

技術報告

UDC 621.397.13 : 620.179.18 : 620.191 : 621.771.019 : 621.771.016.2

熱間スラブ探傷用 TV システム*

白岩 俊男**・広島 龍夫***・松井 健一***

久保 幸雄****・尾崎孝三郎****

Color TV System for Inspection of Hot Slabs under Slabbing

Toshio SHIRAIWA, Tatsuo HIROSHIMA, Ken-ichi MATSUI

Yukio KUBO, and Kozaburo OZAKI

Synopsis:

A color TV system for inspection of hot slabs has been developed. The system consists of a color TV camera with a mechanical shutter, video disk recorders, and color monitors.

A hot slab under slabbing is shot to be composed of five pictures, and the video disk recorders record the five pictures of the slab. These pictures are simultaneously displayed on five large color monitors. The inspector can easily see surface flaws on the still enlarged pictures.

This system has been installed in Wakayama Steel Works of Sumitomo Metal Ind., Ltd. since 1976, and is used on hot direct rolling from the slabbing mill to the hot strip mill.

1. 緒 言

近年省エネルギー対策の一環として、分塊-熱延間の熱間直接圧延(Hot Direct Rolling, 直圧)が各社で実施され^{1)~3)}、エネルギー原単位の低下に寄与している。すべての品種に対して歩留の低下をきたすことなく直圧を実施するためには、従来の直接目視に代る精度の高い熱間探傷技術の確立が必要である。

熱間スラブの探傷手段として各種の方法が提案されているが、石油危機以前においては熱間探傷の必要度が今日程高くなかったため、実用化された例は少ない。

今回熱間スラブ表面検査用遠隔監視カラーTVシステムを開発し、当社和歌山製鉄所第一分塊工場に設置したので報告する。

2. 热間探傷法

熱間材料の探傷法としては、従来冷間探傷に用いられている超音波探傷技術、渦流探傷技術を熱間へ適用するもの、熱間材料が放射する可視光や赤外線を検出する光

学的方法が考えられる。超音波法は内部欠陥の検出が可能で⁴⁾⁵⁾、渦流法は表面微小欠陥の検出が可能、又いずれも定量化が容易であるという利点があり、渦流法は熱間線材検査に実用されている。しかし超音波法では探触子と高温材料とのカップリングが難しく溶融塩を用いるなどの工夫が必要である点や表面欠陥を検出できないという欠点がある。又超音波法、渦流法共に1個の検出ユニットによる検査範囲が狭いため、スラブのごとき大きな材料の検査においては実用上困難な点が多い。

光学法はレンズ等光学系の選択により、被検査材との距離を大きくとることができるので防熱の問題は比較的容易に解決できる。又1個の検査ユニットによる検査範囲を他方式にくらべて広くできるので、スラブ表面のような広範囲面の検査に適している。光学法では熱輻射光を無視できるような強力照明下での陰影をITV観察することにより、冷間での目視検査と同等の検査を熱間で行なおうとする方法も提案されている⁶⁾。

今回開発した装置は高温のスラブが発する可視域の光をTVカメラで観察するものである。

* 昭和52年10月日本会講演大会にて発表 昭和53年3月10日受付 (Received Mar. 10, 1978)

** 住友金属工業(株)中央技術研究所 理博 (Central Research Laboratories, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

*** 住友金属工業(株)中央技術研究所 (Central Research Laboratories, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 1-3 Nishinagase-hondori Amagasaki 660)

**** 住友金属工業(株)和歌山製鉄所 (Wakayama Steel Works, Sumitomo Metal Industries, Ltd.)

3. 热間疵

分塊スラブの代表的表面欠陥は、カブル疵と割れ疵である。注意深く観察すれば熱間でもこれらのうちの大きなものを目視で認めることができる。熱間で疵状に見える部分と、冷間疵との対応は、一般的によく一致する。

カブル疵は熱間で周囲健全部より輝度の低い暗部として観測されるもので、圧延途中におけるコントラストが最も高く、圧延終了後は2次スケールとの弁別が難しくなる。ホットスカーフ直後のカブル疵は中程度のコントラストをもち、ホットスカーフ後20sec程度経過後は、やはり2次スケールの発生により疵判定困難となる。

割れ疵は圧延初期から中期にかけて、周囲健全部よりいくらか明るい線状模様として観測され、圧延末期には周囲との輝度差はほとんどなくなる。ホットスカーフ後はさらに輝度差が少なくなる。

各工程での熱間スラブ表面の拡大写真撮影の結果、カブル、割れの両欠陥を可視光域の観測で最も良好に検出できるのは、分塊圧延の途中であることを確認した。

4. TVシステムによる検査

光学式表面検査方式としては、冷延鋼板やステンレス板の表面検査に実用化されているスキャナ方式のものが知られている。この方式は表面の状況を線情報に変換し、信号処理することにより疵を抽出するもので、表面性状の良好なものの検査には有効であるが、今回目的としている熱間スラブの表面のように凹凸が大きく、スケールが存在し、表面温度ムラによる輝度のバラツキの大きい材料にこの方式を適用するのは相当困難なことである。

TVシステムによる検査は、定量化するのは難しいが面情報を観測し、疵パターンの識別を人間が行なうので線情報の信号処理で抽出できないような低S/Nの疵をも検出できる利点があり、表面性状の悪いものの検査に適している。

4.1 解像度

TV画面の解像度は、走査線数、周波数帯域で決まる。日本標準方式の装置では、走査線数525本、周波数帯域約4MHzであり、解像度は白黒で400本、カラーで300本程度とされている。TVモニター画面上でどの程度の大きさの被写体を識別できるかは、被写体のコントラスト、システム全体としての解像度、視野の選択で決まり、コントラストの高い被写体に対してはFig. 1に示す関係となる。300本の解像度のシステムで視野を1500mmとしたときの画面上での最小検出可能被写体

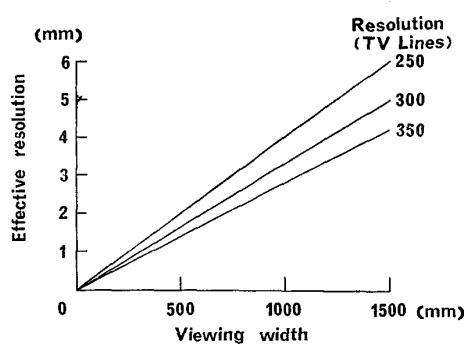


Fig. 1. Relationship between effective resolution and viewing width.

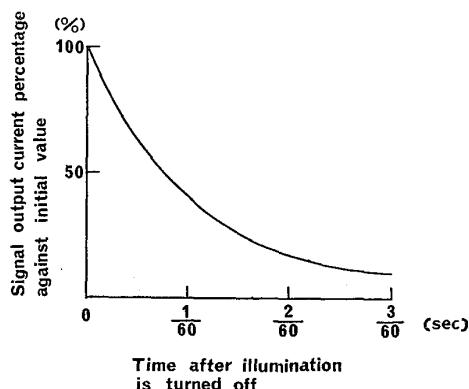


Fig. 2. Lag characteristic of the vidicon tube.

大きさは5mm程度である。検出精度を高めるためには、撮影視野を狭くすれば良いことになるが、例えば視野を500mmとしたときには1200mm幅×8000mm長さのスラブ表面を観察するのに48画面も必要となり、これ程多数の画面を詳細に観察することは实际上不可能といえる。今回の装置では、実用性を考慮し、スラブ表面を5分割撮影する装置とした。

4.2 残像効果

高速で移動中の被写体をTVで観察した場合には、画像のブレを生ずるため、検査を行なえるような良質画面を得ることができない。この画像ブレは、TVカメラに使用されている撮像管の残像効果により生ずる。撮像管としてビジョンを使用したTVカメラの残像特性をFig. 2に示す。これは撮像管への入光を切った後の画像信号出力変化を示したものであり、Fig. 2の例では1画像時間(1/30sec)経過後で初期値の20%程度の出力がでている。この撮像管特性が像の蓄積効果を生じ、移動物体の像がボケたり、尾を引いたりする。

Photo. 1は屋外走行中のバスを通常のTVカメラで撮影し、VTR記録した画像中の1画面である。撮影視野を約0.2secで横切る被写体スピードであり、像のブレが大きく窓枠もはつきり写っていない。高速移動物体の

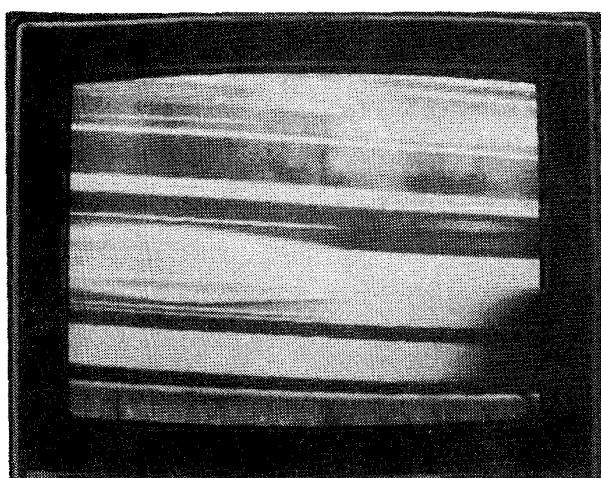


Photo. 1. Picture of moving object shot by a commercial TV camera (viewing width: 2m).

静止画像を得る方法としてストロボ照射を行なつてゐる例⁷⁾があるが、ストロボ法は発光物体の撮影や明るい場所での撮影には効果がないためTVカメラに通常のスチルカメラ同様のシャッター機能を持たせた、シャッター付カラーTVカメラを開発した。

5. シャッター付TVカメラ

前述したように熱間スラブ表面疵検出には、圧延途中における観察が最適である。しかし圧延途中にスラブを停止させ、全面の拡大分割撮影を行なうことは、スラブのハンドリングがはん雑となり、又材料温度の低下を避けられないため、圧延機から高速で出て来るスラブを、高速シャッター付TVカメラで撮影することにより、ブレのない静止画像を得る方式を採用した。シャッター動作に伴つて瞬間的に出力される画像信号を、Video Disk

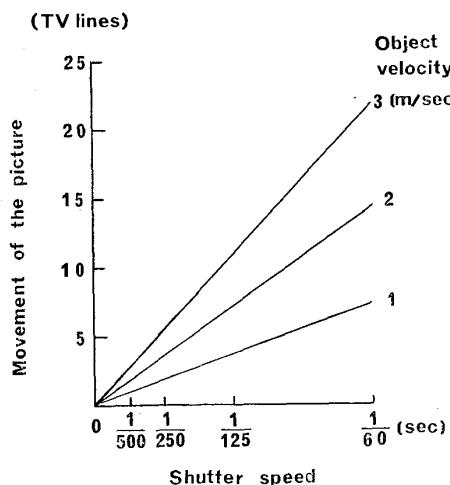


Fig. 3. Relationship between movement of the picture and shutter speed (viewing width: 1.2m).

Recorderに記録し、長時間モニターに再生されることによりスラブ表面を遠隔監視する。

シャッタースピードを速くすればする程ブレの少ない良質の画像を得ることができるのがだが、撮像管に入る光量を確保するには、大口径の明るいレンズが必要となるので、むやみにシャッタースピードを速くする事は得策とはいえない。Fig. 3に視野1200 mmとした時の1~3m/sの被写体撮影で生ずる像のブレを画面上走査線数で示す。ブレを4走査線以下に抑えれば、検査を行なう程度の良質画像を得ることができる。

シャッター付TVカメラによる撮影例を Photo. 2 に

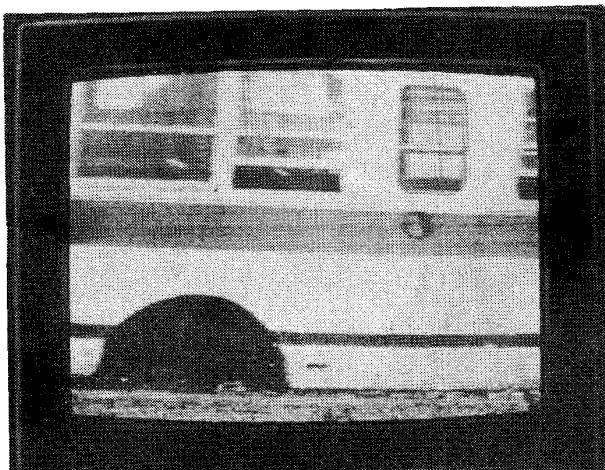


Photo. 2. Picture of moving object shot by the TV camera with a mechanical shutter (viewing width: 2m).

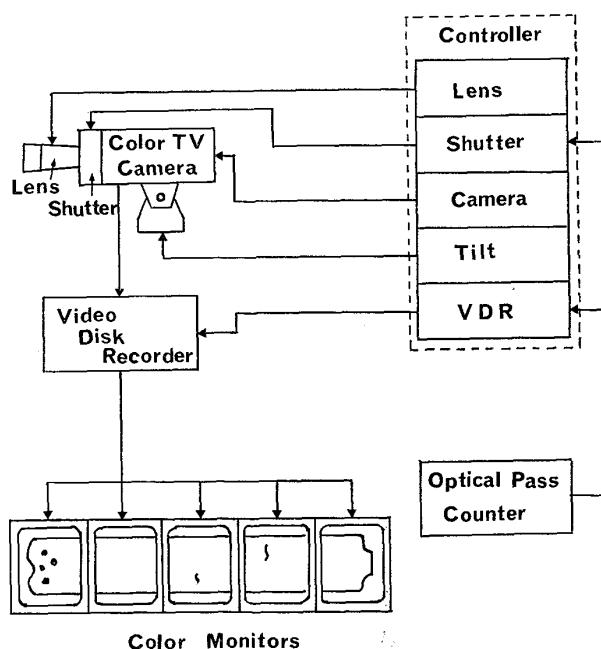


Fig. 4. Schematic diagram of the system.

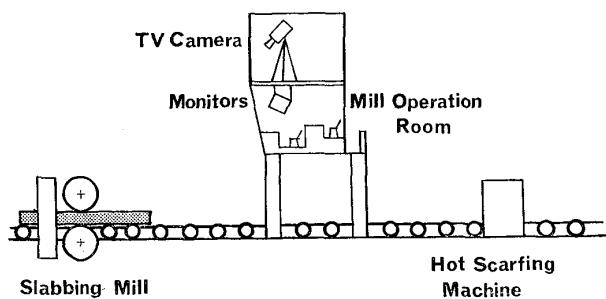


Fig. 5. Layout of the system.

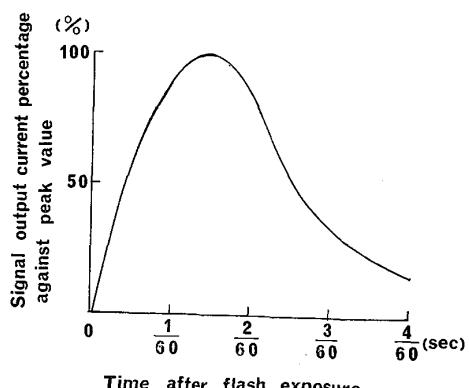


Fig. 6. Response of the vidicon tube obtained by the flash exposure.

示す。この写真は、Photo. 1 と同様条件で走行中のバスをシャッター付 TV カメラで撮影したもので、Photo. 1 と比べれば、シャッターの効果をはつきり認めることができる。

6. 装置構成

装置は Fig. 4 のブロック図に示すとく、シャッター付カラー TV カメラ、VDR、観察用カラーモニター、および制御装置からなり、Fig. 5 に示すように、カメラ部はスラブ圧延機運転室上に設置されており、モニターは、運転室内に 5 台並べられている。(Photo. 3, 4 参照)

装置は以下に示すとく動作する。

光学式バス数カウント装置で圧延バス数をカウントし、所定のバス数に達すると、スラブ位置を検出し、TV カメラとレンズの間に取り付けられたフォーカルプレーン類似式電磁駆動メカニカルシャッターが 5 回作動し圧延機から約 3m/sec で出てくるスラブを 5 分割撮影する。

Fig. 6 にシャッター作動による瞬時露光でカメラから出力されるビデオ信号例を示す。(同期信号等は省略してある) シャッター開放に伴い出力信号は立上り、残像特性に従がい減衰する。この瞬間ビデオ信号をモニターで観察できるようするため 1 画面分の信号をビデオディスクレコーダーに記録し、記録した 1 画面分の静止画像信号をくりかえし連続的にモニターに再生している。画像の輝度ムラが最小となるようにシャッターはカメラ垂直同期信号に同期して作動し、ビデオディスクレコーダーは画面ムラの最も少ない出力信号ピーク付近の 1 画像信号を記録するように制御されている。

5 分割撮影されたスラブ表面拡大画像は、5 チャンネルのビデオディスクレコーダーに順次記録され、記録終了後ただちに 5 画面分同時に 5 台のカラーモニター上に

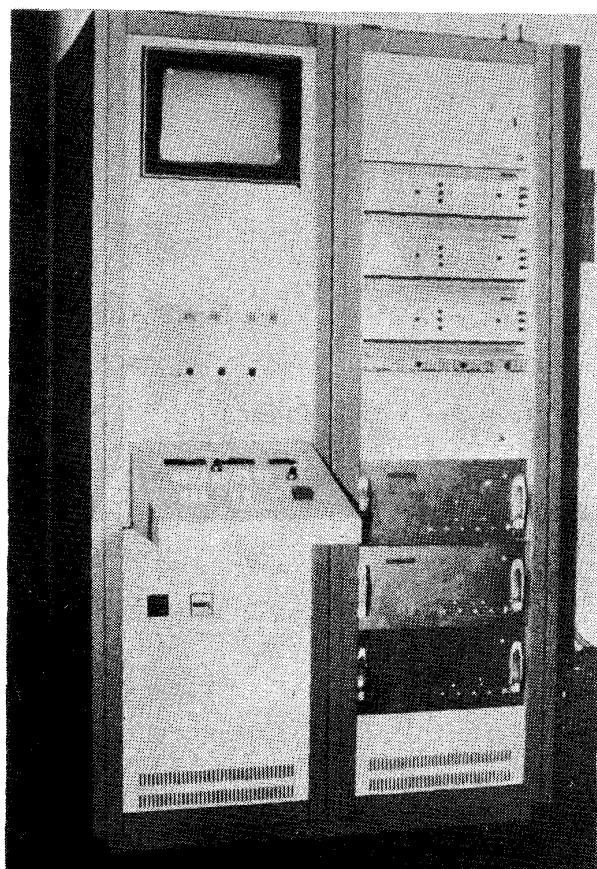


Photo. 3. System controller.

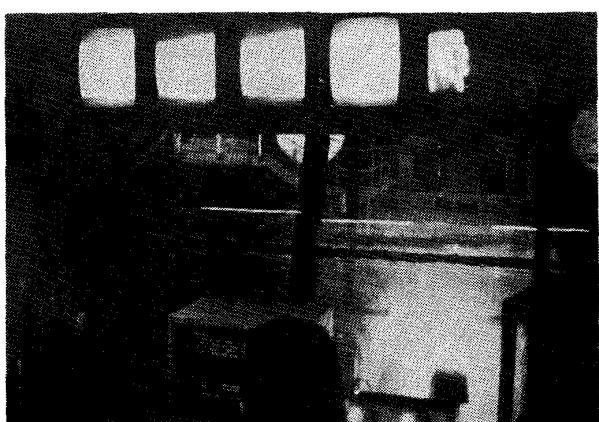


Photo. 4. Color monitors in the mill operation room.

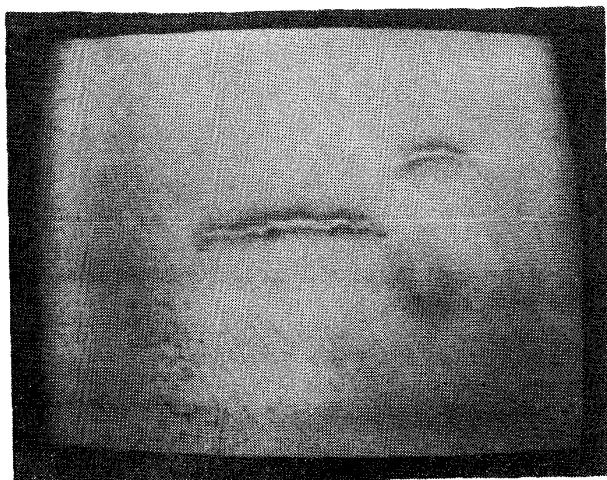


Photo. 5. Cracks on the surface of the hot slab displayed on the monitor.

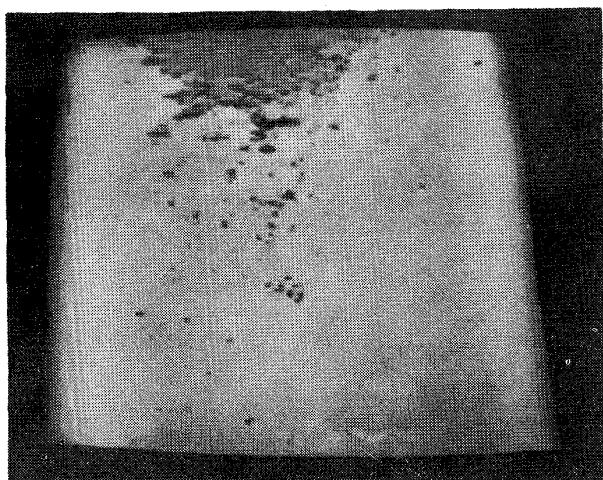


Photo. 6. Scabs on the surface of the hot slab displayed on the monitor.

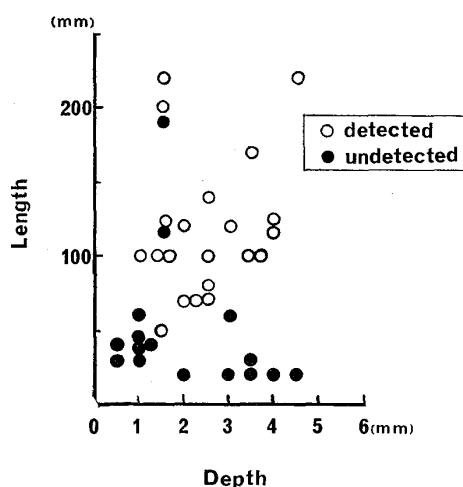


Fig. 7. Size of cracks detected by the TV system.

再生されるので、観察者は1枚のスラブの全景の静止拡大カラー画像を長時間詳細に観察できる。この画像は、次のスラブ撮影まで保持され、必要とあれば、VTRに

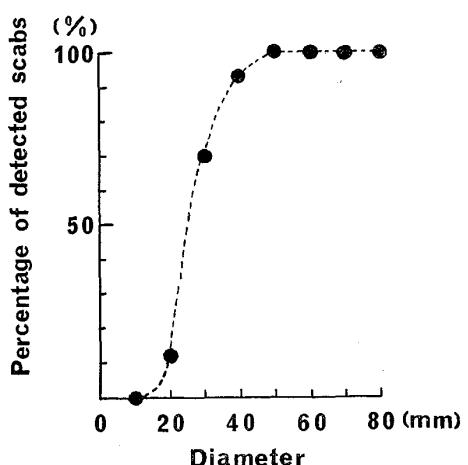


Fig. 8. Detectability for scabs.

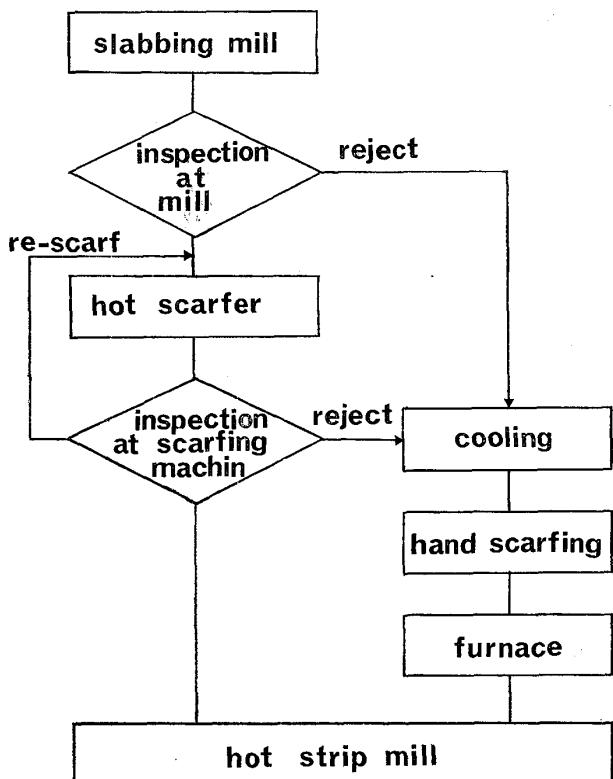


Fig. 9. Slab flow in hot direct rolling.

Table 1. Effect of the TV system.

	re-scarfing ratio (%)
TV inspection	10.3
visual inspection	16.3

永久記録することができる。

スラブ表面温度変化に伴う輝度の変化はレンズ絞り自動調整装置によつて補償される。

7. 本装置の検出能

本装置でとらえた熱間スラブ表面疵のモニター再生画

像の一例を Photo. 5, 6 に示す。Fig. 7 は本装置使用による割れ疵の熱間検査結果である。Fig. 7 の疵深さ、長さはいずれも冷間との対応を調査し測定したものである。長さ 100 mm 以上の中のものはほとんどを検出できる。一部浅いものには、コントラストが低いため検出できないものがあつた。又深くても長さの短いものは、広い検査範囲をとつておるため検出できなかつた。

カブレ疵はコントラストが高く Fig. 8 に示すように 25 mm ϕ 以上のものを検出できる。

8. 本装置の効果

Fig. 9 に示すごときスラブフローで実施される直圧時に、分塊ミルにおける疵判定装置として本装置を使用した場合の効果を直接目視による疵判定と比較することにより確認した。ミルにおける疵判定の目的はホットスカーファーによって除去不可能と思われるような大型欠陥を見い出してリジェクトすること、およびホットスカーフモードの決定を行なうことであり、ミルでの判定結果に基づいてホットスカーフィング代(厚み)、スカーフパターンを選択し、個々のスラブ表面疵状況に応じたスカーフィングを実施する。本装置の効果を Table 1 に示す。TV方式による方が直接目視によるよりも再スカーフ率(スカーファーの2度掛け)が 6 % 低い。これはTV

V方式によればスラブ表面の静止画像を時間をかけて観察できるので、より適切なスカーフモードの選択を行なうからであると思われる。

9. 結 言

圧延途中の熱間スラブ表面を遠隔監視できるカラーTVシステムを開発し、和歌山製鉄所第一分塊工場に設置した。現在直圧時の疵判定、スカーフモード判定に有効活用を行なつておる。なお本システムは、今回の目的のみならず高速移動物体の静止画像を得る方法として多くの用途が期待できる。

文 献

- 1) 黒崎昭二、近藤正雄、大泉健吉、笛尾英弥: 鉄と鋼, 61(1975), S 546
- 2) 黒崎昭二、岩切正夫、杉井 浩、松田 勝: 鉄と鋼, 61(1975), S 547
- 3) 佐藤 修、尾崎順三、永井秋男: 鉄と鋼, 63(1977), S 189
- 4) S. SEKINO and Y. SASAKI: Proceeding of the Fifth International Conference on NDT p. 307
- 5) S. UOZAKI, I. NARUSHIMA, S. IZUMI, and H. H. HARA: Preprints of the Sixth International Conference on NDT L-85
- 6) 特許公告 昭和 43 年 14102
- 7) Iron Age May 24, 1976, MP-20