

様々な形状をもつ超伝導テープ線材における大振幅交流磁場中の履歴損失

Hysteretic Losses of Superconducting Tape Wires with Various Geometries

in Large-Amplitude ac Magnetic Fields

産総研¹ ○馬渡 康徳¹, (P)東 陽一¹

AIST¹, ○Yasunori Mawatari¹ and Yoichi Higashi¹

E-mail: y.mawatari@aist.go.jp

超伝導線材・導体を交流電力機器等に応用するためには、交流損失の低減は重要な課題の一つである。特に大振幅の交流磁場のもとで、超伝導線材は磁場振幅に比例する大きな履歴損失を生じるので、この場合の履歴損失を精密に評価する必要がある。Fig. 1 に示す平坦なテープ線材のような単純な幾何学的形状の場合は、臨界電流密度 J_c を一定とする臨界状態モデルを基に、任意の交流磁場振幅に対する履歴損失の理論表式が得られている[1]。しかし、テープ線材をツイストした TSTC 導体[2]や円筒上に螺旋巻きした CORC 導体[3]に対して、履歴損失の解析的表式を得ることは難しい問題である。

本研究では、様々な形状をもつ超伝導線材について J_c 一定の臨界状態モデルを基に、大振幅の交流磁場に対する履歴損失を理論的に導く一般的な手法について考察した。超伝導線材中の遮蔽電流による磁場(すなわち外部からの磁場が線材中心に到達する磁場)より十分大きい振幅をもつ交流磁場の場合は、Faraday-Maxwell の誘導則における磁束密度を外部印加磁場に置き換えることができる。これを積分して電場、電流密度、および履歴損失の理論表式が簡便に導かれる。この手法による履歴損失の解析的表式は、Fig. 1 のような平坦なテープ線材の場合は文献[1]の結果に、Fig. 2 のような薄い円筒状線材の場合は文献[4]の結果に一致することを確認した。さらに、その手法をツイスト形状[2]および螺旋形状[3]をもつテープ線材に適用し、これらの線材の大振幅交流磁場中の履歴損失の理論表式を導いた結果についても報告する。

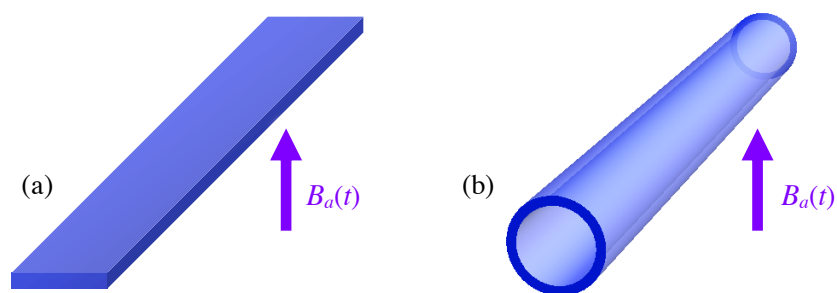


Fig. 1: Schematic of superconducting wires in transverse ac magnetic fields $B_a(t) = B_0 \cos \omega t$:

(a) flat tape wire and (b) thin tubular wire.

本研究は、NEDO 委託事業「高温超電導実用化促進技術開発」の一環として行われました。

[1] M. R. Halse, J. Phys. D **3**, 717 (1970); E. H. Brandt *et al.*, Europhys. Lett. **22**, 735 (1993).

[2] M. Takayasu *et al.*, Supercond. Sci. Technol. **25**, 014011 (2012).

[3] D. C. van der Laan *et al.*, Supercond. Sci. Technol. **22**, 065013 (2009).

[4] Y. Mawatari, Phys. Rev. B **83**, 134512 (2011).