

冷延鋼板 r 値のオンライン計測

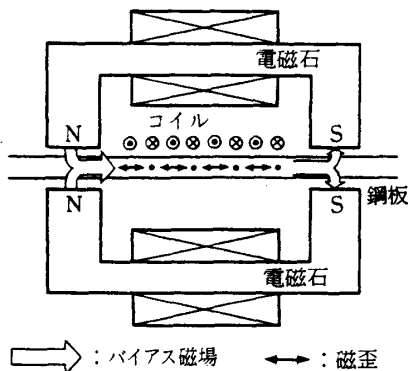


図1 磁歪型電磁超音波プローブ

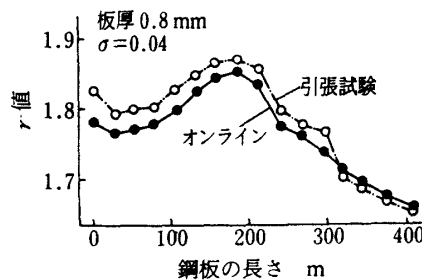


図2 テストコイルでの評価

1. はじめに 自動車や家電製品の外装に多く使用される薄い鋼板（冷延鋼板）の材質を特徴づけているのは r 値である。これまで引張試験片を切り出して破壊的に測定しているが、全点計測のために非破壊・非接触な測定法の出現が待たれていた。その候補として研究されてきたのが X 線回折と超音波伝ば速度であるが、後者が先に実用化した。

2. 集合組織と異方性 金属材料を構成している結晶粒の方位がランダムでなくある傾向で分布しているとき、その材料は集合組織をもっているという。引張試験片に伸びを与えて観測される引張方向、幅方向、板厚方向の塑性ひずみ ($\epsilon_L, \epsilon_b, \epsilon_t$) の総和はゼロである。このとき ϵ_b/ϵ_t の比は力学的には決まらず、材料の集合組織で決定する。この比が r 値である。(111) 面が圧延面に多くそろった鋼板では高 r 値となり、配向が完全にランダムなときは $r=1$ である。 r 値が大きい板はプレス加工する時に板厚が減少せず、破断しにくい。

超音波伝ば速度も集合組織に依存し、弱いながら直交異方性を示す⁽¹⁾。利用可能ないくつかの超音波モードのうち板波を圧延方向、幅方向、45° 方向に伝ばさせ、面内の平均速度から平均 r 値を推定する方法をとった。つまり、とも

に集合組織に依存する塑性異方性と弾性異方性を直接関連づける方法である。

3. 電磁超音波プローブ オンライン計測に利用できるプローブを新たに開発した(図1)。これは、電磁石と蛇行型平面コイルで構成され、磁歪(伸びひずみ)を作動原理としている。プローブ直下ではコイルが作る動的な磁場がバイアス磁場に重ね合わされる。これらの方向が一致すると磁束密度が大きくなり、磁歪も大きくなる。逆方向のところは伸びが小さい。この磁歪による伸縮が超音波の起振源であり、コイル間隔が波長に合っているとき変換効率がよい。受信の際は、超音波に伴う応力によって透磁率が変化する現象を利用し、コイルがそれに平行な鋼板表面の誘導電流を検出する。このように誘導磁場を通じて超音波の送受信を行うので、ライン鋼板から浮いた状態(リフトオフ)でも測定できる。この変換方式は、磁区構造が容易に変化できる弱い外部磁場のもとで有効であり、非接触測定に適している。

4. オンライン計測 このプローブ3対を3方向に配置して板波伝ば時間を測定し、平均伝ば時間と較正曲線から r 値を計算する。1点の出力に要する時間は20msと短い。リフトオフは、厚さ2mmの鋼板でも5mmまで可

能である。板厚/波長で決まる速度分散、温度、およびリフトオフに対して補正することにより広範囲の鋼種にわたって標準偏差0.07以下のオンライン r 値計測が実現した⁽²⁾。ライン速度については400m/minまで、その他張力や工場内の磁気ノイズなどの影響も受けない。図2は、焼鈍条件を再結晶温度以上で大きく変化させながらテスト鋼板を走行させたときの出力例である。オンライン測定後に小さく分割し、引張試験から求めた r 値と比較している。

5. おわりに 住友金属工業(株)と共同で研究した r 値計測システムを紹介した。同社鹿島製鉄所の冷延工場連続焼鈍ラインで1年以上連続して順調に稼働している。この実用化に続いて海外でも数箇国で開発が進められている。材料内部を非破壊的に見る手段は超音波以外になく、成長中の集合組織を通じてプロセスをモニターするなど将来に発展が期待される分野である。

文 献

- (1) 福岡・ほか2名, 音弾性の基礎と応用, (1993), オーム社。
- (2) 藤沢・ほか5名, 電磁超音波による冷延鋼板のオンライン r 値計測の開発, 鉄と鋼, 79, (1993), 869.
[平尾雅彦 大阪大学]
(原稿受付 1993年12月15日)