

ローレンツ力を用いた鋼板の渦電流探傷試験

日大生産工(院) ○田村 寛治 日大生産工 小井戸 純司
 日大生産工(研究員) 日比野 俊 日大生産工 加藤 修平

1 まえがき

管、棒、板などの鋼材に直流磁気を掛けた状態で渦電流を誘導すると、その渦電流にローレンツ力が働く。鋼材の渦電流試験では、表皮効果によって渦電流の浸透深さが浅くなるが、ローレンツ力で渦電流を制御することにより渦電流分布が変化し浸透深さが深くなると期待される。したがって、通常は困難な深部や裏面きずの探傷などを行える可能性がある。そこで、本研究ではローレンツ力を用いた鋼板の裏面きずの渦電流探傷試験について検討した。

2 原理

Fig.1にローレンツ力の原理と本研究に用いたタンジェンシャルコイルを示す。荷電粒子が磁束密度中を運動すると力を受ける。これをローレンツ力という。式(1)に示すように、ローレンツ力による力 f は渦電流 J と磁束密度 B の積で求まる¹⁾。そして、大きさは式(2)に示すとおりである。

$$f = J \times B \quad (1)$$

$$|f| = |J \times B| = JB \sin \theta \quad (2)$$

式(2)より、渦電流に作用するローレンツ力は角度 $\theta = \pi/2$ radのときに最も影響が強いと考えられる。

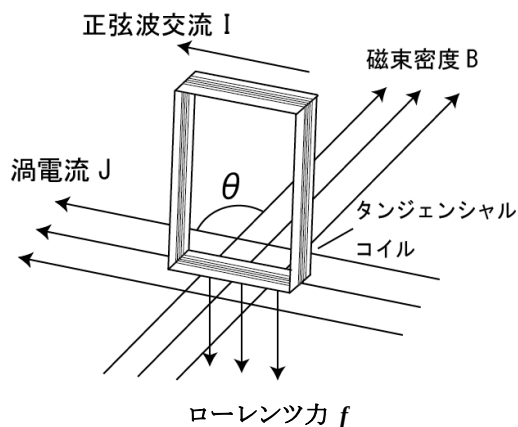


Fig.1 原理図

3 実験方法および測定方法

試験体として200mm×200mm×6mmの鋼板(鋼板:SS400)を用いた。試験体には、裏面に深さ4mmの人工きずを加工している。試験プローブのタンジェンシャルコイルは、巻線径0.2mm、巻数90回として作製した。Fig.2に実験装置を示す。試験体にタンジェンシャルコイルと直流磁化器を設置した。

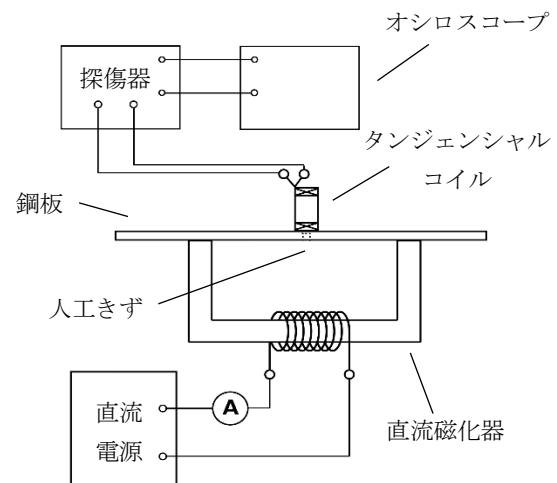


Fig.2 実験装置

まず、磁化のない状態で角度 $\theta = 0, \pi/2$ rad、試験周波数を4kHz、10kHz、40kHzまで変化させ、鋼板を試験プローブで走査した。次に、磁化電流 $I_{dc} = 2.0$ Aで直流磁化器

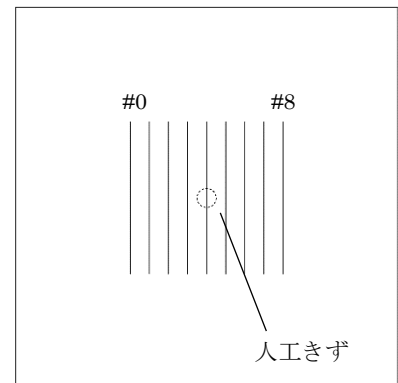


Fig.3 実験装置

によって試験体を磁化し同様の角度、周波数で走査した。鋼板の走査は、Fig.3に示すように#0から#8の線上了を行った。

Eddy Current Flaw Detection of Steel Plate using Lorentz Force

Kanji TAMURA, Junji KOIDO, Takashi HIBINO and Shuhei KATO

4 実験結果および検討

Fig.4(a)、Fig.4(b)は、試験体を $I_{DC}=2\text{ A}$ で磁化し、試験周波数 $f=4\text{ kHz}$ 、角度 $\theta=\pi/2\text{ rad}$ のときのスキャン結果である。Fig.4(a)は、オシロスコープのXch、Fig.4(b)はYchの波形であり、リフトオフ雑音がXchに出力されるように位相を調節した。グラフのX軸は、走査する線上の位置、Y軸は走査する線の番号、Z軸は電圧を表している。Fig.4(b)を見るとY軸の4番の波形において電圧が大きく変化していることが確認できた。人工きずは4番目に位置しているためきずを検出できたと考えられる。

次にFig.5(a)、Fig.5(b)は、人工きずがある4番目を試験周波数 $f=4\text{ kHz}$ 、試験体を $I_{DC}=2\text{ A}$ で磁化したときと磁化しないときで、角度 $\theta=0, \pi/2\text{ rad}$ のときをスキャンした結果である。Fig.5(b)を見ると磁化しない場合は、波形の変化ほとんど見られずきずを検出できないことが分かる。 $I_{DC}=2\text{ A}$ で磁化し、角度 0 rad のときはきずの付近で電圧の変化が 0.01 V 得られた。また、 $I_{DC}=2\text{ A}$ で磁化し角度 $\pi/2\text{ rad}$ の場合もきずの部分で電圧の変化が 0.04 V 得られた。この2つを比べると角度が 0 rad に比べて $\pi/2\text{ rad}$ の方が信号の変化が約4倍あることが確認できた。このことからローレンツ力が影響していると考えられる。

5 まとめ

本研究では、ローレンツ力を用いた鋼板の渦電流探傷試験による裏面きずの検出について検討した。磁束密度と渦電流の角度を変化させることにより、渦電流にローレンツ力を働くとときと働かないときを比較した。このことから、渦電流をローレンツ力で制御して浸透深さを深くすることが可能であることを確認できた。

今後、装置の小型化をはかり、実用性を向上させる計画である。

「参考文献」

1)宮島、ファイマン物理額III電磁気学、岩波書店、p.p161-162 (1986)

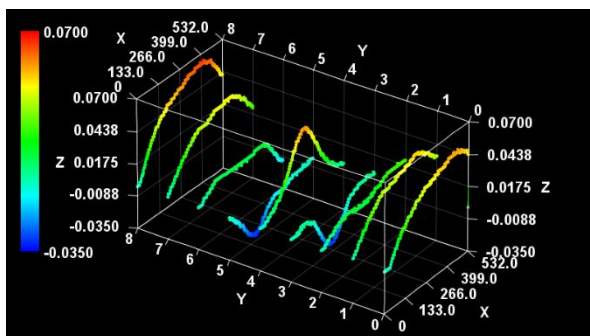


Fig.4(a) スキャン結果の 3D 表示(Xch)

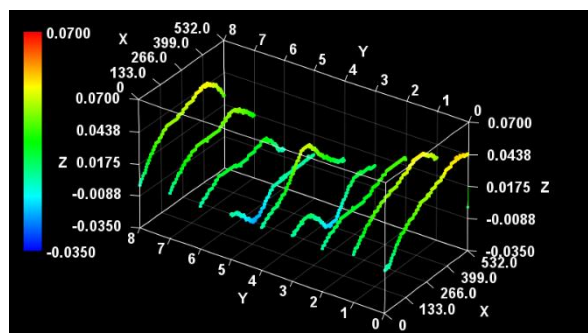


Fig.4(b) スキャン結果の 3D 表示(Ych)

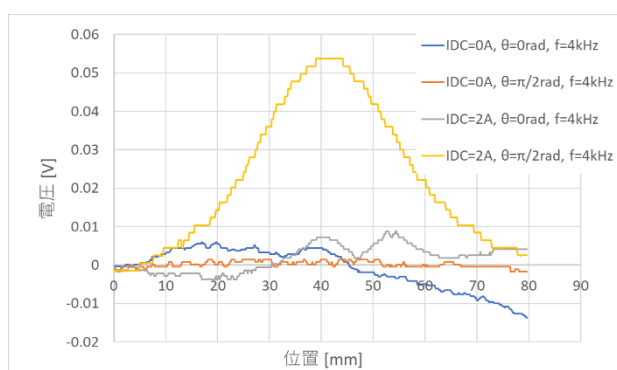


Fig.5(a) きずに対するスキャン信号(Xch)

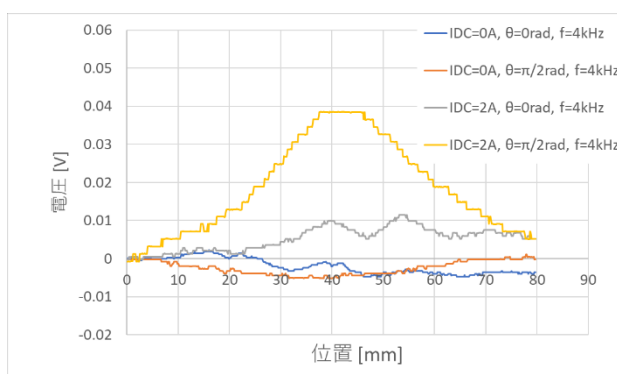


Fig.5(b) きずに対するスキャン信号(Ych)