

智能化超声波在线式轧钢乳化液浓度计

梁军汀, 卢杰, 朱士明

(同济大学声学所, 上海 200092)

摘要: 文章简要介绍了用声速法测定乳化液浓度的原理, 具体的测定乳化液浓度、温度及声时关系的方法, 以及智能化超声波在线式轧钢乳化液浓度计的结构、测试结果。研制的在线式乳化液浓度计经现场考核使用证明其精度达到了 $\pm 0.1\%$ 的要求。

关键词: 乳化液; 声时; 浓度; 测量

中图分类号: TB553 文献标识码: A

Intelligent ultrasonic on-line rolling oil concentration meter

LIANG Junting, LU Jie, ZHU Shiming

(Institute of Acoustics, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The principle of rolling oil concentration measurement using sound speed method, the detecting method of relation between rolling oil concentration, temperature and sound transit time, and the intelligent ultrasonic on-line rolling oil concentration meter's structure as well as its measuring results are presented in this paper. It is proved that the on-line measuring precision of the rolling oil concentration detected by this developed meter is reached to higher than $\pm 0.1\%$

Key words: rolling oil; sound transit time; concentration; measurement

1 引言

在冷轧薄钢板的过程中, 轧辊和钢板之间要有一定浓度的工艺润滑液——乳化液, 轧钢乳化液浓度的高低对钢板的产量、质量有重大影响。若能连续测量并自动控制, 将对提高钢板轧制速度, 减少轧机振动, 提高钢板质量, 起到至关重要的关键性作用。

现在的化验室分析, 从取样、化学分析到最后得到浓度数据大约需要 4h 到 8h 的时间, 不能及时指导调节乳化液的浓度。因而上海宝钢冷轧厂要求我们研制一台智能化的能连续在线监测乳化液浓度的超声波浓度测试仪。要求浓度的测量范围为 $0\% \sim 10\%$, 温度范围为 $40^\circ\text{C} \sim 65.5^\circ\text{C}$, 精度为 $\pm 0.1\%$, 分辨率优于 $\pm 0.05\%$ 。

由于每种媒质在一定的状态条件(浓度、温度、压力)下具有固定的声速。当媒质的浓度变化时其声速也改变。因此我们应用这一原理通过测量声速来测量被测媒质的浓度。在实际应用中, 由于媒质的其它状态如温度、压力的变化也会使声速发生变化, 因此必须考虑温度和压力的影响, 对它们进行补

偿。考虑到乳化液的压力变化不大, 而且压力对声速的影响很小, 压力的影响可忽略不计, 因而只考虑温度对声速的影响。由于声速是通过测量超声波在固定声程上的传播时间(声时)算出的, 为简便起见, 我们不是直接利用声速、温度、浓度之间的关系来测量浓度, 而是直接考虑温度、浓度和声时之间的关系, 通过预先测量得到温度、浓度、声时关系曲线, 把它存入计算机中, 然后计算机根据实际测量时测得的温度、声时, 利用储存的关系曲线计算出浓度。这样, 省去了由声时算声速的步骤, 实现了大浓度、温度变化范围内对温度变化影响的自动补偿。

2 测量装置及结果

为了正确测量乳化液浓度、温度、声时之间的关系, 我们研制了乳化液的温度、声时测量装置, 如图 1 所示。由于浓度或温度变化时声时变化极小, 一般来说, 浓度变化 0.1% 或温度变化 0.1°C 时, 声时变化只有几十 ns, 因此对于声时、温度测量装置的测时测温精度要求极高, 为此, 在测时、测温装置中采用了: (1) 提高发射、接收能力; (2) 过零电平检测; (3) 25MHz 的高频时标; (4) 随机测量时间间隔再大量平均; (5) 软件自动剔除因气泡、杂质或电干扰造成的声时变化过大、幅度过小的错误数据, 只用正确的数据平均等技术措施, 使得该装置的测时灵敏度

收稿日期: 2000-03-02; 修回日期: 2000-06-28

作者简介: 梁军汀(1966-), 男, 浙江人, 副研究员, 研究方向: 超声检测。

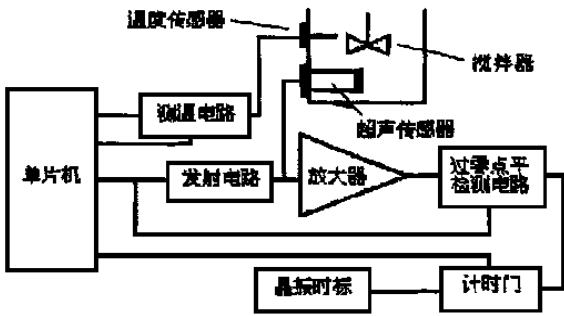


图1 乳化液的温度、声时测量装置示意图

达到0.1ns、精度0.2ns, 温度的测量灵敏度优于0.01℃。保证了声时、温度、浓度关系的测量精度。

整个乳化液温度、声时、浓度关系测量装置如图2所示。图中:1为磁搅拌器,2为磁搅拌棒,3为超声传感器,4为铂电阻温度传感器,5为加热器,6为温度、声时测量装置,7为串行口连线,8为计算机。

在测量的过程中,磁搅拌器不断地搅拌,防止油水分离,并保证乳化液的温度、浓度均匀。实验时先把容器洗净,配好所要测量的乳化液,用加热器将液体的温度加热到高于65.5℃。然后密封容器让它缓慢降温,整个容器外面包有隔热材料,使温度降低非常缓慢,降低0.1℃的时间尽可能长于铂电阻温度传感器的滞后时间 $\tau_{0.5} = 4\text{ s}$,尽可能减少温度计滞后对温度测量的影响。

关系测定仪每2s将测得的温度、声时、信号幅度等关键数据通过串行口传给计算机实时显示并处理,温度每降低0.2℃计算机储存一组温度、声时、幅度数据。当温度降到40℃以下时,实验结束。清洗探头、重新配制乳液浓度,重复上述步骤,做另一条实验曲线。

根据测量范围的要求,我们在乳化液浓度0%~10%的范围里做了22组温度、声时关系数据,每

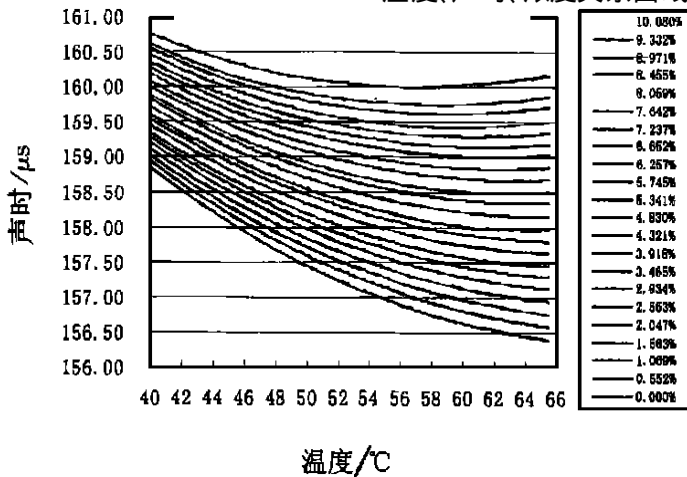


图3 乳化液的温度、声时、浓度关系曲线

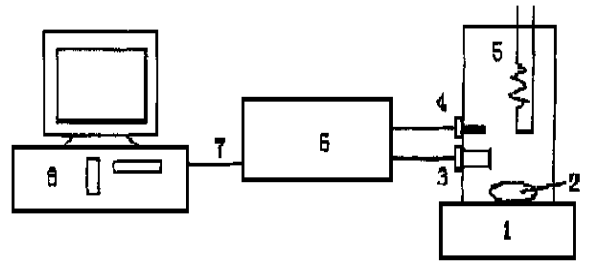


图2 整个乳化液温度、声时、浓度关系测量装置示意图

组数据浓度相隔0.5%左右。全部实验结束后,我们对每组数据用最小二乘法进行了拟合,进一步减少温度、声时关系测量中的随机误差。这样建立的温度、声时、浓度关系(图3)精度极高。

从拟合后的关系曲线可以看出,温度低时0.1℃的温度变化引起的声时变化比温度高时大。浓度高时0.1%的浓度变化引起的声时变化比浓度低时大。现取关系曲线上浓度为8.455%、温度为40℃的1点进行分析,此时声时为160.460 μs 。浓度变化0.1%,声时变化28.4ns,温度变化0.1℃,声时变化11.3ns,要达到0.05%的浓度测量灵敏度,声时的测量灵敏度至少要求高于14.2ns,可见对于声时的测量要求很高。由于我们采用了随机测量、多次平均和25MHz的高频时标等技术措施,使得声时测量灵敏度达到了0.1ns,温度测量灵敏度达到0.01℃,所以用我们的测温、测时方法及用此方法研制的浓度计应能满足厂方的要求。

3 浓度计及其在实验室和现场使用结果

乳化液浓度计的结构和温度、声时、浓度关系测定仪基本相同,采用了关系测定仪中的测时测温技术措施,保证了测时测温的精度。计算机中储存了温度、声时、浓度关系曲线。由仪器(测时测温装置)

测得乳化液的温度、声时和信号幅度, 然后通过串行口 RS232 将数据传送给计算机, 计算机根据关系曲线算出乳化液的浓度。若测得的温度、声时正好是某 1 根关系曲线上的 1 个点, 那浓度就是这根曲线的乳化液的浓度, 否则计算机找出最临近的两根浓度、温度、声时曲线, 再用插值法求出这 1 点对应的浓度。由于我们储存了 22 根曲线, 每根曲线的浓度只差 0.5%。另外从图 4 可以看出温度、浓度对声时的影响基本上是线性的, 因此, 在实际应用中我们用线性插值法来求液体的浓度, 误差很小。

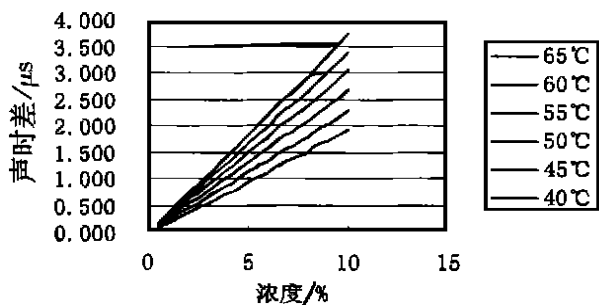


图 4 乳化液温度、浓度变化引起的声时变化

浓度计研制后, 为了检验其精度能否满足要求, 我们根据实际生产需要在常用的 0.38% ~ 3.57% 浓度范围内配制了 5 种不同浓度的乳化液样品, 并在整个 40°C ~ 65.5°C 温度范围内对其进行了测量试验。表 1 为实验结果, 从结果对比可以看出, 仪器对温度的补偿效果很好, 精度优于 $\pm 0.1\%$ 。

表 1 实验室配制浓度与浓度计测试浓度结果对比

配制浓度 / %	浓度计测试浓度 / %	最大差值 / %
0.55	0.55 - 0.56	0.01
1.07	1.06 - 1.09	0.02
2.05	2.02 - 2.05	0.03
2.45	2.47 - 2.56	0.02
3.08	3.04 - 3.09	0.04

图 5 为乳化液浓度计中超声传感器和温度传感器在现场的安装示意图, 图中乳化液流通管道做成 U 字型, 且传感器安装在靠近 U 型管道底部的位置, 这样做其目的主要是为了: (1) 尽量减小液体中上浮气泡对声时测量的影响, (2) 在管道内流量减小或生产停止时使传感器部分始终含有被测液体, 使测量过程始终保持正常。

表 2 为乳化液浓度计在宝钢冷轧厂现场使用过程中, 浓度计显示浓度与化验室取样分析浓度结果对比表, 从表中可以看出, 其误差也在 $\pm 0.1\%$ 以内, 达到了预期的要求。

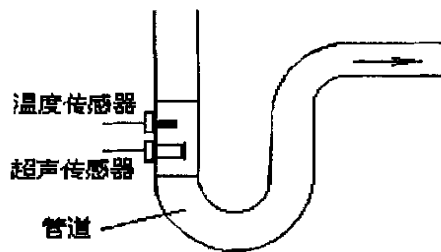


图 5 乳化液浓度计传感器现场安装示意图

表 2 现场取样测试与浓度计显示结果对比

浓度计测试结果 / %	化验室化验结果 / %	最大差值 / %
1.61 - 1.63	1.60	0.03
2.69 - 2.73	2.66	0.07

5 结束语

智能化超声波乳化液浓度计经过实验室测试和现场使用表明:

(1) 测量精度高, 优于 $\pm 0.1\%$, 满足了实际生产要求。

(2) 实现了在线测量, 对及时指导生产、提高钢板的产量质量、降低能耗起到了良好的作用。

(3) 由于采用了计算机, 使得浓度计的功能大大增加。计算机不仅可直接以图表和数字方式显示乳化液的浓度、温度等参数, 给出各班次浓度、温度的平均值、标准误差, 按时储存关键数据, 而且可随时对任何日期的生产情况进行回访、打印, 且回访不影响仪器正常的测量和储存, 有关人员据此可以很容易地对各班生产操作的好坏作出正确评价。当乳化液浓度、温度过高或过低时, 计算机还可以根据需要进行声音或测量值闪烁显示等方式进行报警。

(4) 计算机的采用, 也为下一步实现液体浓度的计算机自动闭环控制创造了良好的条件。

本工作得到了上海宝钢冷轧厂各方面的大力支持, 在此表示衷心感谢。

参考文献:

- [1] 同济大学声学研究室. 超声工业测量技术[M]. 上海: 人民出版社, 1977: 89-118.
- [2] 梁军汀等. 高精度超声波微压差计[J]. 声学技术, 1998, 17(4): 173-176.
- [3] 朱士明等. 提高声时测量精度的过零检测数字平均法[J]. 声学技术, 1990, 9(3): 36-39.