

新しい非破壊試験評価要素技術の紹介(第1回)

高阪貞雄 [試験三課 係長]

1 緒言

環境やエネルギー問題、経済の閉塞化の影響は現代に生きる我々のライフスタイルの見直しや生き方にまで波及している。材料を取り巻く状況もここ数年の急激な変わり様が10~20年前のころとは明らかに異なっている。材料のリサイクル化は至る所で喧伝されている。省エネルギー・省資源を意図した材料プロセスや高強度・高機能材料の開発は絶えず試行されている。

こうした中において材料を正しく大切に使うためのメンテナンス保全技術は隠れた重要技術と認識させられる。その中でもとりわけ非破壊試験は診断・評価の信頼性を厳しく求められている。本稿では、筆者がこれまでチャレンジしてきた高価な装置や技能の要らない非破壊的な評価要素技術を中心に紹介する。読者諸氏の何らかの参考になれば幸いである。

2 非破壊検査

材料評価には一般的な引張強さ、疲労、クリープ、衝撃等の特性を求める破壊試験と放射線透過検査(RT)、超音波探傷検査(UT)、浸透探傷検査(PT)、磁粉探傷(MT)等により欠陥や傷の程度を把握する非破壊試験がある。

後者は被検体を破壊しないで調べることができるので生産工程、加工工程、受入時などで幅広く行われている。近年、製造者責任法により製品の品質保証が厳しく求められるようになった。また、破壊力学の進歩とともに欠陥材の寿命予測が行われるようになってきた。そのため非破壊試験の目的も欠陥検出にとどまらず品質管理および寿命予測などの信頼性評価に及んでいる。

一般的な非破壊検査は叢書、便覧等に詳述されているので主な特徴のみ次に列記する。

- ・RTは放射線(X線、γ線など)を用いて内部欠陥をフィルム上の影絵としてみる。病院でお世話になっているものと同じ原理である。客観性に優れ、記録性のよいベーシックな検査であるが、取扱いには十分な注意が必要である。
 - ・PTは浸透させた着色液を現像処理によって吸い出させるおもしろく鮮やかな手法であり、手軽で適用範囲が広い。但し、割れにスケール等が詰まっていると検出できない。
 - ・MTは磁化させた試料に懸濁磁粉液をかけ、欠陥の周りに吸引された蛍光磁粉に紫外線をあて割れの位置を判定する検査である。記録は写真以外に粘着テープに転写する方法がある。割れにスケールが詰まってもある程度内部の割れも検出できる。但し、被検材が磁性体に限定されるので、磁性体であれば微小な欠陥をクリアに検出できるためぜひ試してみたい検査である。
 - ・UTはパルス反射法により、試験体の厚さや欠陥の位置、大きさを調べる方法である。多くの材料(金属やプラスチック、セラミックス他)に適用でき、応用範囲も広い。近年、操作性、性能とも向上した装置が廉価に購入できるようになった。日常の材料試験の傍らに置いておきたいものの一つである。
- 以上の一般的な検査以外の非破壊的材料試験、評価について以下に述べる。断片的で系統立っていないところが多々あるがご容赦願う次第である。

3 非破壊試験評価要素技術の紹介

(1) 内径寸法検査について

寸法検査は肉厚、外径、長さなどを測定することにより変化を定量的に評価できる重要な検査である。例えば高温高圧下で使用されるチューブやパイプは高温クリープにより膨出するため定検毎に外径をノギス等で測定管理されている。ところが、外面が腐食により減肉すると膨出量が正確に把握できない。そこで外乱が少なく真円を示す内径に着目して内径から膨出量を求める手法を提案した。

内径はノギスと超音波探傷器を用いて外径とその外径をあてた部分の肉厚を測定することにより0.1~0.2mmの誤差精度で求めることができた。

ここで内径の初期値であるが次の方法が考えられる。

- ① 溶接部近傍の内径をベースとする。溶接部近傍は溶接の余盛拘束による拘束のため膨出しにくいためである。
- ② 膨出が認められないと思われるメタル温度の低い管の内径をベースとする。
- ③ 一般的な高温高圧用熱交換器管の外径は仕様値、肉厚は仕様値の10%増の目標で製造されていることが多い。これから元内径も大まかには計算で求まる。ただし、これまでの調査では7割ぐらいの管の肉厚は確かに仕様値の10%増で製造されていた。ところが3割は7~9%増であった。したがってあくまで目安とすべきではあるが、便宜的なデータとして参考となる。

ところで、内径膨出量より外径膨出量を求めるには表1に示す式から容易に計算できる。

表1 内径変化率からの膨出率計算

いま、膨出前の外径を D_0 外径変化率を r_0
 " の肉厚を t_0 内径変化率を r_i とすると、
 塑性変形の体積不変性より膨出前後の断面積が同じであるから

$$\pi (D_0/2)^2 - \pi \{(D_0 - 2t)/2\}^2 = \pi (r_0 D_0/2)^2 - \pi \{r_i (D_0 - 2t)/2\}^2$$
 が成り立つので

$$\sqrt{\frac{(r_i^2 - 1)(D_0 - 2t)^2}{D_0^2} + 1}$$

さらに未使用時の肉厚を正確に知りたいニーズが少なくない。膨出がない場合、仕様外径値から実測内径を差し引いた数値を半分にすれば未使用肉厚の平均値が求まる。他に、膨出が認められた管の外面腐食減肉量を算定したい場合は膨出に伴う肉厚減少量を予め見積もっておく必要がある。これは膨出時の外径と内径の差から計算できる。また、内径値については内面スケールが生成している場合、そのスケール厚さが鋼材のおよそ半分であるためその分を補正すればよいことを付言する。**(第2回に続く)**