

エネルギー機器における材質劣化の診断技術

古村 一朗

(株)東 芝

電力・産業システム技術開発センター

1. はじめに

今や、人間社会は高齢化の時代を迎え、各人の健康維持・管理のために定期的な健康診断が重要となってきた。これは、病に陥ってから痛い思いをしつつ多大な医療費が必要となったり、長期間に渡って仕事から離れると言う不測の事態を避けるためであるが、このような状況はエネルギー機器においても全く同様であり、突然のトラブルにより長期にわたり機器を停止せざるを得ない状態や、人的被害をおよぼすなど不安全な状態を極力避けねばならない。

エネルギー機器の材質劣化を非破壊的に計測・診断する技術は、かくも重要であるが、データの蓄積や適用面の問題などで、真に効果的に使われている例は必ずしも多いとは言えない。

ここでは、多くの研究者にこの分野における研究開発に目を向けて頂くことを願って、原子力および火力プラントの長期運用に伴う材質的な劣化を非破壊的に計測・評価する技術の最近の進歩を2、3紹介する。

2. 陽電子消滅法

陽電子消滅法は、陽電子から被検体に放射された陽電子が、材料中の電子にであって消滅する際に、二方向に放出される γ 線のエネルギーがドップラー効果で差が生じることを計測するもので、陽電子の消滅の早さに関連している。被検体に空孔などが存在する場合には、陽電子の寿命は伸び、 γ 線のエネルギー幅が広がることで、空孔の存在が検知できる。

従来の陽電子消滅法は、 γ 線エネルギーの広がりの中で全体のエネルギー分布量に占めるピーク周辺のエネルギー量という曖昧な基準でSパラメータなる評価値を定めていたが、新しい手法では図1に示す様に測定された γ 線エネルギー分布のスペクトルを自由電子によるものと軌道電子によるものに分解して評価するSfパラメータを用いることで、図2に示すごとく低合金鋼の中性子照射脆化を感度良く計測することが可能になった。

なお、従来の計測法は、通常、先に述べた二方向に放出される γ 線の一方のみ計測するが、新しい計測

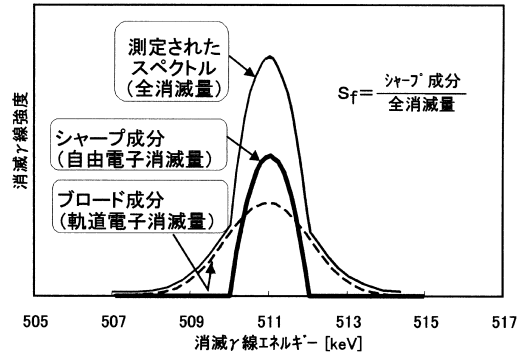


図1. 陽電子消滅法による新たなSfパラメータの定義

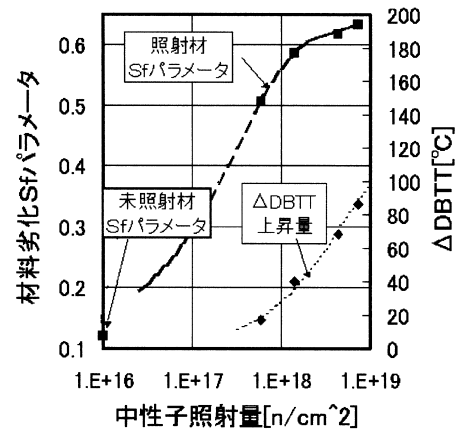


図2. 新たなSfパラメータによるA533B鋼の中性子照射脆化の評価

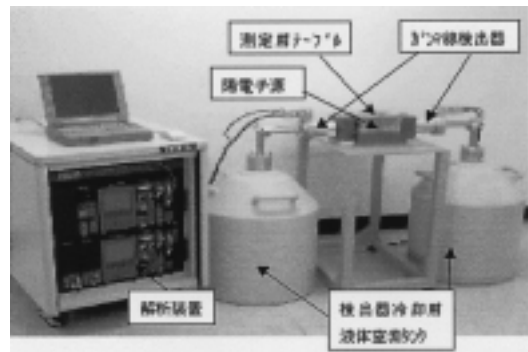


図3. 二方向同時計測法による陽電子消滅計測装置

法では図3に示すように、それらを同時に計測することにより、計測上のSN比を向上させ、その結果、 γ 線スペクトルの裾野近傍に計測される析出物の状態なども評価できるようになり、空孔以外の欠陥や析出物による材質劣化の計測にも可能性が開けた。

3. 磁化過程AE法

磁化過程AE法(以下MAE法と略記)は、金属材料(非磁性材料を除く)に磁場が作用すると、材料内部の磁区が移動・回転することによる弾性振動が発生し、これをAEセンサーで計測する方法である。磁区の運動は転移・析出物・マイクロき裂などの増加により阻害されるので、AE信号量は材料劣化を表すことになる。

従来のMAE法では、一般に1Hz程度あるいは商用周波数程度の磁場が負荷されていたが、磁区の運動により発生したAEと、これが被検体の中で多重に反射したものの両方が計測されてしまい、材質劣化の程度との対応が曖昧であったり、被検体の寸法による影響があった。新しい手法では、図4に示すように磁場を瞬間的に作用させ、かつ、発生したAEを計測する時間的タイミングも、この瞬間的な磁場の負荷から一定時間以内に限定することにより、反射や寸法効果を排除した計測が可能になった。図5はパルスMAE法のセンサーを示し、また図6は疲労損傷の進行過程の計測結果を示したもので、マイクロき裂の発生とその増加過程が計測されている。

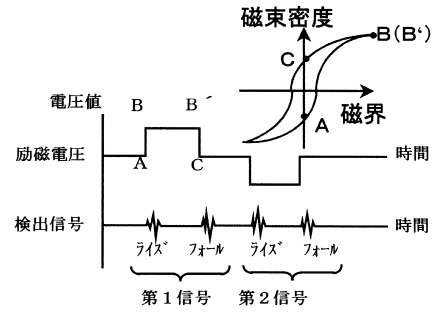


図4. パルスMAE法の計測方法

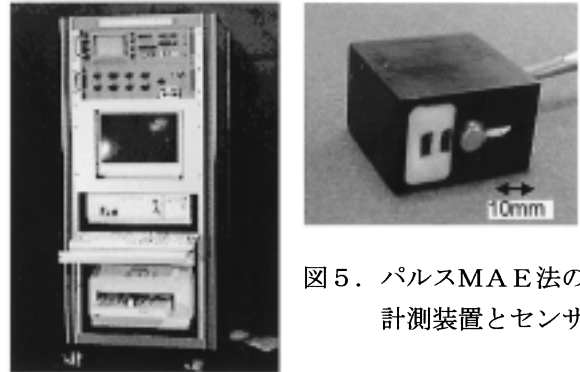


図5. パルスMAE法の計測装置とセンサ

4. 渦電流法

金属材料の導電率も材質劣化を検知できるポテンシャルがあることは良く知られている。導電率を計測する方法としては、四端子法などの直接に端子を当てて電流を流す方法が一般的であるが、コイルセンサーのインピーダンスを測る渦電流法でも計測することが出来る。すなわち、交流電流を流したコイルセンサーを被検体に近づければ、被検体に渦電流が生ずるが、この渦電流は被検体の導電率に影響され、渦電流の発生し易さはコイルセンサーのインピーダンスに反映されるため、導電率を非接触で測定することができる。

図7は、この方法によりニッケル基超合金の時効劣化を計測した結果であるが、横軸の d/λ^2 は、図中に示す γ' 相の粒径と粒子間距離を示すパラメータであり、この値がクリープ寿命と相関のあることは知られている。

5. むすび

以上に、材質劣化の非破壊計測法に関する最近の改良技術について紹介したが、実機環境で劣化した材料のデータ蓄積など、息のながい研究が必要であり、また新たな物理現象を用いた計測手法の開発など、この方面の研究が活発化することを期待する。

E-mail: ichiro.komura@toshiba.co.jp
住所: 〒230-0045 横浜市鶴見区末広町1-9

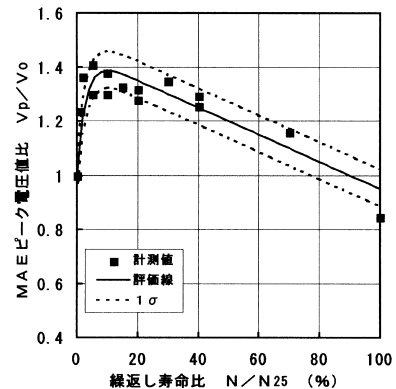


図6. パルスMAE法によるA508鋼の疲労損傷の計測

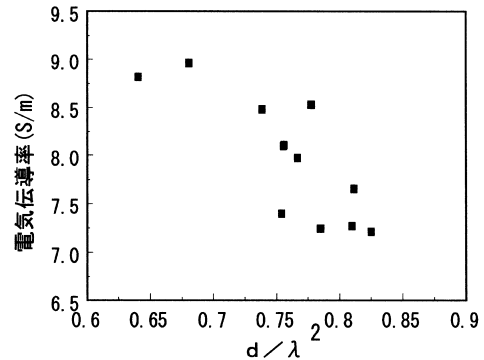
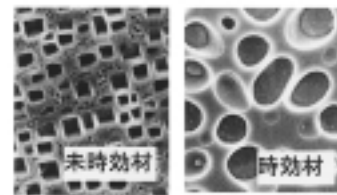


図7. 渦電流法によるIN738材の時効劣化計測