

勾配磁界センサによる異物検出におけるローパスフィルタのカットオフ周波数の検討

笹田一郎

(笹田磁気計測研究所)

Cutoff frequency of the low-pass filter in detecting traveling magnetic particle by using a gradiometer

Ichiro Sasada

(Sasada Magnetics and Sensors Laboratory)

はじめに

勾配磁界センサは一樣な磁界入力に対しては不感であるので、微小なサイズの異物検出に適している[1]。異物は勾配磁界センサの直下に置かれたシート上の物に付着していると、勾配磁界センサに対し相対速度 v でFig. 1に示す方向に移動する。センサは信号と同時に雑音を持つので、出力に低域カットおよび高域カットのフィルタで不要な雑音を除去するが、信号帯域をどのように設定するかが重要である。本稿ではセンサの雑音を白色雑音として高域遮断周波数の決定法について検討した。

異物からの鎖交磁束

まずFig. 1に示す平行配置の勾配磁界センサに対して z 方向に帯磁した異物の磁界がその移動と共にどのような鎖交磁束を引き起こすのかを有限要素法(COMSOL)によって計算した。異物は直径 $50\text{ }\mu\text{m}$ の球でその磁化は $\mu_0 M = 1\text{ mT}$ とし、センサコアは直径 $120\text{ }\mu\text{m}$ 、長さ 30 mm 、比透磁率 $10,000$ 、センサヘッド間の離隔距離(B.L.)を 16 mm 、その 2 mm 下をコアの先端から x 軸方向 -5 mm の所を異物球が図示のように通過する。結果をFig. 2に示す。検出コイルがNターンであれば、鎖交磁束はN倍にする。勾配磁界センサは励磁による変調を用いた磁束応答型であるので出力波形もFig. 2に相似になる。

検討および結果

Fig. 2の波形に相似な出力電圧波形を仮定する。波形の時間軸は異物の移動速度を与えると決定する。 $v = 1\text{ m/s}$ として解析した。球がB.L.距離を通過する時間 Δt の2倍を周期とする周波数を特性周波数とする。まず特性周波数の $1/5$ でハイパスフィルタし、ローパスフィルタのカットオフを特性周波数の $2\sim 7$ 倍の間で変化させ、波形のpeak-peak値を通過帯域幅 Δf の平方根で除して(雑音として白色雑音を仮定)SN比の指標とする。結果をFig. 3に示す。これからカットオフ周波数の最適値は特性周波数の $3\sim 4$ 倍、好ましくは 3.5 倍である。

参考文献

1. Ahmed L. Elrefai, Ichiro Sasada, J. Appl. Phys. 117, 17C114 (2015); DOI: 10.1063/1.4913720

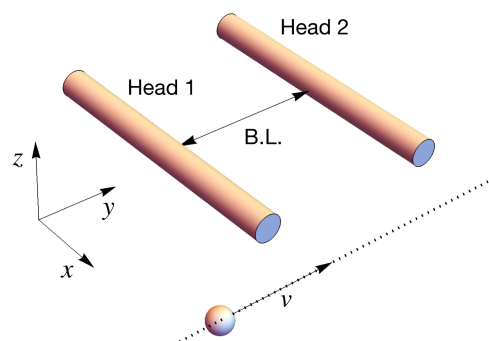


Fig. 1 Parallel gradiometer and magnetic particle traveling below it.

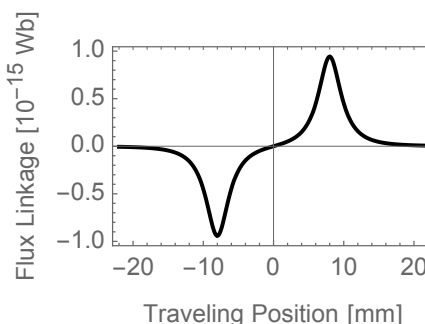


Fig. 2 Magnetic flux linkage to the sensor head cores when magnetic particle travels beneath cores.

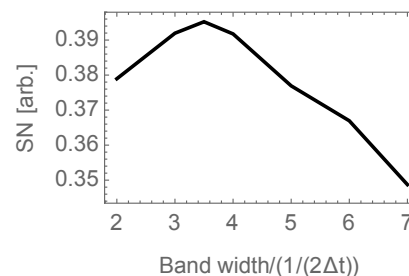


Fig. 3 SN ratio (arbitrary scale) vs. band width determined by the low-pass filter.