

学内研究組織（2024 年度）

研究課題：「電流と磁気の相互補完による電磁非破壊検査法の適用範囲拡大と信頼性向上の検討」

電流と磁気の相互補完による電磁非破壊検査法の適用範囲拡大と 信頼性向上の検討

Expansion of Application Range and Improvement of Reliability in Electromagnetic
Non-Destructive Testing using Mutual Complementation of Current and Magnetic Field

福岡 克弘（FUKUOKA Katsuhiko）

1. はじめに

磁粉探傷試験では、き裂の長手方向に対して直交方向に磁化しないと、き裂からの漏洩磁束が少なくなり、鮮明な探傷結果が得られない。しかし、検査対象物に存在するき裂の向きを、検査前に特定することは一般的には困難である。そこで、一度の試験で全方向のき裂が探傷でき、且つき裂の見落としのない検査を実現するため、回転磁界を用いた磁粉探傷試験を検討した。

本研究では、広範囲に均一な回転磁界を発生させるため、磁化器の各磁極を分割した分割コイル型磁化器（分割コイル）を提案した。有限要素法解析により回転磁束密度分布を評価し、分割したコイルの最適な配置角度を検討した結果について報告する。

2. 分割コイルにより生じる回転磁束密度分布の評価と磁極の最適配置角度の検討

従来から用いられている 3 極コイル磁化器と、本研究で開発した分割コイル磁化器で生じる試験鋼板表面における回転磁束密度分布を、有限要素法を用いた数値解析により比較評価した。Fig.1 に示すのは、本研究で提案する分割コイルの解析モデルである。ここで示すのは、分割したコイルの配置角度を 60° とした解析モデルである。分割コイルは励磁コイルのサイズが小さくなるため、3 極コイルと同じ電流値で励磁した場合、試験鋼板内の磁束密度は、磁化器中央部で約 1 割小さくなった。そこで、磁化器中央部における磁束密度強度をそれぞれのモデルで等しくなる電流条件で特性を評価した。

Fig.2 に、3 極コイルと分割コイルにおける回転磁束密度の評価位置（PointA～F）を示す。磁化器の PointA～F に対向する鋼板表面（表面下 0.75mm）における X 方向の磁束密度 B_x を横軸、Y 方向の磁束密度 B_y を縦軸としたリサージュ曲線を Fig.3 に示す。本報告では PointA, B, D, E の結果について示す。磁化器中央の PointB においては、3 極コイルと分割コイルのどちらのリサージュ曲線も真円となり、X,Y 平面の全方向に同じ強度の磁束密度が得られる。つまり、均一な回転磁束密度分布であることが確認できる。また、両磁化器での磁束密度は等しいため、2 つのリサージュ曲線は重なる。磁化器中央位置から離れるにしたがい、リサージュ曲線は楕円形となり、各方向における回転磁束密度強度に偏りが生じることが判る。しかし、分割コイルでは 3 極コイルに比較し

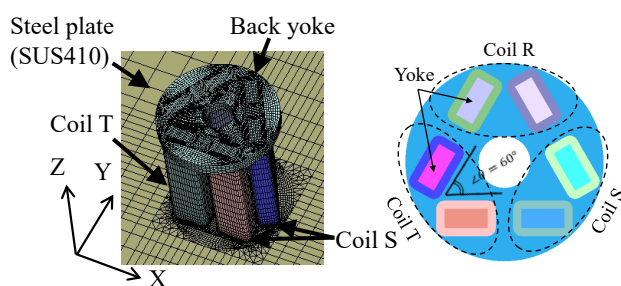


Fig.1 Numerical analysis model in split coil.

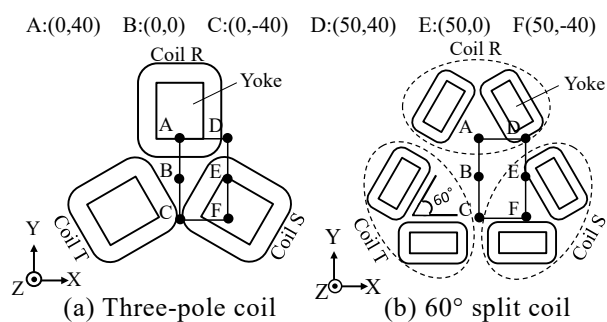


Fig.2 Evaluation points of rotating magnetic flux density in three-pole coil and 60° split coil.

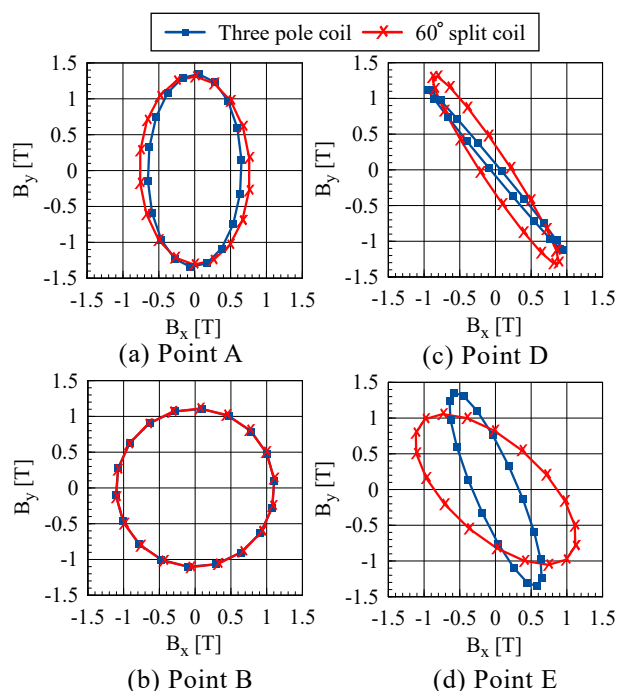


Fig.3 Comparison of Lissajous curves in three-pole coil and 60° split coil.

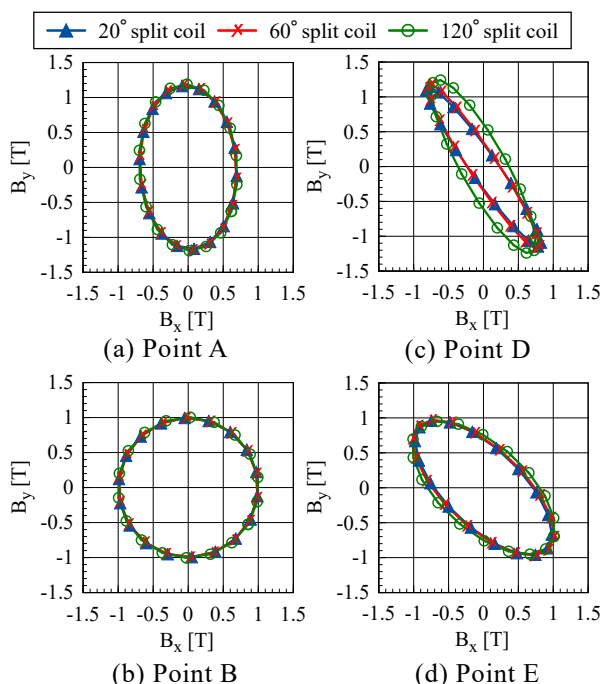


Fig.4 Comparison of Lissajous curves in 20°, 60° and 120° split coil.

て、磁化器中心から離れた位置においても真円に近いリサージュ曲線が得られ、より均一な回転磁束密度分布となる。磁化器の磁極外側の領域である **PointD** に着目すると、特定方向に強い磁束密度（ 135° , 215° 成分）が生じる。しかし、3 極コイルにおいてはそれに直交する成分の磁束密度はほとんど発生せず、リサージュ曲線は薄く直線状になる。一方、分割コイルにおけるリサージュ曲線はある程度幅を持つことが判る。**PointE** においても、分割コイルでは各方向成分の磁束密度強度が平均化され、均一な回転磁束密度分布を得られることが確認される。

次に、分割したコイルの最適な配置角度について検討した。本報告では、 $20, 60, 120^\circ$ 分割コイルモデルの結果を記述する。Fig.4 に、各分割コイルモデルにおける回転磁束密度分布の比較を示す。**PointA, B** の位置では、各リサージュ曲線が重なり、各磁化器における回転磁束密度分布はほぼ等しい。**PointD, E** においては、 120° 分割コイルのリサージュ曲線が他のモデルに比べてより幅を持つ。ここで、各モデルにおける磁極内側領域の面積を算出すると、 120° 分割コイルモデルの面積が最も広く、 $1.28 \times 10^4 \text{ mm}^2$ であった。したがって、磁極内側の面積が最大になるコイルの配置角度 120° とすることで、より広範囲に均一な回転磁束密度分布が得られることが確認された。