

高灵敏度金属分离器传感线圈的设计*

花加丽,李开霞,叶晓东,蔡敏

(先进制造技术研究所 江苏常州,213164)

摘要:分析了电感线圈探测金属的理论,针对传统的金属探测传感器灵敏度低,抗干扰能力差和结构复杂的缺点,根据电磁感应原理提出了一种具有高探测精度和高抗干扰能力的新型金属探测传感器,并描述了其结构和材料设计方案。最后用试验验证了设计思想和设计方案的正确性和实用性。

关键词:电涡流;磁感应强度;金属探测线圈

Abstract: This paper analyzed the theoretical foundation of the coil of metal detector. In order to improve the sensitivity, anti-jamming ability and overcome the disadvantages of the complicated coil in traditional metal detector, a new type of metal detector with high sensitivity and stability based on the theory of the electromagnetic induction is presented. Then the design of structure, material is explained. Finally, the correctness and practicability of the design are verified with the experimental results.

Key words: eddy current; magnetic induction intensity; metal detector coil

中图分类号: TP212

文献标识码: B

文章编号: 1001-9227(2011)06-0050-02

0 引言

金属分离器用于检测和分离混在原料中的金属杂质(包括铁类和非铁类如铜,铝,不锈钢等),即使小至 0.3mm^3 的金属粒子,都可被检测并分离出来。广泛应用于化工、橡胶、制塑、食品加工等行业中。

传统传感探头内部分布着三组线圈,如图1所示,即中央发射线圈和两个对等的接收线圈,通过中间的发射线圈所连接的振荡器来产生高频交变磁场,空闲状态时两侧接收线圈的感应电压在磁场未受扰动前相互抵消而达到平衡状态。一旦金属杂质进入磁场区域,磁场被扰动,两个接收线圈的感应电压就无法抵消,未被抵消的感应电压经由信号处理电路进行放大滤波处理,并进行数据采集。系统可以利用该报警信号驱动自动剔除装置等,从而把金属杂质排除生产线以外。

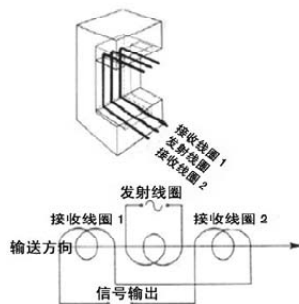


图1 内部结构图

这种检测器制作工艺比较复杂、灵敏度不高,本文根据现有的技术提出新型传感器的方案,结构简单,综合线圈电压变化检测原理提高检测精度。

1 传感探头工作原理

金属探测器基于电磁感应原理,当金属物质靠近线圈时由于电磁感应现象,会在金属导体中产生电涡流,吸收振荡回路的能量,使振荡器失谐,产生变化的感应电压。当线圈里没有金属通过时,传感器工作于并联LC谐振状态,当线圈里有金属通过时,LC回路失谐,线圈两端的电压发生变化,根据产生的电压信号即可判断出金属杂质的存在。

2 传感探头分析与设计

影响检测精度主要有三个方面^[1]:涡流效应、检测频率、线圈介质变化。

2.1 结构设计

如图2所示。传感器结构主要由3部分组成:内筒、线圈、铁氧体。内筒材料为高频聚丙烯,在内筒外表面中间位置设有一凹槽。凹槽内绕有探测线圈,线圈材料为多股高频丝包线,可去除集肤效应的影响。凹槽外表面固定有软磁镍锌铁氧体材料组成的导磁层,其电导率与磁导率超过金属、合金等磁性材料,能更好的聚集交变磁场中的磁力线,产生更强的感应信号^[4]。

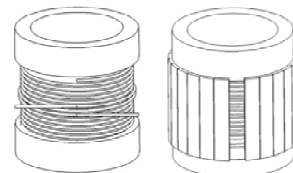


图2 线圈整体结构模型

2.2 涡流效应

若将一个金属导体置于变化的磁场中,导体就会产生涡流。涡流的产生使得金属发热引起能量损耗,这种能量损耗叫做涡流损耗。涡流损耗可根据下列公

收稿日期: 2011-08-18

作者简介:花加丽(1985-),女,学士学位,助理工程师,主要从事自动化控制及智能传感器的研究。

* 基金项目:常州市武进区科技攻关项目(WG2007016)

式求取^[1]:

$$P_c = W_x f_m^2 B_m^2 \quad (1)$$

式中: W_x 为损耗因子, f_m 为信号频率, B_m 为磁感应强度幅值。

涡流损耗和交变信号频率的平方成正比。增加信号频率可使线圈在有金属时, 涡流损耗显著增强, 使线圈的等效电阻会有较大幅度的增加。

2.3 检测频率与介质分析

根据涡流损耗公式(1)得知频率的大小直接影响分离器的工作性能^[3], 金属检测器的精确性和可靠性取决于高频振荡器的频率稳定度, 一般使用80kHz到800kHz的工作频率。工作频率越低, 对铁的检测性能越好; 工作频率越高, 对高碳钢的检测性能越好。传感器感应信号大小取决于金属粒子尺寸和导电性能。

当铁磁性物质接近线圈时, 线圈间介质磁导率增大。如图3所示, 半径为R的单匝圆形电感线圈, 当其中通过交变电流 $I = I_m \cos t$ 时, 线圈周围空间会产生交变磁场, 根据毕奥-萨伐尔定律可计算出线圈中心轴线上P点的磁感应强度B为^[2]:

$$B = \frac{\mu_0 \mu_r I R^2}{3} \quad (2)$$

其中, μ_r 为相对磁导率, μ_0 为真空磁导率。

由公式(2)可知, 当线圈有效探测范围内无金属物时, $\mu_r = 1$ (非金属的相对磁导率), 线圈中心磁感应强度B保持不变, 当线圈有效探测范围内出现铁磁性金属物时, 由于铁磁性金属的相对磁导率 $\mu_r > 1$, 所以, 磁感应强度B也会随 μ_r 的增大而增大。由此可见, 金属的出现会使介质的磁导率发生变化, 从而引起线圈周围的磁感应强度变化。另一方面, 置于该交变磁场中的金属导体内会产生自行闭合的涡电流, 涡流要产生附加的磁场, 与外磁场方向相反。会削弱线圈磁场的变化。金属的电导率越大, 线圈中通过的交变电流的频率大, 则涡电流强度就越大, 对磁场能量的吸收作用越强^[5]。

通过以上分析可知, 当有金属物靠近通电线圈平面附近时, 无论是介质磁导率的变化, 还是金属的涡流效应均能引起磁感应强度B的变化。

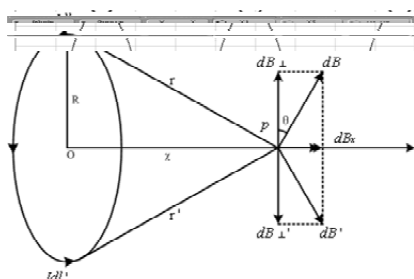


图3 电流轴线P点磁场

3 实验结果与分析

实验用直径为2mm的球形金属粒子来检测线圈, 采用安捷伦MS06054A高精度示波器测得线圈频率为268K(LC临界振荡频率), 如图4、5所示。当金属粒子放入线圈中时可

以明显看出有9.0mV的变化量, 如图6所示。检测的变化量经高放、相敏检波、低放、电压比较、抑制短脉冲干扰后, 再由高精度A/D转换器转换成数字量实时存入单片机的RAM内处理, 最后使执行机构动作, 从而检出混有金属杂质的物体。

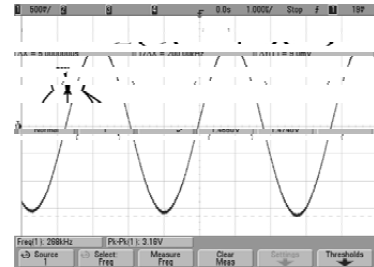


图4 测得线圈谐振频率

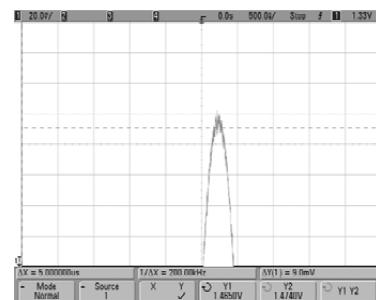


图5 金属粒子放入前

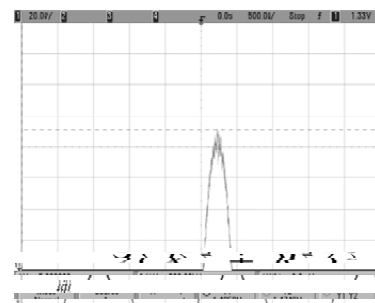


图6 金属粒子放入后

4 结论

分析了金属分离器的工作原理, 并给出所设计传感器的结构以及基本参数, 根据理论分析和实验结果, 这种新型传感器结构简单、信号较强、灵敏度高。目前已在注塑成型企业中投入使用, 取得了较好的效果, 可进一步在橡胶、食品加工等行业推广使用。

参考文献

- [1] 刘慧娟等. 一种基于电压和频率的金属探测方法[J]. 仪器仪表学报, 2006, 7.
- [2] 沈文梅, 李彩娟. 毕奥-萨伐尔定律的矢量式在计算中的应用[J]. 河北建筑工程学院学报, 2003, 21(2).
- [3] 刘保彬. 基于高频探测信号的金探测器研究[J]. 测试测量技术, 2008, 12(16)
- [4] 王少平. 金属分离器[P]. CN101327484, 2008.
- [5] 刘保彬. 一种新型食品工业金属探测器的研制[J]. 测试测量技术, 2009.