

事例2

磁歪発電素子を利用した 電池や配線不要のセンサシステムの開発

東北特殊鋼 田山 巖*

*たやま つよき：研究開発部 機器開発チーム

URL：http://www.tohokusteel.com/

はじめに

東北特殊鋼では、振動発電器を組み込んだ自立型無線センサノードの試作機を開発した。さらに、このノードを工場各所に配置し、モータの振動や温度を常時モニタして、異常検出により故障を事前に検出するためのセンサシステムを試作した。

現在、自社工場の生産ラインのモータのモニタリングに試験運用しながら、商用化を目指したシステムの拡張開発を行っており、ここでは、これらの取組みについて紹介したい。

開発の背景(1)

Fe-Co系磁歪合金とその応用の開発

当社は自動車用耐熱鋼や電磁ステンレス鋼を中心とした鋼材の製造、加工、販売を行っている特殊鋼メーカーである。Fe-Co系の代表的な合金であるパーメンジュールなどの各種磁性材料も広く手掛けていることもあり、2012年度採択の科学技術振興機構(JST)復興促進プログラムのプロジェクトにおいて、弘前大学および東北大学と共同で、大きな磁歪特性を有し量産性に優れたFe-Co系磁歪合金の開発に成功した。

このFe-Co系磁歪合金は、従来特殊用途にしか使用されてこなかった磁歪材料(Tb-Dy-Fe合金、Fe-Ga合金)を、アクチュエータ、センサ、振動発電などの一般民生用途に応用されることが期待されている。当社では振動発電デバイスの開発も手掛けている。その発電能力をわかりやすい例で

例えば、磁歪合金の小片(2mm×5mm×70mm)を指で1回弾くと、1mJ程度かそれ以上のエネルギーが得られる。この発電量は、一般的にマイクロコンピュータを搭載したセンサノードが周囲の情報の取得と計算を行い、その結果を無線でホストコンピュータに送信するのに必要とされるエネルギーと同レベルである。

開発の背景(2)

当社製造ラインのモータ保守管理の状況

当社では特殊鋼鋼材の製造ラインにおいて約1,000台のモータを使用しており、ライン維持のために定期的な保守管理を行っている(写真1)。モータ設備トラブルのほとんどは、軸受(ベアリング)の摩耗などの異常に起因し、故障停止がとくに重大なロスにつながる重要設備については、保全担当者による振動計測または常設の測定機器による振動モニタリングが行われている。

振動計測は、ハンディタイプの振動計を用いて定期的の実施しているが、人による測定のパラッキや測定工数の都合などから、データの質や取得頻度が、保全管理上十分とはいえない。また常設の測定機器は、設置のための電源ケーブル、データケーブルの取回しが必要で、製品や生産オペレータの動線を遮らないように配線するためのスペース確保も大変であり、一部の設備から設置を始めたものの、当初予定した設備すべてに適用すると、設置コストが想定以上に嵩むことや、工場が配線で蜘蛛の巣のようになってしまうという危惧



写真1 システムを設置する鋼材工場の様子

もあり、計画を中断していた。

センサシステム開発の目的とコンセプト

振動発電は発展途上の分野であり、発電デバイスの有用性はシステムの一部となって機能することにより明確になると考え、発電デバイスはシステム組込みに最適化されたものを開発することにした。タイムリーにも、前述のように工場設備モータの保守管理の自動化および配線フリー（無線化）という要望があり、また工場は振動の宝庫でもあることから、磁歪合金応用デバイス開発と工場のニーズとがうまくマッチし、自社でセンサシステムを開発することになった。

開発するセンサシステムのコンセプトは、製造設備の動力源であるモータの振動と温度の検出を、配線フリー、メンテナンスフリー、および既存の工場に普及させやすい低設置コストである。試作したシステムでは、データを集中監視する親機にあたるホストPCと、モータに1台ずつ設置されデータの取得と無線送信を行う子機にあたるセンサノードで構成されている。センサノードはモータ振動を駆動電力に変換する振動発電デバイスを搭載し、配線なし電池なしとなるので、配線コストや、電池交換メンテナンスのコストがかからない。また、データ送信を無線で行うことにより、データ配線も不要となる。よって、モータへの設

置自由度が格段に高くなるというメリットが得られる。さらに、モータの状態の情報をPCで集中管理することにより保全管理工数も削減することができる。

システム構成技術(1) Fe-Co系 磁歪振動発電の原理とデバイス構造

磁歪とは、磁性材料全般に見られ、磁化することによって伸縮する現象で、ジュール効果とも呼ぶ。また、この磁化した磁性材料に外部から力を加えて変形させることにより、材料内部の磁化が変化する現象はピラリ効果あるいは逆磁歪効果と呼ばれる。磁歪材料と呼ばれるのは、これらの現象がとくに顕著に現れる材料である(図1)。

Fe-Co系磁歪合金はプラスの磁歪、すなわち磁化した方向に伸びる磁歪材料である。逆に磁化して伸びた材料を元に戻そうと縮ませる(歪ませる)と磁化が減少する。材料の伸縮の繰返しは、材料の磁化の増減の繰返しになり、これをソレノイド内で行うと電磁誘導の法則により電気が発生する。これが磁歪振動発電の原理である。試作したアーム構造の発電デバイスでは、アームが上下に振れる動作によりアームを構成している磁歪合金が歪み、その結果ソレノイド内部の磁束が変化することにより電圧が発生し電流が流れる。図2の試作デバイスの場合、梁を指で軽く1回弾くと1mJ程度の電気エネルギーが得られる。

振動発電器は機械や自然の環境の振動によって強制振動させる使い方が多くなると想定されるが、発電器と環境の振動とが共振するとき効率が最大となるため、設置する環境に合せた設計が必要である。現在企業や大学などで、振動数の共振領域の広帯域化や発電効率向上のためのさまざまな開発が行われているが、当社においても、より汎用性が高く効率の良い発電装置を開発中である。

システム構成技術(2) センサノードの構成ユニット

センサノードは、宮城県の公設試験研究機関で