



ORIST

Technical Sheet

No. 18-10

低透磁率計による非磁性ステンレス鋼の品質管理

キーワード：非磁性ステンレス鋼、品質管理、比透磁率、加工誘起マルテンサイト

はじめに

SUS304 を代表とするオーステナイト系ステンレス鋼は、耐食性、加工性に優れた非磁性鋼として、家庭用品や建物金具などの身近なものから、電子ビームやイオンビームを用いる実験装置など先端技術分野に至るまで、幅広く使用されています。特に先端技術分野で非磁性であることが必要とされる理由は、強磁性体が存在すると磁気ノイズ、電力損失、熱発生などの原因となるためです。しかし、SUS304 などの非磁性ステンレス鋼は、冷間鍛造や曲げ加工などによって強磁性であるマルテンサイト相が生じ、磁性を帯びる可能性があることが知られています。そのため、加工後の製品がどの程度磁性を帯びているか確認するためには、加工されたままの状態、比透磁率を測定する必要があります。ここでは、加工した非磁性ステンレス鋼の品質管理のため、比透磁率を容易に測定できる低透磁率計を導入しましたので紹介します。

低透磁率計の特徴

導入した計測器は、ポータブル型低透磁率計 (Stefan Mayer Instruments 製フェロマスタ) です。これは、比透磁率が 1.001 から 1.999 の常磁性材料や、加工によって弱く磁化された非磁性ステンレス鋼製品の比透磁率を容易に測定できる計測器です。図 1 に示すように、加工後の比透磁率を調べたい部分にプローブで触れると、測定値がディスプレイに表示されます。

フェロマスタによる測定は、低透磁率材料の比透磁率測定について定めている ASTM A342 規格に準拠しています。その測定原理の概略を図 2 に示します。プローブは永久磁石と磁場センサを内蔵しています。永久磁石と磁場センサは、被測定物が存在しないとき、図 2(a) のように、永久磁石のつくる磁力線と磁場センサの検出方向 (図 2 の白矢印) が垂直になるように配置されています。このため、被測定物が存在しないときは何も検出されず、このと



図 1 低透磁率計使用の様子

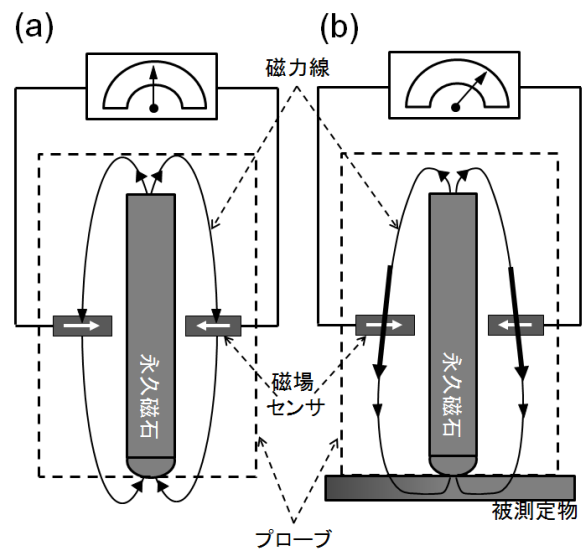


図 2 測定原理の概略図

き比透磁率は 1 となります。弱く磁化された被測定物が存在するとき、図 2(b) のように磁力線が歪められ、磁力線が磁場センサの検出方向成分を持ち、その成分を検出することで比透磁率を求めます。また、図 2 のように 2 つの磁場センサを差動的に配置することで、地磁気の影響をほとんど排除することができます。さらに、本体内部のオートゼロ機構により、電源を入れると自動で比透磁率 1.000 が表示され利用可能状態になります。フェロマスタの仕様を表 1 に示します。

表 1 フェロマスタ仕様

比透磁率 μ_r 測定範囲	$\mu_r = 1.001 \sim 1.999$
分解能	0.001
較正確度	$(\mu_r - 1) \times 5\%$
動作温度	0 ~ 50 °C
プローブ先端 の磁場強度	~35 kA/m
バッテリー	9 V アルカリ電池
連続使用時間	約 50 時間
プローブ寸法	19φ × 35L mm
センサーケーブル長	1.5 m
重量	280 g

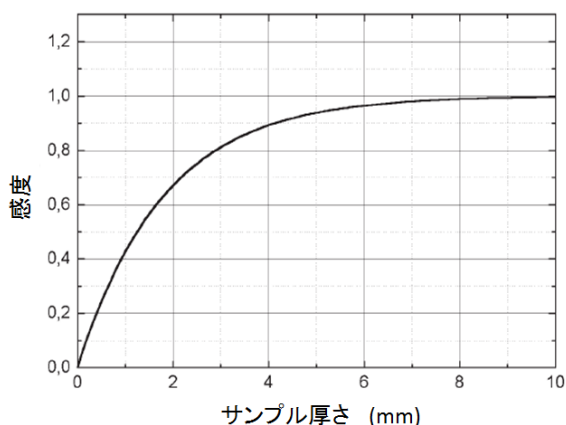


図 3 サンプルの厚さと感度の関係

次に、フェロマスタを利用する際の注意点について説明します。フェロマスタのプローブには、原理の説明で述べたとおり、永久磁石が精密に配置されていますので、低透磁率ではない、通常の磁石や強磁性体に触れるとプローブが破損します。また、測定サンプルの残留磁気の影響を避けるために測定前にサンプルを消磁することが勧められています。逆にプローブ内の永久磁石による磁界によって測定サンプルが磁化されるおそれもありますので、測定は短時間で行う必要があります。測定サンプルの寸法については、小さいサンプルの測定結果はその寸法に依存します。サンプルの寸法に依存しないためには、5 mm 以上の厚みと 2 cm 以上の直径が必要です。サンプルの厚みと感度の関係を図 3 に示します。ここで、感度とは、

$$\frac{\text{比透磁率(測定値)} - 1}{\text{比透磁率(真値)} - 1}$$

で定義されます。図 3 に示すように、サンプルの厚さが十分でない場合は実際の比透磁率よりも小さい値が表示されます。

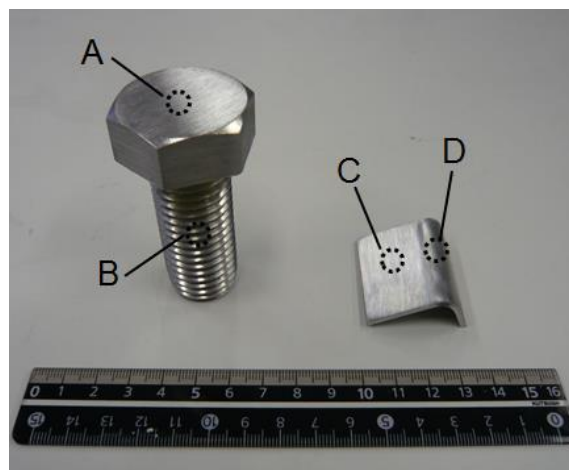


図 4 測定例とした試料と測定位置

表 2 測定結果

測定位置	比透磁率
A	1.624
B	1.225
C	1.024
D	1.051

測定例

測定例として、図 4 に示す SUS304 で作製されたボルトと板について、ボルトの頭部(A)とねじ部(B)、および板の平坦な部分(C)と曲げた部分(D)の比透磁率をフェロマスタで測定しました。測定結果を表 2 に示します。結果から、ボルトにおいては、ねじ部よりも頭部の方が比透磁率は大きいことが分かりました。この原因としては、冷間鍛造されたボルトの頭部の方がねじ部よりも加工の影響が大きく、加工誘起マルテンサイト相の割合が多いことが推測されます。また、板については、曲げている部分の比透磁率が曲げていない部分よりも大きくなっていることが分かりました。

おわりに

このように、低透磁率計を用いることで加工部分の比透磁率を容易に測定でき、非磁性ステンレス鋼の加工後の品質管理に利用することができます。その他、非磁性ステンレス鋼以外の加工品の非破壊検査、また、電子顕微鏡など、非磁性であることが必須な装置の材料選択などの応用も考えられます。品質管理や製品開発など、お気軽にご相談ください。皆様のご利用をお待ちしております。