磨损, 直接影响辊型、动态辊缝和带钢断

面凸度。如何对精轧工作辊辊面氧化膜脱落进行合理的预防与控制,成为解决热轧带钢压入型氧化铁皮缺陷及延长精轧工作辊使用周期的关键。研究工作辊上机后开轧初期的辊身温度控制、轧制节奏、轧制品种、烫辊制度和冷却水水量制度对于控制精轧工作辊辊面防脱落有着指导意义,为探讨热轧生产过程中延长精轧工作辊使用周期提供理论基础。

1 精轧工作辊氧化膜形成分析

通过对精轧工作辊辊面质量进行调查,氧化膜脱落主要集中在精轧 F1~F4 机架, F1~F2 机架属于局部脱落, F3~F4 机架属于辊身大面积脱落,整体比例可达 50%。

通过对精轧工作辊磨削厚度进行调查, F1~F2 机架平均磨削 1.0mm~1.5mm, F3~F4 机架平均磨削 0.7mm~1.2mm,磨削量较多。

通过对工作辊氧化膜形成机理进行分析和调查,热轧精轧机工作辊处于高温、高应力、水蒸气等工况条件,工作辊表面会形成一层薄的、致密的耐磨氧化膜。完好致密的辊面氧化膜不仅可以降低带钢和工作辊之间的摩擦因数、延长工作辊的工作周期和使用寿命,而且可以提高带钢的表面质量。

工作辊辊面的氧化膜是在辊面、带钢以及轧辊冷却水形成的高温、高应力、水蒸气等工况条件下,通过辊面中铁和氧的扩散来形成和生长的。

通过试验轧制,对工作辊换辊前期及后期辊面质量进行跟踪,轧制中期轧辊辊面氧化膜开始轻微粗糙,后期氧化膜开始脱落,带钢表面存在明显的氧化铁皮压入缺陷。

由于高温的环境,在轧辊表面会很快形成一层薄的氧化膜,在最初的一层氧化膜形成之后,金属基体与空气就隔离开,之后的氧化过程就要经过氧化膜扩散传质才能进一步氧化。当温度低于 570℃ 时不生成 FeO,只生成磁性氧化铁 Fe_3O_4 与 Fe_2O_3 两相。温度超过 570℃ 才生成含氧低的 FeO 层和中间层 Fe_3O_4 以及最外层含氧最高的 Fe_2O_3 层,三者厚度比为 100:1:1 或 95:4:1^[1]。加热到 200℃ 以前,缓慢地生成 γ - Fe_2O_3 薄氧化膜,继而生成双层氧化膜 Fe_3O_4 - γ - Fe_2O_3 ,温度在 200~400℃,发生了相变, γ - Fe_2O_3 → α - Fe_2O_3 ,形成 Fe_3O_4 - α - Fe_2O_3 双层结构。当温度在 400~575℃ 范围内,在 α - Fe_2O_3 层之下, Fe_3O_4 层长大为较厚膜层。当温度 >575℃,在 Fe_3O_4 层之下,开始生成 FeO。氧化膜由 FeO- Fe_3O_4 - Fe_2O_3 三层组成。

由于实际生产中,轧辊处于与高温轧件、冷却水及空气接触的变化状态,其表面温度不断呈现循环升温-降温过程,如图 1 所示。因此,轧辊的实际温度曲线可以简化为一个周期:(1)第一阶段,轧辊开始与高温轧件发生接触,此时轧辊温度上升较快。(2)第二阶段,轧辊与空气接触,此时温度缓慢降低,但由于接触时间短,空气散热能力较差,因此温度几乎不变,可以忽略不计。(3)第三阶段,轧辊与冷却水接触,此阶段主要促使轧辊的表面温度降

低,避免高温热裂纹的出现,轧辊的温度降低主要发生于此阶段。(4)第四阶段,在冷却水降温后,轧辊仍会与空气接触,由于冷却水水汽的影响,轧辊温度会继续下降,但降幅明显降低。因此,如图所示,由于第二阶段时间短,将变温循环简化为三个阶段,分别是与轧件接触加热阶段;水冷阶段及空冷阶段。由于各个阶段的温度变化都很复杂,但可以将简化为直线变化,轧辊表面峰值温度设定为 600℃,加热阶段的升温速度设定为 100℃/s,水冷阶段的降温速度设定为 50℃/s,空冷阶段的降温速度设定为 20℃/s。

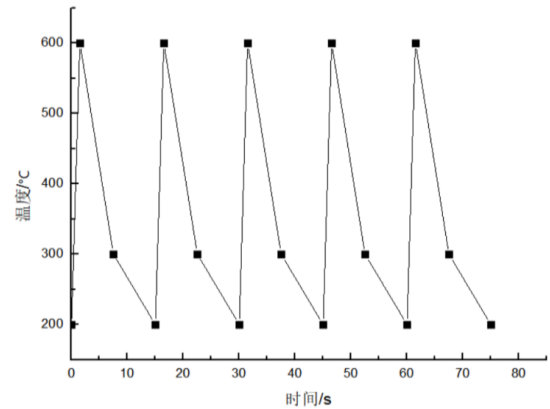


图 1 轧辊循环升温-降温过程示意图

2 精轧工作辊氧化膜脱落原因分析

由于热循环中存在急冷急热,故氧化膜本身的热应力就很大,在与轧件接触过程中,在轧制力的反作用下,氧化膜会变为块状,接触此时氧化膜与轧辊金属的表面结合力就下降,而这种块状氧化物继续氧化,就会在表层继续形成氧化物,热循环继续进行,那么就会出现多层多相氧化物。由于氧化膜表面出现了裂纹,而 O_2 可以通过裂纹直接与金属反应,进入基体后,和 Cr 发生反应可以在内层生成保护性的 Cr_2O_3 反应式为: $4/3Cr+O_2 \rightarrow 2/3Cr_2O_3$ ^[2]。如果热循环继续进行,氧化也继续发生,那么生成的产物 Cr_2O_3 不会处于稳定状态,它会发生反应生成 $FeCr_2O_4$,当 $FeCr_2O_4$ 形成后,由于有了保护性氧化膜,氧化过程将变成两种形式,一种是基体中的 Fe 扩散到外表面,当它扩散到氧化物外表面,它会和氧结合,生成新的氧化膜,这样氧化膜将会逐渐长大加厚,与此同时, O_2 向相反的方向扩散运动,生成新的保护性氧化物 Cr_2O_3 ,而它本身化学性质不是很稳定,所以又会生 $FeCr_2O_4$,周而复始。随氧化时间的增加,最后的结果是多层多相的复杂的氧化膜,其最外层主要是 Fe 的氧化物 (Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 及 FeO),而内层主要是 Cr_2O_3 和 $FeCr_2O_4$,这两种氧化物互相交织,形态复杂。随着氧化的不断进行,反复进行保护性氧化,失稳氧化以及双氧化,最终形成深入金属基体内部的复杂的层状氧化皮。从单层和层状氧化皮的形成特点可知,层状氧化皮在形成过程中,具备发生失稳氧化的条件,在合金循环氧化过程中,由于产生内应力导致氧化膜局部开裂或剥

落,剥落后露出合金表面,发生失稳氧化的主要原因是氧化膜中产生了内应力,当内应力超过了氧化膜自身的强度或氧化膜与基体金属的结合强度,则氧化膜开裂与局部剥落。

图2 中间坯冷却水

精度更接近实际,能够有效的将疲劳层清除干净,避免了氧化膜生成结合力低,提前脱落的问题。

表1 下机轧辊冷却控制表

机架	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
冷却时间	>50	>40	>30	>20	>20	>30	>40
要求温度	<35	<35	<35	<35	<35	<35	<35

(1)合理的轧制工艺可以有效抑制再生氧化铁皮的生长,减小与轧辊辊面氧化膜的摩擦,延长精轧工作辊的

使用周期。

(2)合理的轧辊冷却工艺,能够有效提高轧辊的耐磨性,形成一层致密耐磨的氧化膜,提高自保持性。

[参考文献]

- [1]董宝权.热轧高速钢轧辊氧化膜及磨损[J].金属世界,2019(3):62-64.
- [2]孙蓟泉,张帆,赵爱民等.热轧高铬铸铁轧辊氧化膜的研究[J].轧钢,2014,31(2):6.

作者简介:甄长鹏(1990.9—),毕业院校:河北工业职业技术学院,所学专业:材料工程技术,当前就职单位:德龙钢铁有限公司,职务:无,职称级别:工程师。