

微小部 X線応力測定装置



住友金属テクノロジー(株)研究支援事業部 物性評価部(bussei@smt-co.com)

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 線残留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。

1. 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 ₀ /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	□1x1, 2x2, 1x4, 0.5x2mm
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	300x300x135mm高さ	1000x1000x1200mm高さ
装置の外観		

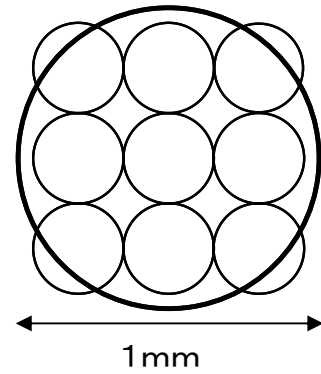
2. 微小応力測定装置を用いた測定例

試料: 硬さ標準試料 (60mm径)

入射コリメータ: 1mmφ、0.3mmφ

回折面: (211)、 ψ_0 6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0.3mmφ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%以内であり比較的よい結果が得られます。

3. X線応力測定の実理

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1に示すように入射角 ψ_0 を変えて、その都度任意の結晶面のブラッグ角(2θ)を測定し、図2のように $2\theta - \sin^2\psi$ 線図で整理すると直線となり、その勾配から応力を算出することが出来ます。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。

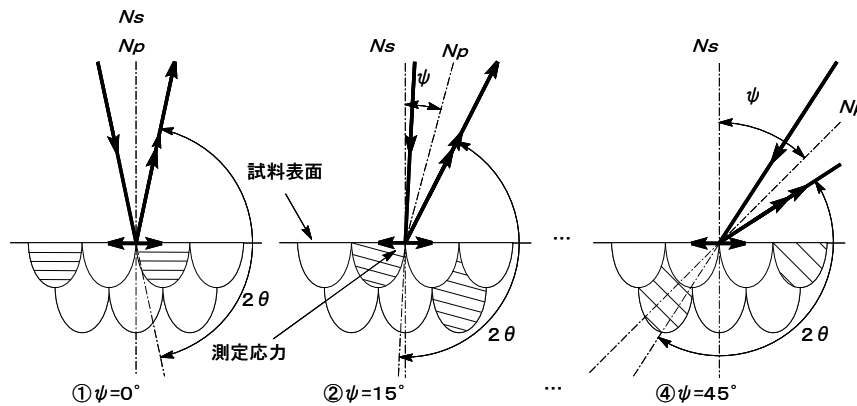


図2 X線入射方向と回折面方位の関係; Ns: 試料面法線 Np: 回折面法線

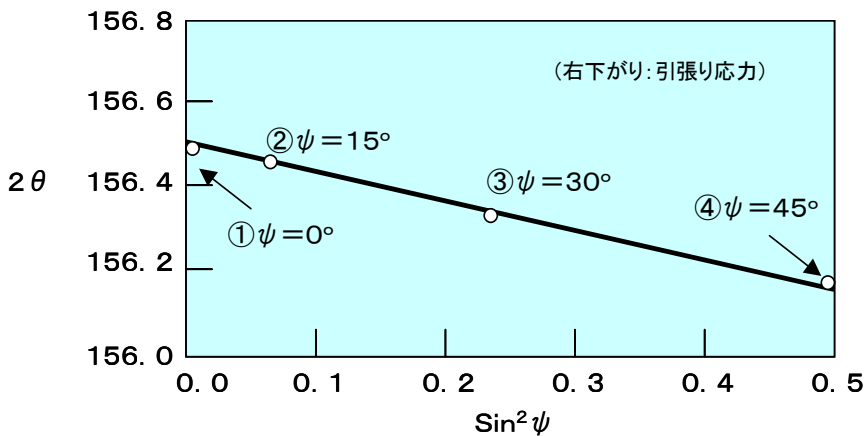


図3 $2\theta - \sin^2\psi$ 線図