

○ Takenori Tonai, Shinzi Badono, Minoru Oda and Toshimitsu Suzuki

Mitsubishi Electric Corporation

ABSTRACT

X-ray film method is only enforced for non-destructive inspection using LINAC. Recent trends toward automatic operation of non-destructive inspection and toward labor saving have given rise to the need for the imaging of inspection. Mitsubishi Electric has successfully developed the real-time high energy X-ray inspection system. Real-time visual inspection can be performed by this system, and thick steel can be inspected compared with conventional low energy X-ray TV. The article describes the configuration of the system and performance.

1. まえがき

現在、鋼板の非破壊検査用X線発生装置として、低エネルギーX線発生装置と高エネルギーX線発生装置（直線加速器のことであり、ライナックと言う。）とがある。低エネルギーX線発生装置は、50～300 KeVのエネルギーで鋼板厚数mm～数十mmの検査に用いられ、ライナックは、450 KeV～12 MeVのエネルギーで鋼板厚16～500 mmの検査に用いられている。

当社が製作しているライナックは、大出力X線が取り出せるため、X線フィルムの撮影時間は大幅に短縮されている。しかし、フィルムのセット、撮影、現像、結果の判定という一連の作業は人手と時間がかかりこの分野での自動化が叫ばれている。

そこで、フィルムを用いず、X線照射と同時に目視検査ができるリアルタイム高エネルギーX線検査システム（通称、ライナックTVと言う。）を開発した。

従来からも低エネルギーX線用としては、リアルタイムのX線テレビが開発され、実用化されているが、高エネルギーX線用のものはまだ実用化されていない。これは、X線のエネルギーが高くなるに従って、蛍光体の変換効率の低下による画像雑音の増加、散乱線によるコントラストの低下等が問題となるためである。今回開発したシステムは、低エネルギー用X線テレビのこれらの問題点を解決して、高エネルギーX線に対する画像性能を大幅に改善し、X線テレビの適用範囲を大型厚物鋼製品にまで広げることができた。

ここでは、システムの概要と得られた性能について報告する。

2. システムの概要

本システムは、照射室内に、検査鋼板をばさんでライナックと并向した位置に置かれるセンサ部とモニタテレビとから構成されており、センサ部でX線を光に変換し、さらに電気信号に変換してモニタテレビに送信する。このモニタテレビ上の画像を見ながら検査を行うことができ、VTRで記録することができる。図1、に本システム

の構成のブロック図を示す。

2.1 特長

- (1) 鋼板の厚さに関係なく、X線照射と同時にリアルタイム（実時間）での検査が可能になり、透視時間は瞬時である。
- (2) 従来のX線テレビに比べて厚物鋼板の検査ができる。
- (3) 欠陥識別度が良い。
- (4) センサ部がコンパクトである。
- (5) センサ部の工夫により量子ノイズが少ない。
- (6) 焦点・センサ間距離が1m以上とれる。
- (7) キーボードによりモニタテレビ上に検査年月日、鋼板厚、検査番号等を打ち込みVTRで記録できる。また、音声による記録もできる。
- (8) フィルムに比べて年間維持費が少ない。
- (9) フィルム撮影前の中間検査に利用できる。
- (10) 大量生産品の検査に最適である。
- (11) ラインに設置し、検査の自動化、省力化に役立つ。
- (12) 動状態での回転部の間隙など、フィルム撮影できない部分の検査に利用できる。

2.2 構成

(1) ライナック

高エネルギーX線発生装置であり、本体、電源箱、操作器等から構成されている。出力950 KeV、15 R/min-m（450 KeV、1.5 R/min-mの2段切換）の超小形ライナックML-1RⅢから、12 MeV、2000 R/min-m（7 MeV、500 R/min-mの2段切換）の大形ライナックML-15RⅡBまでシリーズ化されている。

(2) センサ部

図2、にセンサ部の外観を示す。センサ部は、X線を光に変換するシンチレータ、コンテナレンズ、平面鏡、結像レンズ、光増幅機能と有する低照度テレビカメラ、および鉛シールドから構成されている。

従来のX線テレビでは、薄い蛍光スクリーンを用いてX線透視像を形成し、これを口径比の大きいレンズと高感度ビジコン、または、イメージインテンシファイアを用いてモニタテレビに表示する方式が採用されている。

しかし、従来のこの方式では蛍光スクリーンの厚さを大きくできないため、透過力の大きい高エネルギーX線はほとんど通過してしまい、透視像の形成に役立つX線はごく一部にすぎない。その割合は、多くの装置において1%、または、それ以下である。従って、透視像の光量が不足し、且つ、透視像を形成する蛍光発生過程の頻度の不足による量子雑音が欠陥識別度を低下させていた。

本システムでは、この欠点を改善し、高エネルギーX線に対しても欠陥識別度の良い画像が得られるセンサ部を採用している。

(3) ライナックテレビ操作器

主に、低照度テレビカメラの光増幅部の回路を制御すると同時に、システム全体を制御する。

(4) モニタテレビ

リアルタイムで被検査物を目視検査するための画像表示手段であるが、低照度テレビカメラのビジコン部も制御する。ビデオアンプ、シエーディング補正回路、ハレーション防止回路等も内臓している。図3、にボルト・ナットが写っているモニターテレビの外観を示す。

(5) VTRおよびキーボード

フィルム撮影の場合は、被検査物表面に、マーカ(鉛製の英数文字および記号)を貼りつけてフィルム上に記録し保存している。本システムでは、キーボードで、検査年月日、銅板の厚さ、検査番号等を打ち込みVTRで記録する。また、音声での記録も可能である。

3. 性能およびデータ

3.1 欠陥識別度

この装置の性能は、被検査物の厚みに対して、直径いくらのワイヤ(JISペネトラメータ)が見えるかという欠陥識別度(%表示)で表現されている。

図4、にML-1RⅢを用いた場合の欠陥識別度を示す。これより、欠陥識別度2%以下の範囲は銅板厚40~100mmである。図5、にはML-15RⅡBを用いた場合の欠陥識別度を示す。欠陥識別度2%以下の範囲は、7MeVの時90~250mm、12MeVの時100~270mmである。

3.2 データ

図6~図8に、ML-1RⅢを用いて得られたモニターテレビ上の画像を示す。エネルギーは950KeV、線源・センサ間距離1.2m、線源・被検査物間距離は70cmである。

図6、は50mmの鉄板の前にJISペネトラメータを貼りつけた場合の画像で左よりワイヤの直径は2.5、2.0、1.6mmである。

図7、図8は60mmの鉄板の前にそれぞれ片ロスパナ(左よりNo.10、11、13)、キリ(左より直径6、6.5、10mm)を置いた場合の画像である。

4. おわりに

以上、リアルタイム高エネルギーX線検査システムの構成、性能およびデータについて報告した。従来の低エネルギー用X線テレビに比べて厚物銅板の検査がより良い欠陥識別度が得られている。今後、ライナックを用いた非破壊検査には有力な手段となり、検査の自動化、省力化に期待できる。

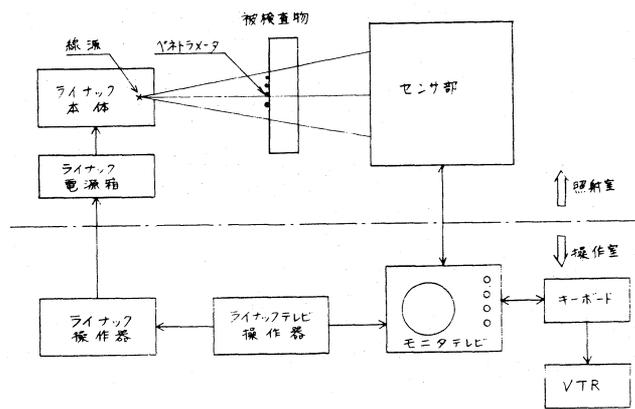


図1. リアルタイム高エネルギーX線検査システム

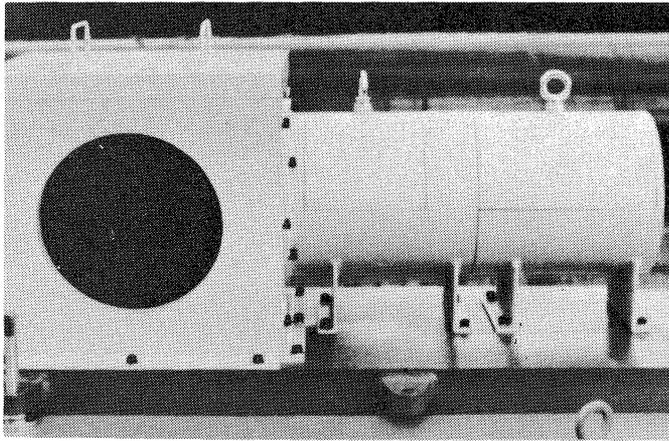


図2. センサ部

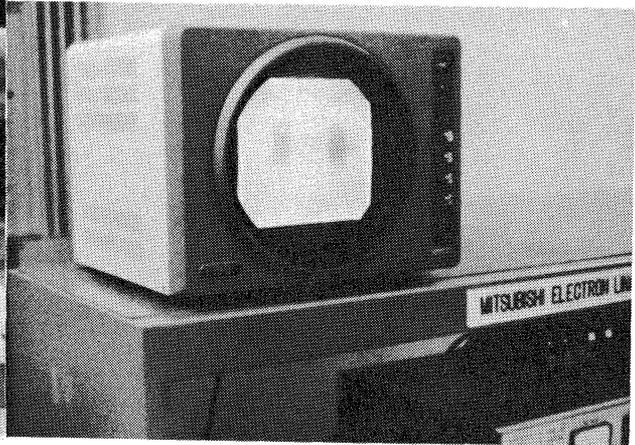


図3. モニタテレビ

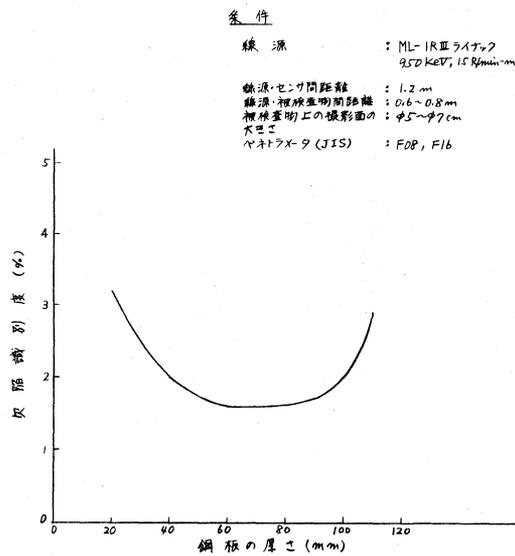


図4. 灰階識別度 (ML-1RⅢ)

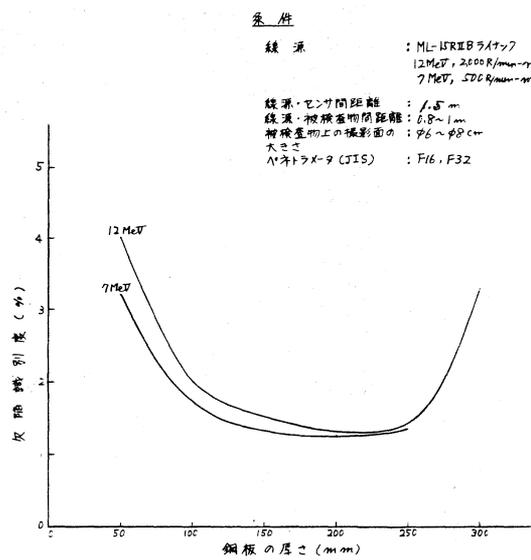


図5. 灰階識別度 (ML-15RⅡB)

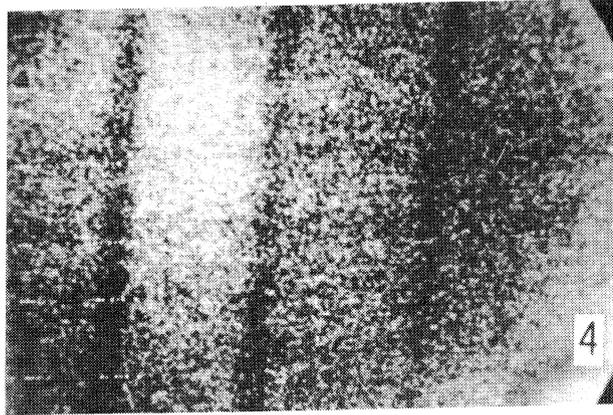


図6. JIS A ネットメッシュ (Fe 50t)

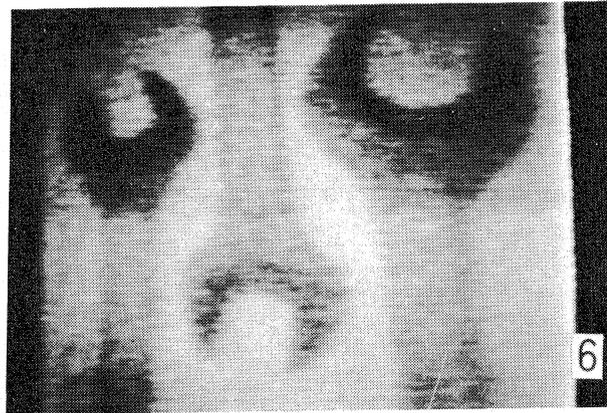


図7. 片口メッシュ (Fe 50t)

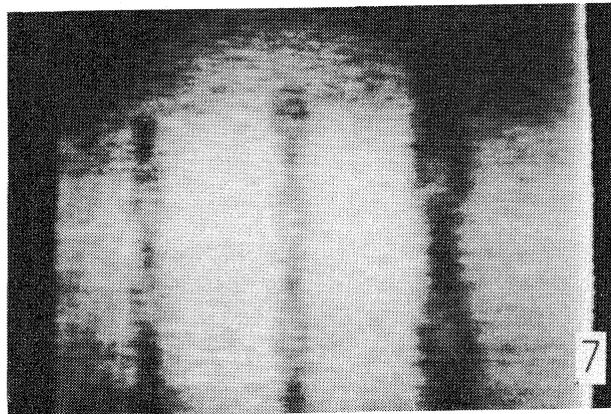


図8. キリ (Fe 60t)