

## 船舶建造用鋼材の磁気 -2- レーザー加工の効果

## Magnetic Property of Ship Building Steel, -2- Effect of Laser Cutting

艦磁研<sup>1</sup>, ○廣田 恵<sup>1</sup>Naval Ship M&UEP R.C.<sup>1</sup>, °Megumi Hirota<sup>1</sup>,E-mail: [megumi.hirota@nmurc.com](mailto:megumi.hirota@nmurc.com)

## 1. はじめに

船舶の航行安全を図る脱磁は第2次大戦以来多くの国で研究[1,2]されているが、研究対象の秘匿度が高く、材料特性から必要な脱磁レベルまでを明らかにしたものは少ない。我々は従来多く試みられている船舶に電線を巻付ける方式の問題点を避け、高温超伝導電線技術を利用し、海底設置の電線による船舶脱磁の研究[3]に取り組んでいる。その一環として入手可能な建造用の高張力鋼材の磁気特性から適正な船舶脱磁を組み立てることを試みている。前報[4]に於いて船舶建造用高張力鋼材 SM490 及び自動車用冷間圧延高張力鋼材 SPFC980 についてレーザー加工及び機械加工による磁気特性の相違を示した。その原因としてレーザー加工による熱解析を進めたので論じる。

## 2. 試験片の加工と磁気特性への効果

市場に流通している板材から、円環ソレノイドを形成するドーナツ状の試験片を切出す。この加工を切欠きによる機械加工とレーザー加工によって行った。この試料の磁気特性を直流磁気特性測定機で測定したところ、同一材料で抗磁力及び飽和磁化に大きな相違はないが、ヒステリシス曲線に Figure 1 に示す明白な相違が見られ、ミクロな磁気特性の分布[5]がレーザー加工により影響されることが明らかになった。

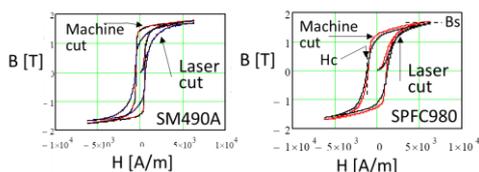


Figure 1. B-H curve measured for high-tensile steel samples.[4]

## 3. レーザー加工時の試料熱解析

鋼材板をレーザー光照射により切断する場合の熱分布を求め試料の磁気特性に変化を及ぼす範囲を推測した。照射による温度変化、板材内熱移動、表面からの熱放出は以下の式で表される。

$$C_{fe}\rho_{fe}rdr\Delta z\frac{dT}{dt} = \lambda_{fe}\left\{\frac{\partial T}{\partial r} + r\frac{\partial^2 T}{\partial r^2}\right\}dr\Delta z - \alpha r(T - T_{rt})dr$$

$C_{fe}$ : Heat Capacitance,  $\lambda_{fe}$ : Thermal conductivity,  
 $\alpha$ : Surface emission parameter,  $\rho$ : density,  
 $\Delta z$ : Thickness,  $T_{rt}$ : Room temperature,  
 $T_{fem}$ : Melting temperature.  
 $\Delta r$ : laser spot radius,  $W_{laser}$ : Laser power.

前報では時間的に定常状態に達した場合の結果を求めたが、今回、レーザー加工は照射範囲内の材料が融けるまでの限られた時間の熱供給として照射点周辺の温度上昇及びその分布を求めた。

板材の厚さ  $\Delta z = 10^{-3}$  m, 照射点半径  $\Delta r = 10^{-4}$  m, レーザー出力  $W_{laser} = 1$  kW, 鋼材の物性値を用い、 $\alpha = 0.01 \lambda_{fe}$  として照射点からの距離  $r$  方向の温度分布が得られた (Figure 2)。

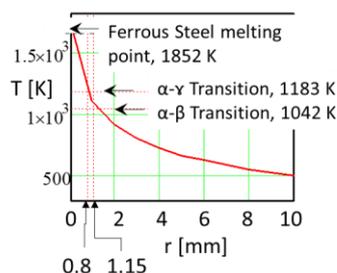


Figure 2. Calculated temperature distribution of steel plate around laser spot.

加工して製作した試験片は内径 33 mm, 外径 45 mm, 厚さ 1~4.5 mm の円盤状を成しており、レーザー加工によって上昇する温度分布は加工面から垂直の距離依存と推測することができる。試料とした鋼材の強磁性—常磁性転移温度 1042 K 及び結晶構造の転移温度 1183 K にレーザー加工により達する試料範囲の計算結果は約 1 mm となり、試料容積の約 33 % ( $=1/(45-33)/2$ ) となる。従って、レーザー加工時の温度上昇は試料の磁気特性に全量ではないが無視できない範囲で影響を及ぼしていることが理解できた。

## 4. 今後の方針

レーザー加工の効率性に鑑み、磁気特性の研究に当たって、抗磁力値の大きい船舶建造用の高張力鋼材厚板へのレーザー加工の適用性を検討する。

謝辞 この研究は艦磁研事業別研究会「超伝導デパーミングの研究」の一環として実施した。鋼材試験片の磁気測定は理研電子(株)の測定機材提供による。

参考文献 [1] Baynes T., Russell G. and Bailey A., (2002) UDT KOREA. [2] Birsan M., (2019) MARELEC, Woods Hole, USA. [3] M. Hirota, J. Ship. Ocean. Eng., 7 (2017) 93. [4] 廣田, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 (2019) 21a-PA1-13. [5] Bertotti, G., *Hysteresis in Magnetism*, Academic Press, 1998.