

# 討8 特殊鋼棒鋼における疵検出とその自動化について

大同製鋼研究所 鋼本部中央研究所 ○ 渡辺一雄、鈴木博夫

## 1. 緒言

特殊鋼の場合には、内部品質に関する要求が厳しいだけでなく、外觀品質、特に表面疵についても高度の品質水準が要求される。したがって、その製造工程中の疵検出と疵取りは重要であり、また多くの工数を要するため、いかに安定して能率よく疵を検出し除去するかは大きな課題である。以下に疵検出をより安定して行なうため当社で2、3の自動化装置を開発したので述べる。

## 2. 鋼の製造工程と疵検出、疵取りの概要

特殊鋼はほとんどがキルド鋼であるが、溶製時の条件が不適当であれば鋼塊表面にピンホール、湯ジワ、横ワレ、スガムのまき込みなどの欠陥が生ずる。これは製品の表面欠陥の原因となるので除去する必要がある。低合金鋼など量産特殊鋼では、この表面欠陥は分塊圧延直後ホットスカーフによる表面溶削を除去される。鋼塊より1回の圧延にて製品となるもの、2回ないしは3回の圧延を経て製品となるものがあるが、この工程により溶削代を変えている。また、ステンレスなどホットスカーフが困難な鋼種は鋼塊の品質に応じて鋼塊時に皮削りが行われ表面欠陥が除去される。2回ないし3回の圧延を経る製品は鋼片時、疵検出、疵取りが行われる。これはホットスカーフで取り残した疵、コーナー割れ、ロール疵、冷却時発生した割れ、などホットスカーフ工程後に発生した疵の除去である。この鋼片疵取り工程では、製品における疵の原因になる大部分の疵が取り除かれ、特殊鋼における疵取りの重要な工程である。最終製品ではさらに検査、疵取りが行われ、客先要求に応じた製品ができあがる。

以前の検査は酸洗後目視検査などによる方法も行なわれていたが、公害問題、環境衛生の面から今日では全廃されている。この方法に替って磁柱材料については蛍光磁粉探傷法、非磁性材料に対しては浸透探傷法などが以前にも増して広く使用されている。当社においては光電子増倍管により疵を自動的に検出する蛍光自動探傷法を開発し使用している。また磨品については磁粉探傷法、浸透探傷法、渦流探傷法など多岐にわたる検査法が適用されている。

## 3. 光電子増倍管を用いた自動蛍光磁粉探傷法

蛍光磁粉探傷法は暗所で蛍光磁粉の付着した部分のみから光を発するので光電子増倍管にて光電変換することによって自動化することができ、検出感度が高いことが特徴である。この自動化についてはすでに報告<sup>1)2)</sup>しているが、以下装置の概略と使用上の向題点について述べる。

図1は線状疵の深さと検出器の出力電圧の関係を測定した結果である。疵の深さと出力電圧はよく比例し、疵の定量化が可能であることを示している。

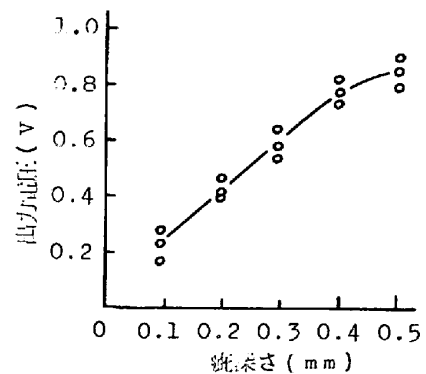


図1 疵深さと検出器の出力電圧の関係

丸棒鋼用探傷機の構成は次のごとくである。検出器は励起光源、被検査材面上の視野を限定するためのスリット、光電子増倍管、前置増幅器およびマーキング機構から構成されている。図2は丸棒鋼用自動蛍光磁粉探傷機の原理を示したものである。丸棒鋼はスパイラル状に走査探傷される。蛍光磁粉は疵のない部分にも付着するが、疵はほとんど圧延方向に長く発生するので、疵の長さ方向、すなわち圧延方向に沿った2.5mm幅のスリットによって視野を限定し、疵からの光を疵のないうら

グラウンド部分から明瞭に区別することが出来る。この光を光電子増倍管によって光電変換する。変換後微分回路によりバックグラウンド信号はさらに減少する。その後レベル設定により疵深さにしたがって分離選択される。この装置による検出精度は線状疵深さ  $0.1\text{mm} \times$  長さ  $30\text{mm}$  に対して  $98\%$ 、疵深さ  $0.2\text{mm} \times$  長さ  $30\text{mm}$  では  $100\%$  である。マーキングは打点方式をとっている。

これと同様な原理を鋼片(角鋼材)に適用した。しかし、丸棒鋼の走査方法を角鋼材にはそのまま適用できないので、ライトガイドを用いる方式を考案した。この方式を図3に示す。鋼片の像をレンズより結像させる。数ミクロンのライトガイドを片端を  $0.1\text{mm} \times 20\text{mm}$  の長方形に整形し、これを並べ、この端面をレンズ結像面とする。ライトガイドの他端面は長方形に整形し、円周状に結像面と同順に配列する。円周状に配列した端面を別のライトガイドで回転走査することにより、ちょうど鋼片面をスリットで走査するのと同様となる。鋼片は走査速度と合わせた定速度で送られ、鋼片の全面を走査探傷することができる。

以上のごとき蛍光磁粉の光を検出する方法は、漏洩磁束を直接測定する方法とは異なり、媒体である蛍光磁粉の性質、磁粉液濃度、被検査材への散布方法などが検出精度に大きく影響する。このことは目視検査の場合も同様であるが、本装置のように疵深さを定量化し、検出精度を安定化しようとする場合は特に磁粉液濃度管理が重要な事項となる。そのため磁粉液濃度を定量的に測定する方法として、一定量の磁粉液を容器に採取し、励起光線を照射し、蛍光磁粉からの発光量の光電変換値によって濃度を測定する装置を製作した。しかし、磁粉には蛍光体のみが剥離しているものと剥離していない正常なものがあり、上記装置により測定した値が疵に付着する有効磁粉ではないことが判明した。そのため磁石により有効磁粉のみを分離し、磁粉液濃度を規正する方式をとっている。磁粉には光量的に  $30 \sim 40\%$  の剥離磁粉が存在することが判明しており注意を要する。次に操業中に磁粉液濃度が低下し検出感度が変化することが起きる。この原因の一つとして被検査材による磁粉の持ち出しが考えられる。検査本数が大きく変化しなければ、一定時間ごとに一定重量の磁粉を追加して濃度を一定に保つことが必要である。丸棒鋼の例では単位表面積あたりの磁粉持出量は  $0.06\text{g}/\text{m}^2$  である。4時間に1回、磁粉追加することにより磁粉液濃度は  $\pm 15\%$  程度の範囲に保たれる。この他に磁粉液濃度低下の原因として配管内などにおける磁粉の堆積があり、場合によっては充分考慮せねばならない。実用にあたっては定期的な磁粉追加を行ない、適時上記の濃度計により磁粉液濃度を定量的に規正するのがよい。このため、磁粉液濃度低下を補正するため検出器感度をあげる方法がとられる。磁粉液濃度および散布方法は疵部分の光量と疵以外のバックグラウンドの光量との比に影響する。 $0.3\text{mm}$  以上の深さの疵に対しては、 $1 \sim 3\text{g}/\text{l}$  の濃度の液を瞬時散布するのによいが、 $0.1\text{mm}$  程度の深さの疵では  $0.1\text{g}/\text{l}$  程度の低濃度の液を用いて、

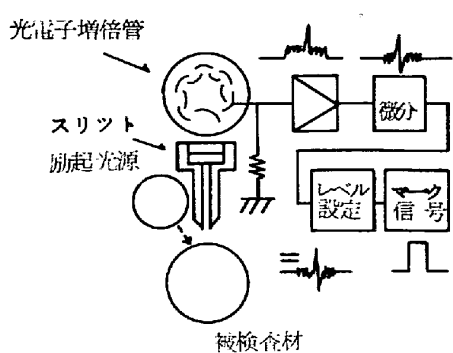


図2 丸棒鋼用自動蛍光磁粉探傷機の原理

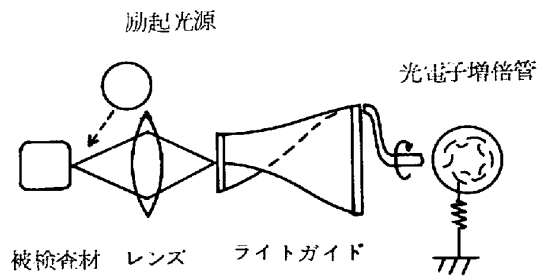


図3 角棒鋼用表面探傷方式

数秒間、遅い流速で散布する方がよい結果を得ている。

#### 4. 磁気抵抗変化検出による自動探傷装置

表面のなめらかな磨品に対しては接触プローブ式が有利であり、当社では電子磁気工業と共同で開発した磁気抵抗変化を検出する自動探傷装置<sup>3)</sup>を使用している。検出器の原理を図4に示す。検出器の構成は交流局部磁化コイル2個と検出コイルからなり、2つの磁化回路を構成している。その1つは一方の磁化コイルと検出コイルの間に疵が存在すると磁気抵抗が大となり、検出コイルに不平衡電圧が生じ、これによって疵の検出が可能になる。50kHzの交流を使用しており、表皮効果で被検査材の表面付近にのみ磁束を集中し、疵検出の感度を上げている。高い周波数を使用しているから渦流探傷の性格も備えているものと考えられる。検出精度は0.07mmの線状疵を90%以上、0.1mmを100%である。マーキング機構は吹付方式を採用している。この種の接触プローブ方式では、検出器のリフトオフの影響を極力小さくすることが必要となるので検出器は被検査材の下部より探傷するしくみで、樹脂で固められた極部磁化コイルと全体の真鍮のケースの間にはバネが入り、常に一定の力で被検査材の表面上に密着する方法をとっている。以上述べた自動探傷機の検出率を図5に示す。

一方、細物製品に対しても製鋼原因による線状疵は数は少ないが残存する。しかし、2次加工品の疵の大部分は加工中に発生する深さ0.05~0.07mm前後のウチ疵、カキ疵であるので、これらの疵に対しては非磁性材料につき渦流探傷法で検査を行なっている。また、渦流探傷は熱間材の疵を対象にした探傷装置として有効なものであり、当社においてもその開発に力を注いでいる。

#### 5. 結言

特殊鋼棒鋼の表面疵を対象にした各種自動探傷機を開発し、表面疵が定量的に検出できるようになった。しかし、磁性材の細物製品については現在なお目視磁粉探傷を行なっており、これを渦流探傷法などにより自動化することは急務である。また、定量化された探傷機と直結した自動疵取装置の開発が将来の重要課題であろう。

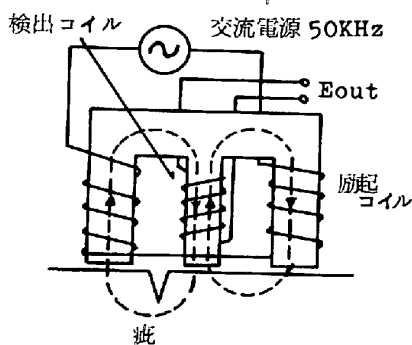


図4 磁気抵抗変化と検出する検出器の原理

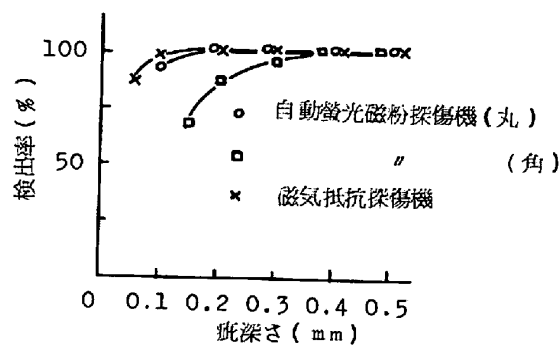


図5 自動探傷機の疵深さと検出率の関係

#### 参考文献

- 1) 加藤(2)、江口、野崎 ; 鉄と鋼、52(1966)、657
- 2) 加藤(4)、鈴木、小島 ; 鉄と鋼 55(1969)3、527
- 3) 雨宮、岩崎 ; 電気製鋼、41(1970)3、192~197