

红外测温在铝热精轧机上的应用

凌威

中铝瑞闽股份有限公司

DOI:10.12238/pe.v2i2.7591

[摘要] 红外测温技术以其非接触式、适用恶劣环境、无损、长寿命等特点,在铝加工行业中广泛应用。红外测温仪工作原理基于普朗克定律,即物体具有热辐射效应,温度越高,辐射能量越大。红外测温仪通过测量被测物体的红外辐射能量从而准确测量其温度。但在实际应用中,由于不同被测物体的表面发射率不同,而且红外测温仪会受到环境因素干扰,如蒸汽、油雾、外界红外辐射等干扰。尤其在铝加工行业,不同规格、合金成分或生产工艺的铝卷,由于其表面氧化程度不同,其发射率存在较大差别。所以在铝热轧机中要精确测量生产带材的温度难度大。本文阐述了在铝热精轧上红外测温仪应用原理及存在的问题,通过优化减少以上红外测温干扰,最终确保红外测温仪测温准确性满足实际生产需求。

[关键词] 红外测温; 热精轧机; 铝

中图分类号: TN215 **文献标识码:** A

Application of infrared temperature measurement in aluminum hot finishing mill

Wei Ling

Chinalco Ruimin Co., Ltd

[Abstract] Infrared temperature measurement technology is widely used in the aluminum processing industry due to its non-contact, applicability to harsh environments, non-destructive, and long service life characteristics. The working principle of an infrared thermometer is based on Planck's law, which states that an object has a thermal radiation effect, and the higher the temperature, the greater the radiation energy. The infrared thermometer accurately measures the temperature of the object being measured by measuring its infrared radiation energy. However, in practical applications, due to the different surface emissivity of different tested objects, and the interference of environmental factors such as steam, oil mist, external infrared radiation, etc., the infrared thermometer will be affected. Especially in the aluminum processing industry, aluminum coils with different specifications, alloy compositions, or production processes have significant differences in emissivity due to their varying degrees of surface oxidation. So it is difficult to accurately measure the temperature of the production strip in the aluminum hot rolling mill. This article elaborates on the application principle and existing problems of infrared thermometers in aluminum hot precision rolling. By optimizing and reducing the above infrared temperature measurement interference, the accuracy of infrared thermometers is ultimately ensured to meet practical production needs.

[Key words] infrared temperature measurement; Hot precision rolling mill; aluminium

引言

随着铝加工行业的发展,市场对热轧铝卷的产品质量要求不断提高,对于热轧卷来说,卷材的产品性能受带材轧制时的温度影响大,确保生产过程中带材实时温度与目标温度的偏差在允许范围之内至关重要。为确保成品铝卷温度满足工艺要求,铝热精轧机生产过程由终轧温度控制,即精轧机轧制速度由出口带材的温度进行反馈控制。所以确保测温的准确性是保障热轧卷质量合格的关键。由于热精轧机的生产是连续的,轧制速度快,

对产品温度的测量精度高、温度响应速度要求快。故只能采用非接触式的红外测温仪进行测温。而对于铝热精轧产品的红外测温仪,其检测温度与实际温度的偏差受不同合金、不同规格的影响较大,想要准确测量不同的合金及规格的产品温度难度很大。

在我厂热精轧机上红外测温仪的实际应用中同样面临各种问题,在生产过程中通过不断的实践尝试最终实现了红外测温仪测温的稳定及准确,满足不同合金不同工艺的生产需求。

1 红外测温仪的工作原理

相较于传统的接触式测温传感器, 红外测温仪以其非接触式、不对被测物体产生干扰、响应速度极快、测量范围大、无损耗使用寿命长等特点, 在工业领域中运用广泛。红外测温仪工作原理基于物体表面的热辐射效应, 即由于分子热运动, 任何温度高于绝对零度的物体都会向外界辐射各个波段的电磁波, 而物体向外辐射的电磁波在红外波段辐射能量的大小及波长的分布特性与物体的表面温度相关, 因此通过测量物体特定波长的红外辐射能量, 就可以得到物体表面的实际温度。物体的热辐射现象, 最主要的公式为普朗克黑体辐射分布定律, 即单位面积黑体发射的辐射功率是波长与黑体温度的函数, 其公式为:

$$\phi = \frac{c_1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{c_2/\lambda T} - 1}$$

ϕ : 辐射功率; λ 波长; T 温度 (K)

C_1 : 第一辐射常数, $c_1 = 3.743 \times 10^8 W \cdot \mu m^4 / m^2$

C_2 : 第二辐射常数, $c_2 = 1.4388 \times 10^4 \mu m \cdot K$

图1为利用普朗克公式计算所得的黑体辐射光谱分布特性曲线图, 其中横坐标为波长, 纵坐标为光谱辐射功率。

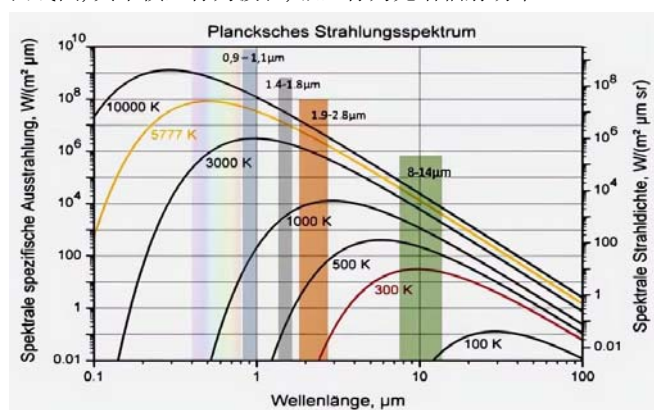


图1-黑体光谱辐射分布特性曲线图

通过普朗克公式可知, 通过测量辐射功率并确定波长即可计算得到黑体的温度。

另一条关于物体热辐射的定律韦恩位移定律指出, 若物体的温度上升, 则其峰值辐射的波长会往短波的方向移动。如图1黑体光谱辐射分布特性曲线图所示, 随着物体温度升高, 辐射功率的峰值往波长变短的方向移动。而且, 从图中还可得, 随着物体温度的上升, 其在短波处增加的辐射能量远大于在长波处增加的辐射能量, 且物体的温度越高, 能量变化的幅度越大, 所以对于红外测温仪来说, 被测物体的温度越高, 测量的准确性越高。

由于黑体为假设的发射率为1的理想物体, 在实际生产中被测量的物体发射率并不为1, 所以为了确保红外测温的准确性需要事先确认被测物体的发射率, 物体的发射率表示该物体

的辐射功率 M 与相同温度黑体的辐射功率 M_0 的比值, 其公式为:

$$\varepsilon = \frac{M}{M_0}$$

ε : 物体发射率; M 物体辐射功率; M_0 黑体辐射功率

物体的发射率受物体材质、表面质量、温度、环境等因素影响。因此为了确保红外测温仪能准确的测量物体的温度, 发射率通常作为红外测温仪的可调参数, 根据不同的应用场景及被测物体材质来进行设置调整。

2 红外测温仪在铝热精轧机上的应用

在铝热精轧机上红外测温仪需要对轧机出口处的铝带进行实时测温, 由于轧制出口处的铝带厚度薄、相较于其他金属表面更光亮, 发射率低且与带钢热轧机相比出口带材的温度更低, 因此想要实现准确测温难度更大。

要确保红外测温的准确性, 除确认红外测温仪的发射率外, 红外测温仪的波长选择至关重要。需要根据应用所需的测温范围以及物体的发射率来选择合适波长的红外测温仪, 波长选择的依据可参韦恩位移定律。由图1可知, 波长变短的情况下, 不同温度的辐射功率变化更明显, 更容易实现准确测温。因此在满足测温仪测温范围的条件下, 尽量选择波长较短的红外测温仪。

在我司的铝热精轧机上基于对红外测温原理的分析, 经过前期选型选择LAND系列的单点红外测温仪对轧机出口铝带测温, 并将温度信号反馈至轧机控制系统进行温度反馈控制。此测温仪测温范围为200~700摄氏度, 内部有专门用于测铝带材温度的特定发射率测温模式。但在现场实际使用中红外测温仪的应用依然存在不同的问题, 包括:

①热精轧机的产品涉及不同的合金, 而红外测温仪对不同合金的测温准确性存在不同的偏差。

②红外测温仪出现多次不检测情况, 无温度输出的情况, 运行稳定性不够理想。

③红外测温仪输出曲线波动较大, 不利于温度反馈控制。

对于工业领域的测温特别是铝热精轧这类使用温度反馈控制的设备, 其对测温仪运行的稳定性要求极高, 若生产过程中测温出现异常将导致质量不合格甚至产品报废, 产生较大的损失。为了确保测温仪测温稳定及准确, 技术员对现场存在的问题进行逐一分析后认为其原因分别为。

①不同合金的产品成分不一样、表面氧化程度不一样, 导致其不同产品的发射率不一样, 测温仪设置固定的发射率无法实现对所有产品准确测温。而且不同产品的目标温度不一样, 测温仪检测温度与实际温度的偏差也不一样。产品的目标温度越低其测温难度越大。

②红外测温仪安装于热精轧机出口处, 靠近本体, 生产过程中乳液水蒸气较多环境复杂干扰红外测温发射率, 且环境温度高, 可达60度左右, 恶劣的环境不利于红外测温仪的稳定测温。

③红外测温仪内部的采样时间可设置, 设置合适采样时间可提高温度反馈控制的准确性。

3 改进措施

通过分析现场红外测温仪应用存在的问题, 做出以下改进措施。

①由于不同产品合金成分不一样实际发射率也不一样, 导致生产不同产品, 红外测温仪检测的温度与轧机出口带材的实际温度存在不同的偏差, 而要想在生产不同产品前设置不同的发射率难度较大, 因此我们考虑对红外测温仪检测不同产品时的温度信号在控制器内进行补偿。被测物体发出的热辐射经红外测温仪检测内部补偿后输出4-20ma模拟量信号。控制器接收模拟量信号后得到原始的带材温度数据, 然后在控制器中根据当前生产的合金匹配合适的红外测温合金补偿值并将原始温度数据与补偿值相加得到准确的当前带材测量温度。补偿后的温度参与轧机生产反馈控制并发送至上位机显示。而不同合金的补偿值数据则通过前期收集红外测温仪与人工实测卷温的数据来确认。

通过这种在控制器内部进行温度补偿的方式可以在生产过程中快速的修改补偿值来确保产品的温度检测准确。在经过前期收集大量的不同合金温度偏差数据后, 经过补偿的红外测温仪检测温度与带材实际温度基本一致, 满足不同合金的生产需求。HMI上不同合金的温度补偿表如图2所示。

Exit Pyro 2 Temp Compensation			
	Alloy	Ref	Act
1	1050	+15.0	+15.0
2	1070	+20.0	+20.0
3	1100	+17.0	+17.0
4	1110	+17.0	+17.0
5	3003	-20.0	-20.0
6	3003A	+0.0	+0.0
7	3004	+0.0	+0.0
8	3005	-5.0	-5.0
9	3104	-3.0	-3.0
10	3105	-20.0	-20.0
11	5005	+3.0	+3.0
12	5052	+3.0	+3.0
13	5083	+10.0	+10.0
14	5182	+10.0	+10.0

图2-合金温度补偿表

②针对现场环境恶劣等影响情况, 同样做出了大量的改进。首先, 将红外测温仪安装在带材出口垂直于带材经过的偏导辊上方, 在测温仪检测的光通道外增加一圈挡板将测温仪包围, 降低现场环境辐射的干扰以及水蒸气的影响。同时, 将红外测温仪安装在冷却外壳内并且完全密封, 冷却外壳内部存在水冷管路, 对冷却外壳通冷却水以降低红外测温仪工作温度, 但经实验通水冷却的方式对管路密封要求高, 由于测温仪安装于带材的正上方, 若液体泄漏会滴落至下方带材的表面上存在产品质量隐

患风险。因此, 我们将红外测温仪冷却外壳内管路的冷却介质由水改为压缩空气, 并且在压缩空气的进气口增加涡流冷却器, 以此降低压缩空气进入冷却外壳时的温度。并且, 将冷却外壳的压缩空气出口位置重新设置, 使出气直接吹在外壳下方的红外热辐射接收玻璃窗口上, 保证红外测温仪光通道玻璃窗口的干净。

同时, 红外测温仪可以检测其自身的温度, 设置自身温度报警。若红外测温仪自身的温度过高, 输出报警提示生产人员检查测温仪的运行情况并及时检查冷却外壳是否工作正常, 气管是否脱落。以此确保红外测温仪工作环境温度稳定, 延长其使用寿命。

③重新调整高温计内部的温度采样时间, 减少测温曲线的波动。

经补偿及调整后红外测温仪的检测曲线如图3所示。

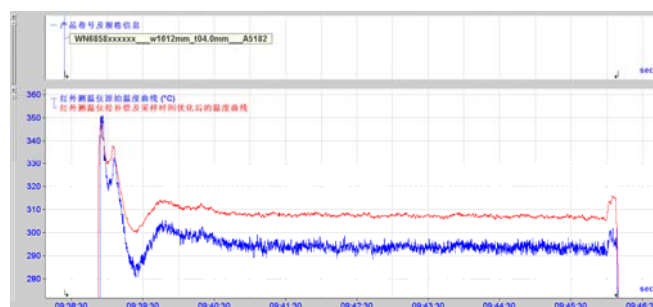


图3-红外测温仪测温补偿优化前后

经过上述改进措施的实施, 我司热精轧机的产品温度控制得以改善, 并且红外测温仪满足多种合金、多种工艺的生产需求。

4 结束语

在工业生产领域, 温度是衡量产品工艺质量的重要参数, 实现产品温度的准确测量对提高产品质量以及生产效率十分关键。通过对红外测温仪的工作原理进行分析, 了解其相较于传统接触式测温存在许多优势以及影响其测温准确的多个因素。结合我司铝热精轧上红外测温仪的应用情况, 要确保红外测温仪的使用效果, 在测温仪选型上要事先考虑测温范围、被测物体发射率, 以此选择波长合适的红外测温仪。并且在实际应用遇到问题需要结合测温仪工作原理分析, 制定并实施相应的措施, 提高红外测温仪的测量准确性。通过本文, 希望对大家了解红外测温仪在铝加工行业的铝热精轧机上的使用有所帮助。

【参考文献】

- [1]周柳光, 罗军, 陆聪. 红外测温在热轧带钢生产中的应用[J]. 自动化仪表, 2007, 02(015): 50-52
- [2]魏绍亮, 韩连伟, 程奉玉. 改善环境光照对强发光体表面红外测温精度影响的补偿算法研究[J]. 红外技术, 2020, (12): 20.
- [3]薛生虎, 李文军, 李芳红, 等. 辐射测温在钢铁工业中的应用及发射率对测量的影响[J]. 计量学报, 2010, 5(9): 445-449.
- [4]姜世昌. 红外测温技术[J]. 自动化仪表, 1996, 17(4): 1-4.

作者简介:

凌威(1997—), 男, 汉族, 福建周宁人, 电气工程师, 从事铝加工设备技术维护工作。