

漏洩磁束自動表面キズ探傷装置 CIRCOFLUX S/RO-100

工藤 保一*・小林 比呂人*2

1. はじめに

特殊鋼丸棒製品は、冷間鍛造をはじめとする過酷な方法で、自動車部品・ベアリングなどの重要部品に加工される。また、その需要量は近年増大しており、高性能で高効率な非破壊検査（NDI）設備の開発が鉄鋼NDI関係者の大きな課題である。

特殊鋼丸棒製品のNDIにおける一番の問題点は、表面キズであり、その歴史は、昭和30年代の磁粉探傷装置の実用化にはじまり昭和40年～50年代の漏洩磁束探傷（MLFT：Magnetic Leakage Flux Testing）装置の設置により大きな発展を遂げた。その後MLFTは、高精度センサーの開発、励磁電流の高周波化、信号処理のコンピューター化など、より高性能で高効率なNDI装置として進歩しており、現在では丸棒鋼の高速検査設備として確固たる地位を確立してきた。

今回は、当社に平成6年8月に設置された最新のMLFT装置CIRCOFLUX S/RO-100（以後RO-100と表現）について紹介する。図1にRO-100の外観を示す。

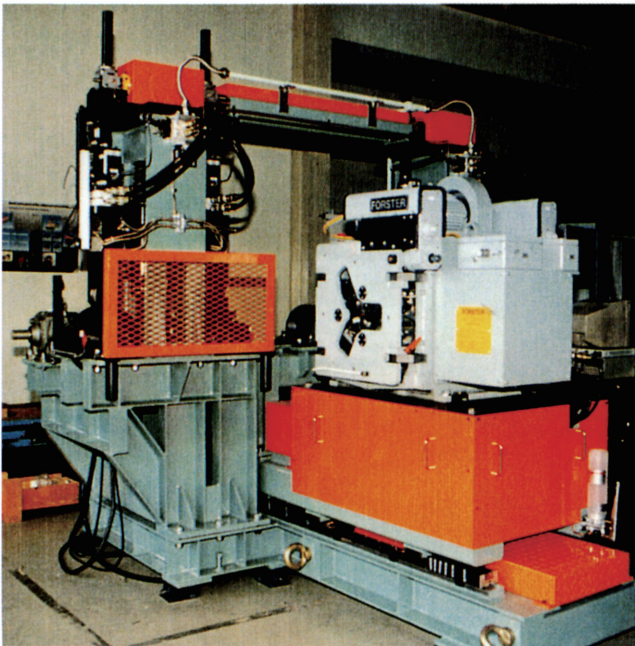


図1 RO-100外観

2. RO-100の概要

2・1 漏洩磁束探傷の原理

RO-100は、回転型漏洩磁束探傷装置と呼ばれるもので、図2にその原理を示す。直進する被検査材の回りを被検査材を磁化するための励磁ヨークとプローブ（センサー）が一体となった検出器が180°対向で回転している。励磁ヨークのN極から出た磁束は、被検査材の表層部をとおりS極に入る。もし、被検査材に割れ等の欠陥があると磁束の流れの障害となり磁束の一部が空气中に漏洩する。一方励磁ヨークの中にあるプローブでは、漏洩した磁束のために誘導起電力が発生し、それを電気信号に変え出力する。その信号の大きさにより欠陥の判定を行う方法が、漏洩磁束探傷である。

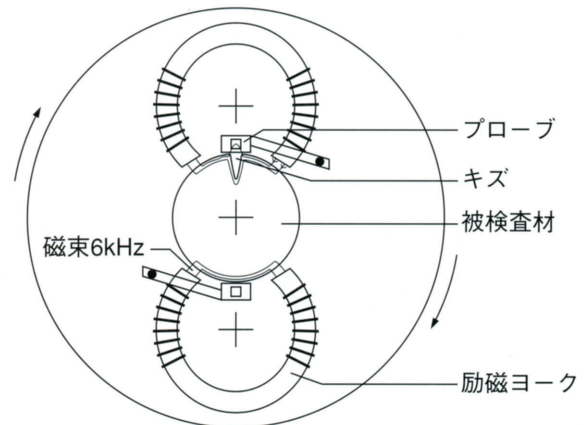


図2 漏洩磁束探傷の原理

2・2 基本仕様

RO-100の基本仕様を表1に示す。（参考のため平成2年より同じく当社で稼働中のMLFT『2号HAM』も合わせて示す。）RO-100は、最高120m/minで走行する鋼材中の0.1mmレベルの表面キズを検出可能である。また、本機は従来の2号HAMに比較して、検出器の自動サイズ替え機構等を有しており作業性の面で、著しく改良されている。

* 設備部制御技術チーム（現技術管理部）

* 2 設備部制御技術チーム

表1 RO-100基本仕様

	RO-100	2号HAM
メーカー	日本フェルスター(株)	原電子測器(株)
被検査材寸法	φ 18~80	同左
被検査材長さ	3~7m	同左
プローブ数	6×2ユニット	9×2ユニット
プローブ間隔	7.5mm	同左
励磁周波数	AC 6kHz	AC 8kHz
探傷速度	max. 120m/min	同左
検出器回転数	max. 1500rpm	max. 925rpm
検出能力	欠陥深さ 0.1mm	同左
サイズ替え	自動	手動

2.3 自動サイズ替え機構

RO-100の大きな特徴として検出器の自動サイズ替え機構があげられる。図3に検出器の自動サイズ替え機構の概要図を示す。検出器が取り付けられている回転ディスクを低速で回転させながら位置決めローラーをシリンダーで押し付けると、ディスクが一定位置で停止する。それと同時にサイズ調整ドリルとサイズ測定用のロータリーエンコーダーにギヤで接続されたメジャーリングピンがそれぞれシリンダーで押し出される。サイズ調整ドリルは、側面からディスク内に挿入され、エンコーダーからのデータをもとにサイズ調整を行う。

回転型MLFTにおける検出器の自動サイズ替え機構は、国内で2例目であり、回転型MLFTのネックであったサイズ替え時間が大きく短縮された。

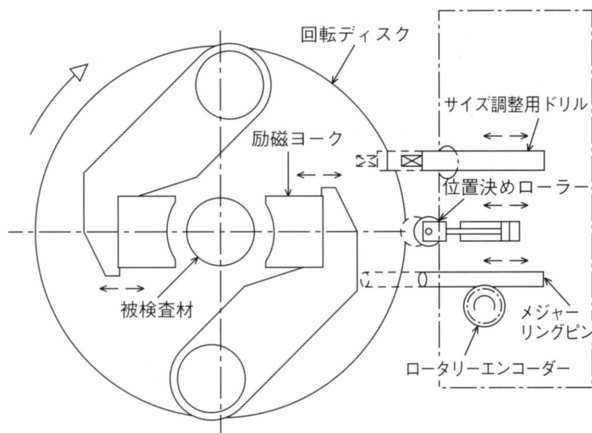


図3 自動サイズ替え機構概要図¹⁾

3. 当社開発技術

RO-100の導入に際し当社が独自に考案した開発技術、2例について紹介する。

3.1 アナログ加算機能

3.1.1 キズ保証向上のための問題点

製品に生じる重大欠陥の大半は、線状の割れキズおよび長さのある密着状の割れキズである。この種キズをS/N(キズ信号/ノイズ)比が良好な状態で検出するため、アナログ加算の技術を確立し、今回の新設探傷装置に導入した。

3.1.2 アナログ加算の原理

被検査材に生じる線状割れキズは軸方向に長く伸びているため、探傷装置の各プローブ(RO-100は軸方向に6個直列に並んでいる)が検出するキズ信号は、図4のように同一タイミングで検出されるが、ノイズ信号は各プローブでランダムに発生してくる。

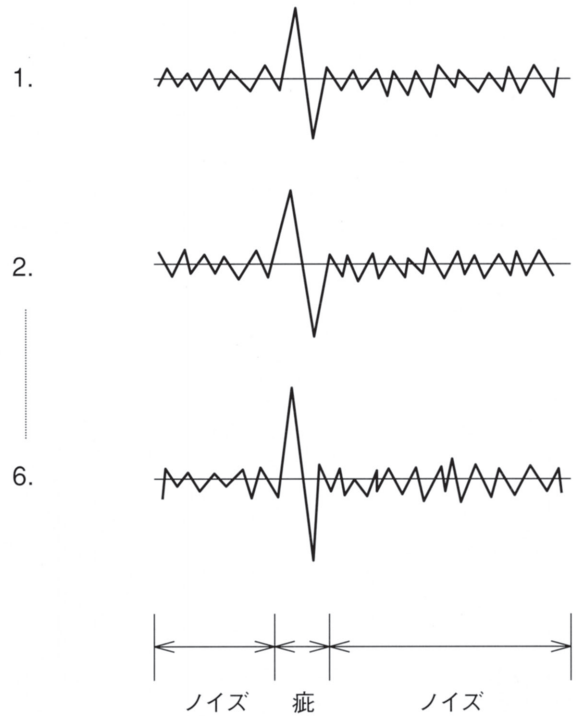


図4 探傷波形模式図

そこで、この6CH(チャンネル)の信号を加算すると、キズ信号は6倍、ノイズ信号は $\sqrt{6}$ 倍となり、S/N比は $6/\sqrt{6} \div 2.4$ 倍向上することになる。新装置では対向する6CHも180°位相を遅延させ、合計12CHで連続してアナログ加算を行わせるため、 $12/\sqrt{12} \div 3.5$ 倍の向上率での稼働となる。

3.1.3 適用結果

図5は検証を行ったTP(テストピース)の仕様および探傷波形である。従来の波形はキズが深いほど検出信号は大きくなるが、アナログ加算波形では浅いキズ(0.2d)でも長いキズは②に示すように従来の波形に比べて検出信号が大きくなり、S/N比も大きく改善されている。

人工疵 T P 仕様

鋼種：S45C	①0.2d*0.13w*17.5L
サイズ：φ50	②0.2d*0.12w*100L
	③0.3d*0.14w*17.5L
	④0.2d*0.14w*17.5L

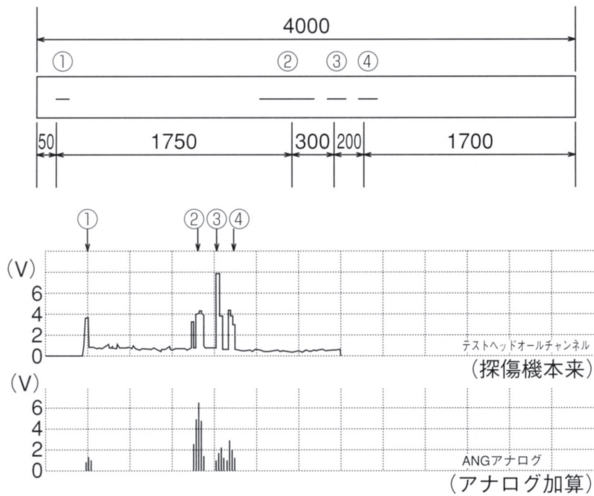


図5 検証データ

前記探傷結果から明らかなように、このアナログ加算機能は線状割れキズの判定能力を飛躍的に向上させるもので、従来の探傷方法と併用することにより当社独自の品質保証技術確立に役立っている。

3・3 波形記録機能

3・2・1 自動磁気探傷装置較正時における波形記録機能の開発

MLFT（漏洩磁束探傷）装置やET（渦流探傷）装置の自動感度較正システムは各プローブが標準試験片を1円周探傷する間に検出する最も高い波高で設定されるため、プローブの不具合などによるノイズやスリップリング、回転トランスなどによるノイズが標準試験片に加工されている人工キズからの検出信号よりも大きいと、このノイズがベースとして較正されてしまい、正常な波形で較正されない場合がある。

そこで、当社では較正後の各チャンネルの1スキャンニング分の波形を数秒でチャートに出力させ瞬時に較正の良否が判定できる機能を新設探傷装置に付加した。

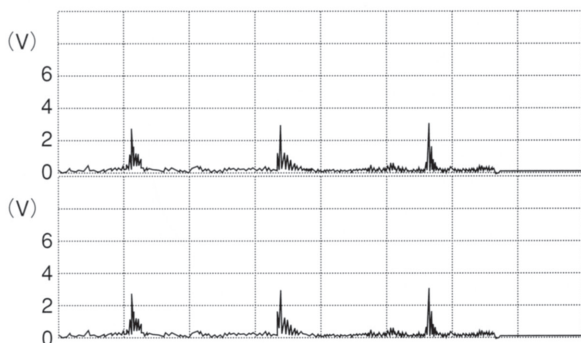


図6 出力波形の一例

3・2・2 波形記録機能の内容と現状

この機能は探傷装置の較正時に各プローブ（12CH）の1スキャンニング分の波形データを2秒以内にデジタル信号としてメモリーに取り込み（信号周波数3kHz）、終了後直ちにチャートに出力するシステムである。

図6はその出力波形である。このチャートにより較正がノイズではなく、キズ信号によって行われたことが明確になり、装置が正常であることも確認できる。

4. RO-100のキズ検出能力

図7にRO-100で検出したキズのミクロ写真および記録計（チャート）出力の一例を示す。RO-100では、深さ0.1mmの表面キズをほぼ100%検出することが可能であり、現在のMLFT技術によるキズ検出能力としては最高レベルを保証している。

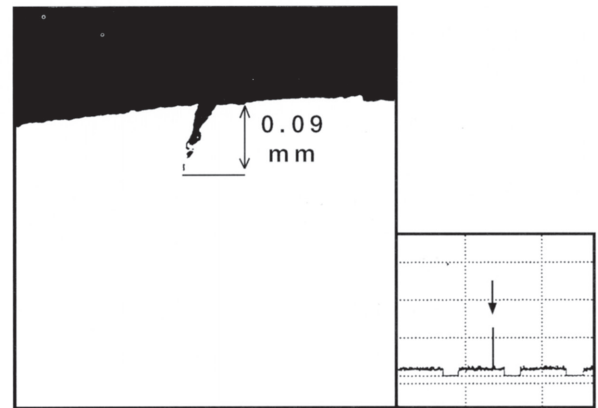


図7 RO-100探傷実例（記録計出力）

5. まとめ

当社では、今回のRO-100の設置と既設2号HAMにより高精度の表面キズ保証を可能とした。

今後は、これらの探傷装置の操業技術をもとに、より高精度で高能率のNDI装置の開発に努力し、一層厳しくなりつつあるユーザーニーズに対応して行きたい。

文 献

- 1) 日本フェルスター(株)：漏洩磁束探傷装置取扱い説明書 p.2-1