

討10

圧延材の疵検出と疵取りについて (鋼管関係)

住友金属工業 鋼管製造所

中村久司

I 緒言: 鋼管製造技術の歴史は、発生する疵との闘いであり、疵を減少することこそ品質向上と原価低減に直結する重要な問題である。一方、能率向上のため製管速度・加工度の増加を必要とし、必然的に疵発生を増加要因を含んでいる。更に産業界の高度発展による設備の大型・高性能化に伴い、使用される鋼管の品質要求も厳しく、特に疵に対しても厳格の度を増して、例えば原子力用のものでは所謂「ノー・インディケーション」の要求が出るに至っている。

基本的には、管材質と製管技術の向上、設備の改善・新製管法等を強力に推進するとともに、これらの疵を確実に客観的に捉え、要求度に応じて能率的に除去する事が効果的である。

ここに最近における疵検出の方法と、疵の除去法の概要についてとりまとめた。

II 疵の検出方法:

疵を検出して合否判定の方法としては、従来肉眼検査のほか、非破壊検査が広く採用されるに至った。これは肉眼検査に比較して、①客観的、数値的に欠陥の評価が可能、②肉眼で検出できない内質欠陥の検出も可能、③高速処理が可能、④自動化が容易、という長が優れているためであるが、以下に示すようにそれぞれ長所・短所があり、一つの手法で能力・精度において万能のものはない。

従ってこれらの長を考え、品種に応じた各種非破壊検査の選択・組合せと、肉眼検査の併用により、製造工程中の合理的な疵の検出と除去ならびに製品に対する保証を行っている。しかし、疵の形状によっては、得られる信号と疵実体との関連が正確に得られないことがあり、今後ともこれの合致性の解析向上に努めて研究開発が必要である。以下に主な非破壊検査法の概要につき述べる。

1. 磁気探傷法: 磁性材料の外表面あるいは外表面に近い欠陥を探傷する方法で、図1に示すような各種方法で磁化し欠陥からの漏洩磁束を検出して判定を行うものである。漏洩磁束の検出手段によって次の種類に分けられる。

(1) 磁粉探傷: 極微細磁粉を磁束漏洩部に付着凝集させて欠陥を検出を行うもので、高い検出能力を有することから各種表面程度の鋼管および、管状丸鋼にも広く適用される。

磁粉には、単に着色して自然光の下で観察可能な「可視磁粉」と、暗室内の紫外線灯下で凝集位置を調べる「蛍光磁粉」とがある。

この方法は、検出能力は高いが最終判定が目視となるため、欠陥の評価が困難であることが欠点となるが、光電管を応用して蛍光磁粉の付着凝集を自動的に検出する方法も開発されている。

(2) 録磁探傷: 欠陥からの漏洩磁束を磁気テープに記録し電気信号として取り出すもので、欠陥の評価もある程度可能である。

(3) 半導体による探傷: 最近開発された「磁気-電気」変換効率の高い感磁性素子SMD (Sony Magnetodiode) を用いて欠陥部からの漏洩磁束を電圧に変換して検出する方法で、SAM (Sumitomo Automatic Magnetic Inspection System) 自動連続磁気探傷装置として開発されたものである。この原理は、図2に示すように漏洩磁束を極めて小さい個1対のSMDで検出するため、微小欠陥の検出が

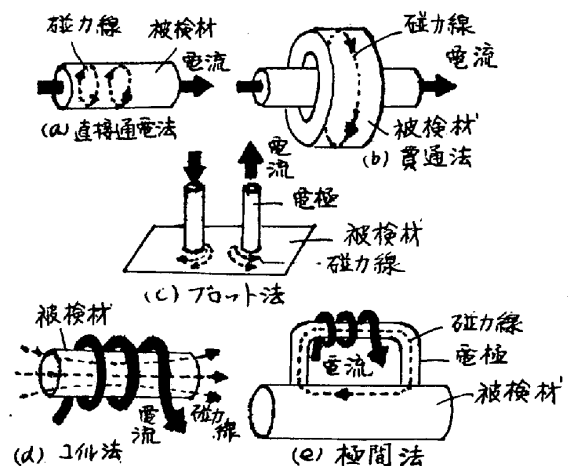


図-1 磁化方法の種類

できるとともに、鋼管の表面あらさ、偏歪、曲り等の影響をとり除いて、疵信号対雑音比(S/N)のよい検出感度を得られる。

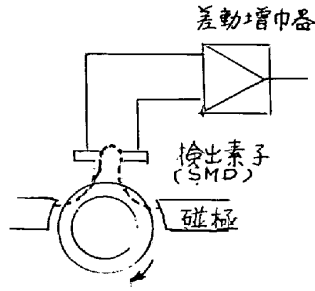


図-2 SAMの原理

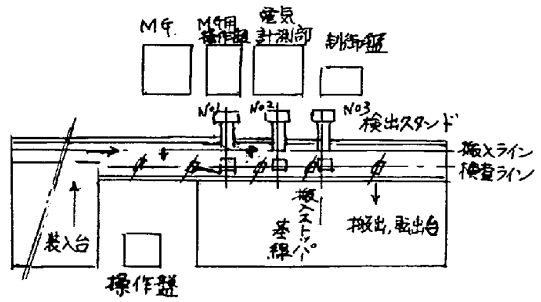


図-3 SAM構成と動作図

この方法によれば、検出された波高から疵の深さを知ることができ、品種に応じた疵の検出が可能で、従来の磁粉探傷の欠点を補うとともに、材料を長手方向に移動させながら疵を検出しかつマーキングも自動的にできるので、能率向上、省力化にも効果的である。図3にSAM検査ラインの一例を示す。検査速度の向上には、スタンド内の検出素子数およびチャンネル数の増加をはかる。また、SAM自身を回転させることにより、管の送り装置を簡単にすることもできる。

2. 浸透探傷法：毛細管現象にもとづく液剤の浸透力を利用して、材料表面に開口している欠陥を検出する方法で、取扱いが簡便なため広範囲に使用されている。浸透液の種類により、一般光線下で目視できるカラー・チェックと、暗室内の紫外線灯下で検出する蛍光浸透探傷とがあり、その作業性は磁粉探傷法より劣るが、ステンレス管の如き非磁性材料の表面欠陥の検出には、磁性材料の磁粉探傷法に匹敵する方法として適用され、判定方法も類似している。

3. 渦流探傷法：図4に示すように、高周波交流を通じたコイルの中に置いた管に渦電流が誘起され、欠陥部の電流変化をコイルのインピーダンスの変化として取出し、欠陥の判定を行うものである。従ってコイル中を早い速度(50~100%)で通しても内外面欠陥を検出できるので、管のように円形で長尺のもの的高能率検査としては最適である。たいていその原理から管端近辺の疵の検出ができないので、一般に寸法切断弁に適用し、曲り矯正機とライン化して自動探傷することが効果的である。渦電流に変化を与える因子としては、材料欠陥のほか表面状況・形状・寸法・金属組織的变化も考えられ、その判定には慎重を要す。

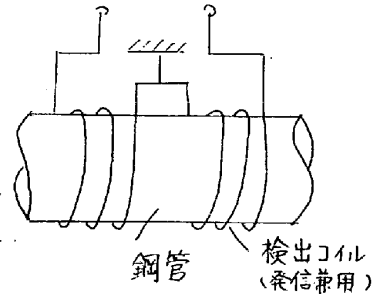


図-4 探傷コイル

現在鋼管に対しては、貫通コイル自己比較形の2~8kHzのものが使われ、最大外径165mm最大肉厚35mmまで適用されるが外面疵を正確に検出するためには肉厚6.5mm以下が適当といわれている。

4. 超音波探傷法：鋼管の内外面はもちろん肉厚内部の欠陥も検出できるので、非破壊検査中最も信頼度の高い方法として、ボイラー・チューブ・原子力用鋼管等使用条件の特に厳しい鋼管に対して適用される。検出すべき疵の形状・方向性または寸法等によつて、接触法、水浸法、垂直法、斜角法等と適当に組合せるが、内外面のクラック状の疵検出には斜角法の適用の例が多く図5に示す。

現在使用されている探傷器は、2.25~5MHzの超音波を直径10~20mmのジルコン酸鉛かチタン酸バリウムの探触子から管に与える。探触子固定で管をスパイラル状に送る形式では10~40%分の走査速度が一般であるが、探触子回転で管を直送するものでは100%分の高速走査も可能である。

この方法は渦流探傷のように疵以外の要因に影響されることが殆どなく微細欠陥を安定して検出できる利点がある。

III 疵の除去方法：

一般には、砥石(グラインダー)または砥布(ベルター)により、疵を要求品質に応じて研削するが、特に深い疵または特殊用途のものに対しては切削する場合がある。

この作業は多大の工数を要し、製造原価的にも大きな比重を占めるため、特に高能率化・省力化が要望されている。

1 外面疵の除去：

(1) 部分手入：外面疵検査で有害と判定した疵の部分だけを除去する最も一般的なもの、以前はヤスリまたはスクレーパーを使用した、最近では鉛ビグラインダーまたはベルトを使用する。

(A) 管固定式：作業台上に置いた管の疵の部分を作業者がハンド・グラインダーを押しつけながら疵を除去する。グラインダーの動力源として、圧空または電気をを用い、前者の方が軽く取扱も簡便なため広く用いられるが、負荷に対して回転数が低下し停動トルクが小さい欠点がある。これを補うものとして、最近高周波三相誘導電流によるものが使用され始めた。

砥石には円筒形とディスク形があり、鋼管のように円形のものも平滑に手入するには、後者の方が適当なようである。なお仕上げ程度をあげる場合には、この後でバフ研削を併用するか小形のハンドベルトを使用する。

研削力をあげるために、大型研削機を固定して管を長手方向に移動させながら、疵の部分と強く砥布または砥石に押しつけ、重研削も可能で管の装出入し自動化できる利点がある。疵の部分と自動的に砥石の所で固定させ、砥石を压下できれば完全自動手入機も可能となる。

(B) 管移動式：大型研削機を固定して管を長手方向に移動させながら、疵の部分と強く砥布または砥石に押しつけ、重研削も可能で管の装出入し自動化できる利点がある。疵の部分と自動的に砥石の所で固定させ、砥石を压下できれば完全自動手入機も可能となる。

(2) 全面手入：有害欠陥が極めて多く部分手入ではかえって能率の悪い場合または用途上極めて厳格な表面グレードを要し、高度の検査に合格しなければならぬ品種に対して適用される。

(A) 研削式：一般にセントレス・グラインダーまたはベルトが使用されるが、鋼管に対しては曲り、摺丹の桌で後者の使用が多く、多頭形の採用により能率の向上をはかっている。

(B) 切削式：長尺旋盤で行い、切削量が多く深い疵の時に採用する。鍛造鋼管や特に表面疵に対して厳しい用途の熱間仕上管または冷率用素管に適用される。

2 内面疵の除去：内面疵の検出は外面に比して困難であるとともに、疵の除去も内径の大きさに制限を受け、加圧力の付与に対して工夫を必要とする。また除去後の確認も困難で熟練を要す。

(1) 部分手入：長い回転軸の先に砥石を取りつけたグラインダーを前後進させながら管外面の疵部の除去を行う。内径の大きいもの以外は駆動部が管外にあり、圧下力の増加に対しては砥石の自重のほ

	接触斜角法	水浸斜角法	回転探触子法 (水浸法)
円周方向斜角			
軸方向斜角			
方式	管スパイラル移動 探触子固定 又は管回転 探触子移動	管スパイラル移動 探触子固定	管直送 探触子高速回転
接触媒体	油又はグリセリン	水	水
特色	○中大径管に適す	○水中での音波探触子の ため小径管に適す ○水中境界面での反射 のため高性能探触子 を要す。	○比較的小径管に適す。 ○管直送のみ故処理 速度大。 なお信号速度には インダクタンスクリップ又は 水浸接点直送接触 による。

図-5 斜角探傷例

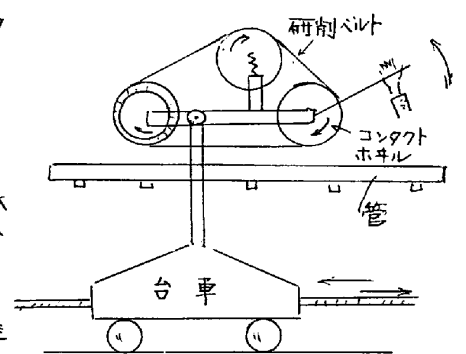


図-6 ベルト移動式部分ベルト

かに種々の工夫がなされる。

(2) 全面手入：管の内面グレード要求の特に厳しいものは、内面疵の検出手入後の確認があつたため全面手入を実施する場合が多い。

普通の形式としては、管を定位置で回転させながら長軸のグラインダーを自動的に往復させるものであるが、図7に示すようにエンドレス・ペーパーを管内に通して管軸にそつて回転させる形式のものもありこれによつて一様の研削とともに仕上げ程度も良好で、内径15mm位のものまで可能である。更に小径のものに対してはサンドブラストの適用も考えられる。特に深い疵またはグレードの特に高級な場合中ぐり旋盤で切削することもある。

以上の疵除去作業の能率向上と仕上の直正化のためには、管の残傷に適した砥粒の種類・粒度および結合剤の種類と結合度を有する砥石・砥布の選択と最適周速度ならびに取扱いの迅速自動化が重要である。

IV 製造工程における疵除去の時期

原則として、表面積の少ない時期すなわちできるだけ上工程で残傷に起因する有害な疵を集中的に充分除去し、下工程では疵の発生を極力防止して過算の疵取り回数削減による工数の減少と、歩留向上に努めねばならない。しかし、現実には各加工工程において疵発生要因があるため、各工程の区切り毎に検査と手入を行い、最終製品検査での合格率の向上、手入率の減少と手入を実施しても寸法公差内に入るようにしている。

通常、鋼塊にてスクーフィング等により大きな疵を除去し、丸鋼の段階で大半は全面旋削後磁気探傷または肉眼検査で検出された疵をクツピングまたはスクーフィングにより除去してから製管作業に入る。

熱間仕上げされた管は、そのまままたはスケールを除去した状態で、磁気探傷あるいは肉眼検査によつて疵の検出・除去を行うが、場合により渦流探傷も実施する。必要により手入後再び検査を行う。

冷間仕上げ鋼管は、一般に疵に対する要求が高く、寸法公差も厳しいため、最終製品での強度の手入は許されない。従つて熱間仕上げの素管の状態を、冷間加工による表面程度の向上を考慮に入れ、加工により進展または残存する疵を念に除去する。また特に厳しい品質を要するものは素管で全面手入あるいは冷間加工工程の途中で検査・手入を行うが何れにしても要求される品質と工数との合理的な兼ね合いが重要なポイントとなり加工工程と技術の実態に即して実施すべきである。

V 結言

鋼管の疵に対する要求はますます厳格になり、各種の検査法の発達と精度の向上によつて高度の品質保証体制を確立せねばならない。基本的には前述の通り鋼管および製管技術の向上発展が望まれるが、現実問題として如何に品質を保つために、有効な検査法の適用と合理的・高能率の手入を実施するかが鋼管製造者にとつて引続き重大課題である。特に手入に関しては、他の製管設備、精整設備に較べて進歩発展が遅れており、自動化、省力化、能率化に對して一層の努力を必要とする。

参考文献

- 1) Robert. C. Mc Master : Non-Destructive Testing Handbook
- 2) 日本學術振興會 : 超音波探傷法
- 3) 白岩俊男, 広島龍夫 : 鉄と鋼 No.3 Vol.57, Mar. 1971.

以上

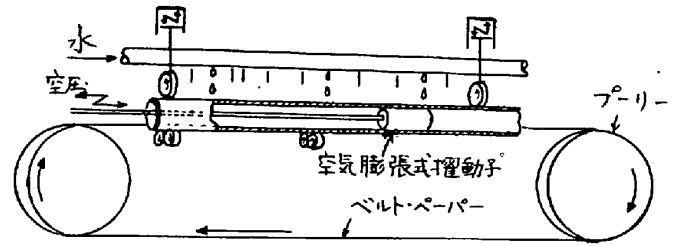


図-7 内面砥磨機原理図