

(629) 水素侵食の欠陥形態と超音波の反射特性

編 日本製鋼所 室蘭製作所

大久保吉雄○田中秀秋

1. 緒言

高温高圧水素環境で使用される圧力容器は、使用中に容器材料内に多量の水素が侵入し、使用時間の経過と共に容器材料が劣化したり、時には水素系欠陥が発生するなどして、圧力容器の安全性に重大な影響を与えることがある。水素侵食の欠陥形態には、脱炭、マイクロフィッシャー、クラック、ブリストアなどがあり、脱炭と共に微小な粒界割れが発生するのが特徴で、その防止対策と検出が課題となっている。水素侵食を非破壊的に検出する方法としては超音波探傷試験を用いるのが一般的で、水素侵食を著しく受けた材料では、反射エコー、減衰、音速に影響を与えることが知られている。本報では、水素侵食の特徴である微小な粒界割れと超音波の反射特性の関係について、実験と検討した結果を報告する。

2. 実験内容と結果

水素侵食によって発生する欠陥は、多数の 十～数百 μm の微小な割れであることから、鋼材を高温脆化域で曲げ加工し、微小な多数の欠陥を発生させた試験片を作成し、超音波探傷試験を行った。超音波探傷試験の結果、周波数 5MHz 振動子径 $\phi 12.5\text{mm}$ にて等価欠陥直径に換算して $\phi 0.5\text{mm}$ の密集欠陥エコーが得られた。試験片を切断し欠陥状況を調査した結果、10～20 μm の微小な割れが多数内在していたが、 $\phi 0.5\text{mm}$ 程度の欠陥は存在しておらず、超音波探傷で得られた値と切断調査結果の違いの原因は、超音波の合成現象によるものと考えられた。超音波探傷試験で得られた値と実際の欠陥大きさ、分布状態の関係を解明するため Fig. 1 に基本原理を示すコンピュータプログラムを開発した。開発したプログラムを用い切断調査した試験片に内在していた欠陥分布を入力した結果、実際の超音波探傷試験にて検出された反射エコーと同等のシミュレーションエコーが得られ、超音波にて、波長の 1/50 程度の欠陥でも、欠陥数が多くそれぞれの欠陥で反射し合成されたエコーが探傷器・探触子の組み合わせにおける検出能を越えると検出可能であることが明らかになり、微小な多数の欠陥が内在する場合の個々の欠陥大きさ、欠陥間隔による合成エコー高さの計算結果は Fig. 2 に示す関係が得られた。

水素侵食と反射エコー高さの関係では、初期的な水素侵食では、コンピュータによる計算結果とも良く一致しているが、侵食が著しくなると反射エコー高さには比例しなくなる。これは、初期的な侵食では、個々の欠陥が非常に小さく欠陥の方向は粒界に沿ってランダムであるため欠陥大きさの平均値に比例して反射エコーが高くなるのに対し、侵食が進んでくると欠陥方向が応力によって進展する方向に揃い、欠陥の反射指向性のため欠陥エコーとしては増加してこないためと考えられる。

3. 結言

超音波探傷試験による欠陥からの反射エコーで水素侵食を検出できることは良く知られているが、これまでは、検出されたエコーが水素侵食か製造時からの欠陥かを判断するのが、難しい問題があったが、水素侵食による欠陥分布の特徴と製造時欠陥の特徴を整理し、開発したプログラムを活用して探傷図形パターンの分類を行うことによって、超音波探傷図形から水素侵食か否かの判断が行える可能性が得られた。

水素侵食の評価は、まだ不明な点が多く欠陥からの反射エコーのみでなく、超音波の減衰 超音波の音速なども用い総合的に検討する必要がある。

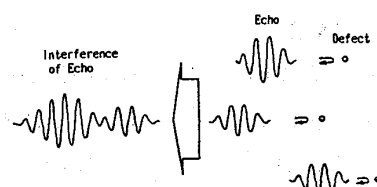


Fig. 1 Reflection from cluster defect

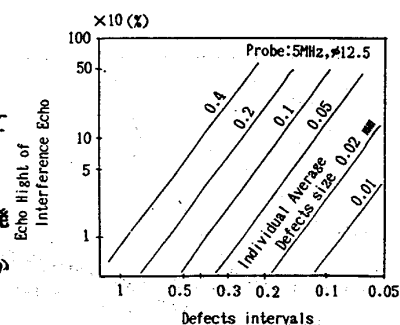


Fig. 2 Echo height of interference Echo