

丸棒の微小表面欠陥検出技術

Minute Surface Defect Detection Technology for Round Bars

1. はじめに

JFE スチール西日本製鉄所（倉敷地区）の鋼片工場では、 $\phi 90\sim 450\text{ mm}$ までの丸ビレットを製造しており、表面欠陥の検査は漏洩磁束探傷機（Magnetic Leakage Flux Tester, MLFT）により自動探傷している。厳格用途への適用を拡大していく上で、より高度な表面品質が求められており、探傷性能のレベルアップが必要となっている。通常探傷では検出できない微小表面欠陥の検出技術である2レベル判定法を確立したので、その内容を紹介する。

2. 鋼片工場設備概要

2.1 鋼片工場丸ビレット精整

鋼片工場にて圧延した丸ビレットは、**図1**に示す丸ビレット精整ラインにて表面・内部検査、手入れを実施する。処理は両端のバリ取り、MLFTによる表面検査、Automatic Ultrasonic Tester (AUT) による内部検査を実施後に、表面欠陥をグラインダーで手入れ除去する。手入れ部の欠陥残存状況を、その後の磁粉探傷装置（Manual Magnetic Tester, MMT）で検査して手入れ部に欠陥残りがあれば、再度グラインダー手入れを行う連続したライン配置となっている¹⁾。

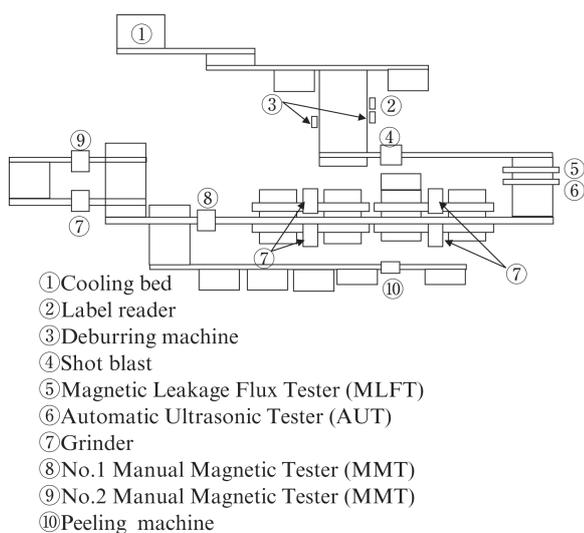


図1 丸ビレット精整レイアウト

Fig. 1 Layout of round billet finishing yard

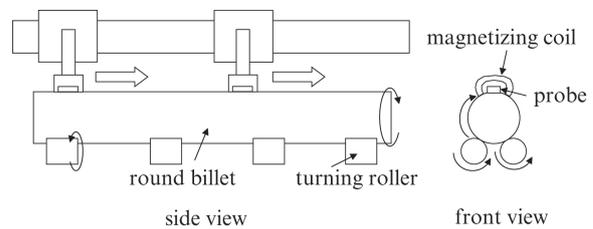


図2 MLFTの概要

Fig. 2 Schematic of MLFT

2.2 MLFTの概要

丸ビレットの表面検査を行う MLFT の概要を**図2**に示す。丸ビレットをターニングローラーにて回転させながら励磁コイル、検出プローブを長手方向に動かすことで全周検査を実施している。丸ビレットを励磁コイルにて磁化させると、きず部より磁束が漏洩する。（以降、きず：MLFTで検出した信号、欠陥：きずの内有害なもの、と定義。）その漏洩磁束をプローブにて検出することで、表面探傷を行っている。

3. 微小表面欠陥検出技術の開発

3.1 2レベル判定法の概要

丸ビレットを磁化させた時の漏洩磁束の概念図を**図3**に示す。深く鋭いきずがある場合 (a) は磁束が大きく漏洩し、大きなきず信号として出力される。一方、深さが浅いきず (b) は、漏洩する磁束が小さくなるため、きず信号出力が小さくなる。厳格用途の浅い表面欠陥流出に対しては、一般的に探傷基準の厳格化が対策となるが、表面粗度や搬送振動に起因するノイズの検出（過検出）が増加してしまう。閉口したきず (c)、表面で幅広く開口したきず (d) についても、同様に漏洩磁束が小さくなるため、探傷基準の厳格化では

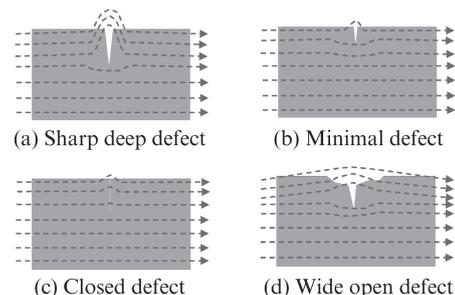


図3 きず部における漏洩磁束の概念

Fig. 3 Schematic of leakage magnetic flux in the defect

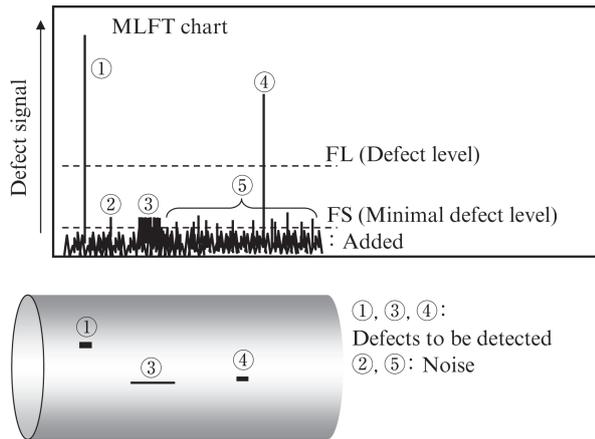


図4 2レベル判定法の概念図

Fig. 4 Schematic of 2 level judgment method

表1 2レベル判定の設定項目

Table 1 Setting items of 2 level judgment

New standard	Explanation
Threshold of FS	Threshold amount of continuous defect depth
Effective length of FS	Not judging defects below the setting length
Application of 2 level judgment	Whether to apply 2 level judgment
Marking	Whether to mark defect areas

過検出が増加する。そのため、過検出を抑え、有害なきずのみを検出する微小表面欠陥検出技術（2レベル判定法）を開発した。

2レベル判定法では、図4に示すように従来の欠陥検出レベル（FL）未満の欠陥を検出する機能を付与するものである。ノイズによる過検出を防止するために、微小欠陥レベル（FS）には判定項目としてきず信号高さだけでなく、連続性を欠陥判定の条件に加えることで長手方向に連続性のある微小欠陥だけを抽出して検出する機能を付与した。そのため、従来検出していた欠陥（図4中の①、④）に加え、従来ベースノイズに埋もれていた浅い欠陥（図4中の③）をノイズによる過検出（図4中の②、⑤）を抑えて検出することが可能である。

2レベル判定法は、従来判定基準以下の検出レベルを設定し、信号の連続性を同時に判定することでベースノイズに埋もれた有害な微小欠陥のみを抽出する機能である。このような機能を持つために、表1に示す2レベル判定の設定項目を新規追加した。

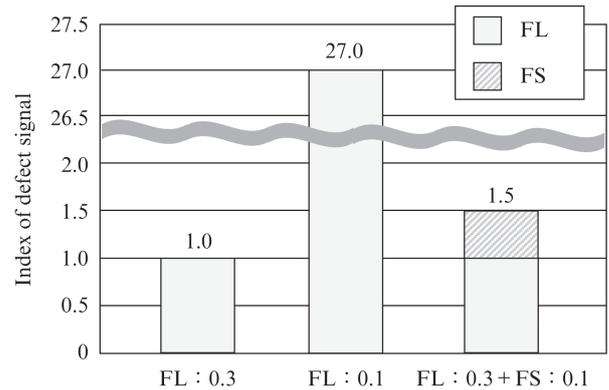


図5 各条件におけるきず信号発生数

Fig. 5 Index of defect signal for each condition

3.2 確性試験結果

2レベル判定法による欠陥判定機能の確認として、同一ピレットを用いて、従来法と欠陥検出能を比較評価する実験を実施した。評価実験では以下の3水準にて実施した。

水準1 FL : 0.3 mm（従来基準）

水準2 FL : 0.1 mm（従来法による厳格化）

水準3 FL : 0.3 mm + FS : 0.1 mm かつ連続する a mm 以上（2レベル判定法。aは実欠陥の調査より決定。）

水準1の従来基準で探傷した時のきず信号個数を1.0とした場合の各条件のきず信号個数を図5に示す。水準2の判定基準の厳格化ではベースノイズを検出してしまったため、欠陥判定が困難となっているが、連続性を加えた2レベル判定法ではノイズから連続性のある欠陥のみを選択的に抽出できており、従来基準未満の欠陥を検出できることが確認できた。

4. おわりに

鋼片工場のMLFT探傷において、きずの連続性を欠陥判定の条件に加えることで、過検出を抑えつつ欠陥検出性能を向上することができた。今後も、日々レベルアップするお客様の品質ニーズに対応すべく、技術開発に積極的に取り組んでいく所存である。

参考文献

- 1) JFE技報. 2009, vol. 23, p. 67-68.

〈問い合わせ先〉

JFE スチール 条鋼部 条鋼技術室

TEL : 086-447-3132 FAX : 086-447-3111