



..... 微小部X線応力測定装置

金属部品の加工、溶接によって発生する残留応力は、その大きさによっては割れの原因となります。この残留応力を非破壊で測定するのがX線応力測定装置です。残留応力は圧縮応力となりますと疲労破壊を抑制したり耐摩耗性を向上させたりしますので、機械部品には積極的に付与することもあります。そのために部品の表面を高周波焼き入れしたり、浸炭や窒化処理をしたりあるいはショットピーニング処理が行なわれています。この場合も残留応力の大きさや深さを知ることが重要となります。機械部品が小さくなれば微小部の残留応力を測定する必要があり、弊社でも従来のX線応力測定装置に加え微小部X線応力測定装置を導入いたしました。

微小部X線応力測定装置の特徴

今回導入した微小部X線応力測定装置の仕様を従来の装置と比較して表1に示します。微小部X線装置はX線をコリメータで絞ることやX線の試料照射面積が小さくなることで回折強度が低くなる恐れがあります。このためX線源の出力が最大2kWと大きくなっています。また、試料とX線検出器との距離を長くし、角度分解能を高めてあるのも特徴です。ただし、試料室は300mm x 300mm x 高さ135mmであり、オープンタイプの従来の装置に比較し小さくなっています。

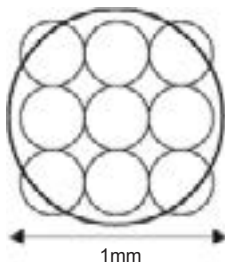
表1 微小部X線応力測定装置の仕様 (従来の装置との比較)

| 装置の型式 | RSF(微小部) | MSF(従来装置) |
|-----------------------|---|---|
| X線発生装置出力 | max2kW(連続) | 0.3kW(1時間) |
| X線管球 | 標準Cr(Fe,Co,Cu) | 標準Cr(V,Co,Cu) |
| 検出器 | PSD(位置敏感型検出器、有効長 100mm) | |
| 試料-検出器距離 | 280mm | 200mm |
| 2θ 設定範囲 | 110~157deg | 128~157deg |
| ψ/ψ _m 可動範囲 | -35~50deg/-3~48deg | -30~50deg/-15~50deg |
| 入射コリメータ | ○0.15,0.3,0.5,1.2,4mm | □1×1.2×2.1×4.0,5×2mm |
| 最大試料重さ | 約3kg | 数十kg(人がもてる程度) |
| 最大試料大きさ | 300×300×135mm高さ | 1000×1000×1200mm高さ |
| 装置の外観 |  |  |

微小応力測定装置を用いた測定例

試料: 硬さ標準試料(60mm径)
入射コリメータ: 1mm φ、0.3mm φ
回折面: (211)、ψ₀6点

| コリメータ 1mm | コリメータ 0.3mm | | |
|-----------|-------------|---------|---------|
| -378±6MPa | -373±11 | -400±24 | -358±15 |
| | -343±21 | -402±11 | -358±11 |
| | -374±14 | -360±14 | -350±10 |



コリメータ0.3mm φで測定すると少しバラツキがありますが、平均値に対して最大でも10%以内であり比較的良好な結果が得られます。

X線応力測定の原理

X線応力測定法は、X線回折現象を利用してひずみを測定し、応力を求める方法で、フックの法則(応力=弾性係数×ひずみ)を応用したものです。ひずみは回折面間隔dより求められ、下記Braggの式によりBragg角θと波長λの関数として表されます。

Braggの式 $2d\sin\theta = n\lambda$ (θ: Bragg角 d: 回折面間隔 λ: 波長)
回折角θを測定すれば、面間隔dが求められます。実際の測定では2θを測定します(図1参照)。材料に応力が作用すると材料を構成する結晶に弾性変形が生じ、その結果は

結晶面間隔の収縮(圧縮応力の場合)、膨張(引張り応力の場合)となって現れます。したがって図2に示すように入射角ψ₀を変えて、その都度任意の結晶面の回折角(2θ)を測定し、図3のように2θ - sin²ψ線図で整理すると直線となり、その勾配から応力σ_xを算出することが出来ます(下式参照)。

$\sigma_x = K \times M$ (K: 応力定数, M: 勾配)
入射角度を変えてもX線照射体積内には2θに対応する結晶面を有する結晶が相当数必要となりますので、多結晶でかつ集合組織を持たないことが望まれます。

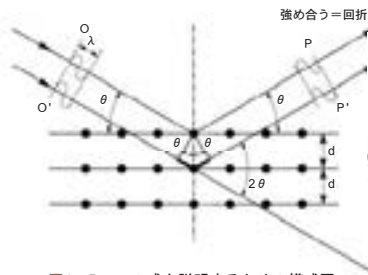


図1 Braggの式を説明するための模式図

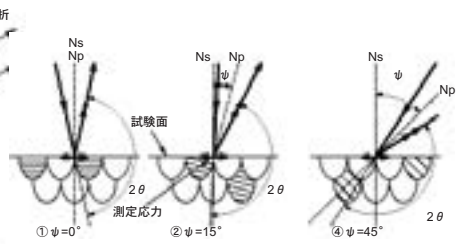


図2 X線入射方向と回折面方位の関係; Ns: 試料面法線 Np: 回折面法線

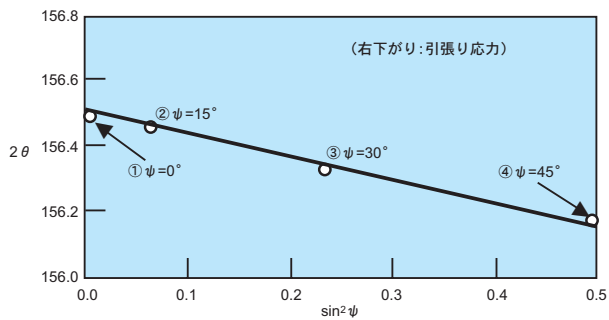


図3 2θ - sin²ψ線図

研究支援事業部 試験技術室
児玉 薫

TEL: 06-6489-5714 FAX: 06-6489-5959
E-mail: bussei@smt-co.com

トピックス

外部表彰受賞

(社)日本材料学会技術賞受賞

関西事業部 小林 十思美担当部長が「プラント設備の高精度余寿命診断を可能にする放電サンプリング装置の開発」で「平成19年度日本材料学会技術賞」を受賞しました。

九州電力株式会社殿、株式会社神戸工業試験場殿と共同研究を進めてきた成果が認められたものです。

