法政大学学術機関リポジトリ
HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2025-01-15

磁性粉末を用いた磁気シールドに関する研究

ASANO, Keita / 浅野, 佳太

(出版者 / Publisher)
法政大学大学院理工学研究科
(雑誌名 / Journal or Publication Title)
法政大学大学院紀要. 理工学研究科編
(巻 / Volume)
64
(開始ページ / Start Page)
1
(終了ページ / End Page)
2
(発行年 / Year)
2023-03-24
(URL)
https://doi.org/10.15002/00026386

磁性粉末を用いた磁気シールドに関する研究

RESEARCH ON MAGNETIC SHIELDING USING MAGNETIC POWDER

浅野佳太

Keita ASANO

指導教員　品川満

法政大学大学院理工学研究科応用情報工学専攻修士課程

Copper, conventionally used as a standard material for shielding materials, has been problematic because of its ineffectiveness against 100 kHz electromagnetic waves emitted by inverters inside electric vehicles. Therefore, we focused on magnetic materials with high specific permeability, and confirmed the shielding effect by conducting simulation analysis on shielding materials made of copper and magnetic materials.

***Keywords** : Shielding effectiveness，Magnetic powder，electromagnetic field simulation.*

1.　研究背景

近年，地球温暖化問題やエネルギー問題などの観点から化石燃料の代わりに電力をエネルギー源とし，二酸化炭素の排出が少ない電気自動車に対する注目が高まっている．しかし，電気自動車内部に存在するインバータ回路はスイッチングの際に低周波ノイズを発生させる[1]．さらにワイヤハーネスに高電圧・高電流がかかることでも電磁ノイズが発生する．電磁ノイズが制御ユニットへ混入することで誤作動・故障を引き起こす原因になっている．これらの電磁波の対策としてシールド材の使用が考えられている．シールド材は電磁波を反射や減衰などの効果により電磁波を遮断することが可能である[2]．また，車内の電子機器にシールドを適用するために低周波から高周波における広範囲において高性能かつ薄くて軽量なシールド材を開発する必要がある．

2.　シールド効果

シールド材の評価にはシールド効果を用いて評価していく．シールド効果(*SE*)とは，磁気シールドを介した電磁波がどの程度減衰したのかを示す値である．

現在，シールド材のシールド効果を測定する代表的な方法として KEC 法が挙げられる．本研究では，KEC 法を用いた EMPro の電磁界シミュレーションによりシールド材の評価を行う．シールド材を挟んだ状態の KEC 法での測定系を図 1 に示す．図 1 より治具にシールド材を挟み，隙間を無いように配置をした．Port1 からシミュレータ上でパルス波を入力し，Port2 でシールド材を通過した後の信号の電圧を測定する．この方法を用いて 100 kHz から 1 GHz の帯域でシールド効果の評価を行う．

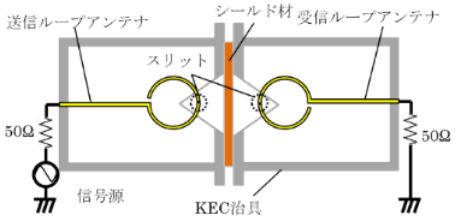

図 1．シールド材を挟んだ際の測定系

3.　研究目的

従来，シールド材に用いられた基準材質として銅が挙げられる． KEC 法を用いた縦 60 mm，横 60 mm，厚み 17 μm，導電率 5.8×10^7 S/m，比誘電率 1 の銅のシールド効果を解析したシミュレーション結果を図 2 に示す．

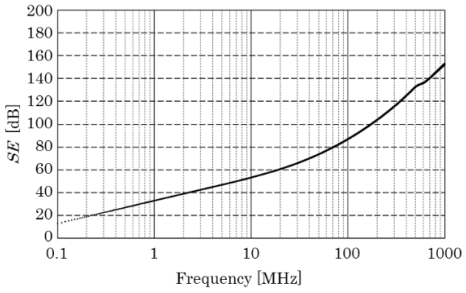

図 2．Cu17 μm の *SE* 結果

図 2 より銅は低周波側のシールド効果が低いことがわかる．これは銅の比透磁率が低いことが原因であると考えら

れる．このことから高い比透磁率を持つ磁性体に着目した[3]．磁性体の形状を変え，他の材料と組み合わせた際のシールド効果が明らかになっていない問題がある．そのため銅及び磁性体を用いたシールド材に対してシミュレーション上でモデル化及び解析を行うことで，磁性体のシールド材適用可能性を解明することを目的とする．

4. 導電体・磁性粉末複合モデルにおける粉末サイズ変更による *SE* への影響確認

従来解析で導電率・比透磁率が大きくなるにつれて *SE* が上昇する傾向を確認し磁性体がシールド材に適用可能であることを確認した．実利用シーンを考えた際に厚みと重さの観点からシールド単層より複雑な構造で用いられることで薄型になることが想定される．そのため導電体の中に磁性粉末を入れるような導電体・磁性粉末複合モデルを想定し，磁性粉末のサイズを変更することによる *SE* への影響確認と銅単層との *SE* 比較を行った．銅と磁性粉末を用いた導電体・磁性粉末複合モデルを図 3 に示す．図 3 より銅のシールド厚みは 18 µm に設定した．また，磁性粉末に用いた Ni のパラメータ設定は比誘電率を 1，比透磁率を 50，導電率を1.45×10^7 S/m と定義した．構造としては，シールド材内部に磁性粉末を 100 個配置している．図 3 に示した厚み 18 µm の Cu と Ni の磁性粉末を用いたときの導電体・磁性粉末複合モデル内部の磁性粉末の直径サイズを 1 ~ 5 mm と 5 段階変化させたときのシールド効果と単層 Cu 17 µm のシールド効果比較結果を図 4 に示す．

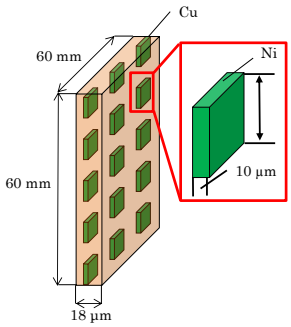

図 3. 導電体・磁性粉末複合モデル

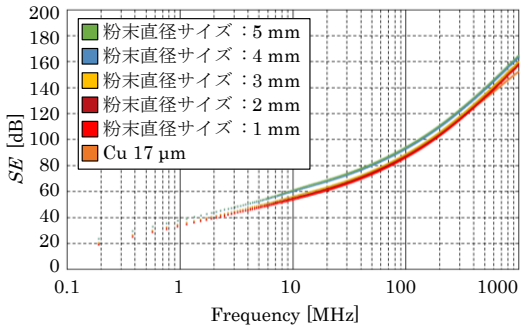

図 4. 磁性粉末サイズ依存確認 *SE* 比較結果

図 4 より，磁性粉末に用いた磁性材料の比透磁率を 50 で固定したところ，全てのサイズのモデルにおいて Cu 単体より高いシールド効果を確認した．また，今回は磁性粉末のサイズが大きくなればなるほど(磁性材料のシールド内部における体積が大きくなればなるほど)シールド効果が高くなることが確認できた．さらに今回，結果が重複しているため 0.1 ~ 1 MHz に拡大した図を図 5 に示す．

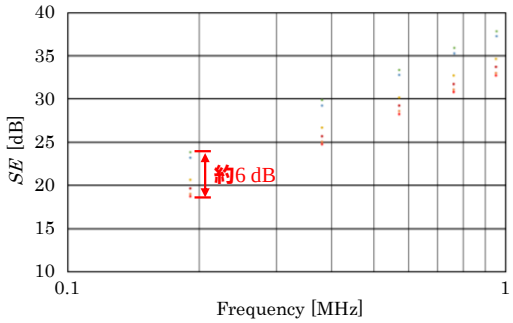

図 5. 磁性粉末サイズ依存確認 *SE* 結果(0.1 ~ 1 MHz)

図 5 より，低周波領域においても一番大きい磁性粉末サイズのモデルで約 6 dB ほどのシールド効果の差があることを確認した．Cu 単体が求める周波数帯(100 kHz)付近においてシールド効果が低かったことに対し，この結果は磁性粉末が低周波におけるシールド効果を上げる対応策になると考えている．今回はシミュレーションのパラメータ設定で解析を行ったが，実際にこのような材料を製造することができれば，実際に製品として利用することが可能であると考えた．

5. まとめと今後の予定

実利用シーンに近づけるため，銅と磁性粉末を用いた導電体・磁性粉末複合モデルの解析を行った．

検証として，導電体・磁性粉末複合モデル内部の粉末サイズを変更させたことによる *SE* への影響を確認した．結果として，磁性粉末の体積比率や磁性材料の比透磁率の値によっては低周波において銅単体よりも高いシールド効果を確認した．このことにより，パラメータ設定次第では銅単体よりもシールド効果が高くなるため，実際にほぼ同等のパラメータを持つ材質の研究が進めば，製品として利用できることが考えられる．

今後の予定として，磁性体を用いたシミュレーションモデル・メッシュ設定の改善及び，今回実測を行うことができなかったので，実測時の結果とのシールド効果比較を行う必要があると考えられる．

今後の展望として，導電体・磁性粉末シールドモデルの最適化により，従来まで対応できなかった周波数帯のノイズに対応可能になることで，磁気シールド開発において従来までは困難であったシールドモデルや解析が今後可能になると考えられる．上記より新たな製品の開発や研究の補助をすることが可能になると考えられる．

参考文献

[1] Chulsoon Hwang, “A Novel Shielding Effectiveness Matrix of Small Shield Cans Based on Equivalent Dipole Moments for Radio-Frequency Interference Analysis,” IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol 58, no. 3, pp 766-775, 2016.

[2] V. V. Dmitrenko, P. W. Nyunt, K. F. Vlasik, et al, “Electromagnetic shields based on multilayer film structures. ” Bulletin of the lebedev physics institute, vol. 42, no. 2, pp. 43-47, 2015.

[3] Sen Wang, “Research on Shielding Effectiveness Test of Bulkhead in a Compartment Shelter,” IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 61, no. 1, pp. 309-312, 2019.