

微小部X線応力測定装置

キーワード：X線応力測定、残留応力、残留オーステナイト、回折、非破壊検査

はじめに

微小部X線応力測定装置は、X線を用いて機械・構造部品の残留応力や残留オーステナイトを非破壊で測定する装置です。平成23年4月に導入しました。

残留応力は、切削、熱処理、溶接などの加工を通じて不可避免的に発生し、疲労破壊、応力腐食割れや寸法変化の原因になることがあります。残留オーステナイトは鋼の焼入れに伴い生じ、割れや寸法変化の原因になることがあります。これらを正確に測定し、適切に調整・管理することにより、製品の信頼性・安全性の向上を図ることができます。

仕様

図1に装置の外観を示します。表1に主な仕様を示します。

残留応力測定が可能な材料は、金属および

セラミックスです。種々の材料に対応できるように、5種類のX線管球を用意しています。ただし、測定原理上の制約から、ガラスのような非晶質材や単結晶材の測定はできません。

測定領域の大きさは、コリメータで調整できます。コリメータとは、X線の出射口に設置する円筒状の部品であって、その先端部に所定の寸法の開口部が設けられたものをいいます。開口部の寸法には、表1に示すバリエーションがあります。

試料は装置内のテーブルに載せます。表1に示す「試料の大きさの条件」を満たす必要があります。基本的には製品の状態のまま測定ができますが、測定部位がくぼんだ箇所にある場合は、その周辺部の切除が必要になることがあります。

なお、本装置は表面層の測定を行うものです。材料等により異なりますが、表面から10 μ m程度の範囲内での測定となります。また、点測定であり、一回の測定で残留応力等の製品全体にわたる分布が分かるものではありません。

測定原理

材料にX線を照射するとX線は回折（反射）します。回折の角度は原子配列の間隔に依存し、その間隔は残留応力によって伸縮します。よって、伸縮に伴う回折角の変化量を



図1 装置外観

表1 装置仕様

型式	AutoMATE(株式会社リガク)
X線管球	V, Cr, Fe, Co, Cu
出力	最大 2kW
測定方法	並傾法、側傾法
コリメータ	$\phi 0.15, \phi 0.3, \phi 0.5, \phi 1, \phi 2, \phi 4$
試料の大きさ	$\phi 320\text{mm} \times 215\text{mm}$ 、20kg まで
測角範囲	$2\theta = 98 \sim 168^\circ$

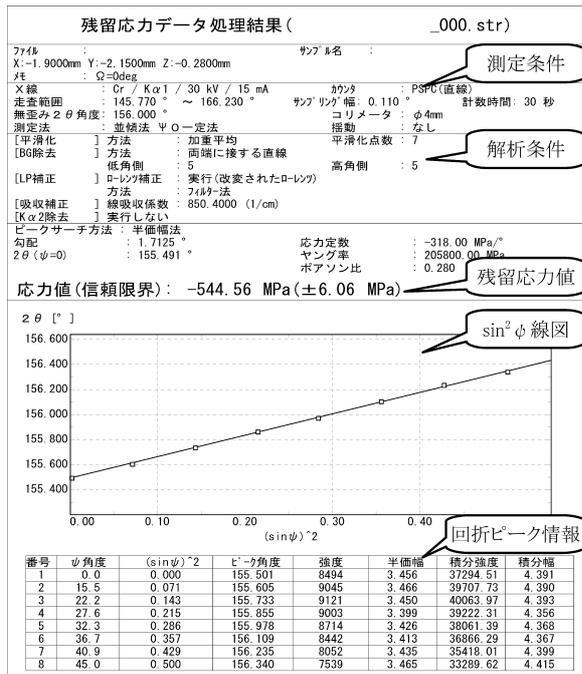


図2 残留応力測定結果

調べれば、伸縮の原因である残留応力が求められます。¹⁾

また、オーステナイト相とマルテンサイト相とでは結晶構造が異なるため、回折する角度が異なります。回折の強さは、それぞれの相の量に応じて変化します。よって、両者の回折強度を調べれば、その比から残留オーステナイト量が求められます。

測定例(残留応力)

図2に、ショットピーニングされた鋼板の残留応力測定結果を示します。

図中の $\sin^2 \phi$ 線図はX線の入射角と回折角との関係を示すものであり、その回帰直線の勾配から残留応力が求められます。例では右上がりの回帰直線であり、残留応力は約-545MPa(-55.5kgf/mm²)と算出されています。なお、負号は圧縮の残留応力であることを示し、残留応力値に続く±の数値は、測定値の信頼性(1標準偏差)を示します。¹⁾

測定例(残留オーステナイト)

図3に、鋼板の残留オーステナイト測定結果を示します。

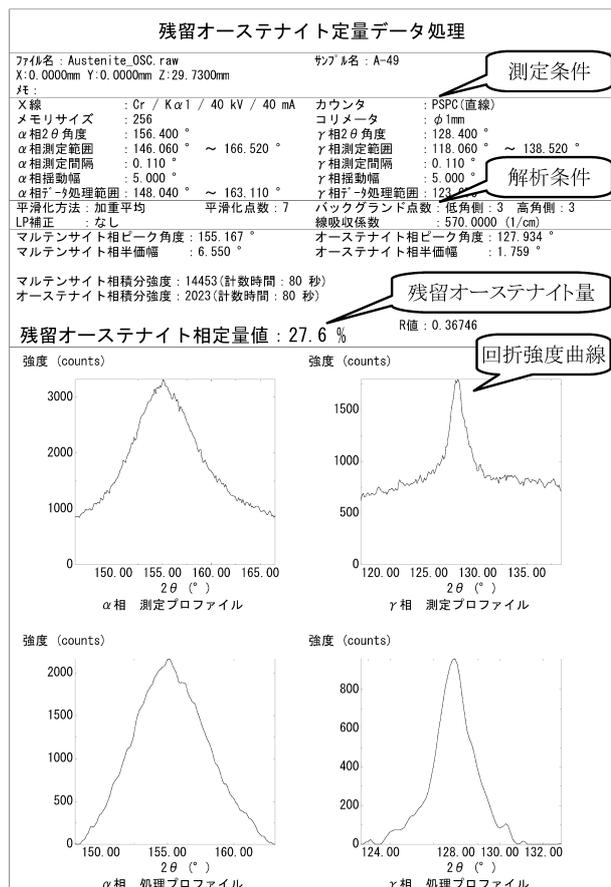


図3 残留オーステナイト測定結果

2列のグラフのうち、左側がマルテンサイト相による回折X線を、右側がオーステナイト相によるそれを示します。下段のグラフは、上段のグラフからそれぞれバックグラウンド(山形の裾部の高さ)を差し引いたものです。下段のグラフにおいて、山形に囲まれた部分の面積がそれぞれの相からの回折X線の強度を表し、両者の比から残留オーステナイト量が求められます。なお、測定結果は体積率で表示され、例では約28%となっています。

おわりに

本装置は、職員が測定を行う「依頼測定」と、外部の方が自ら測定を行う「機器利用」の両制度でご利用いただけます。皆様のご利用をお待ちしております。

参考文献

- 1) 小栗泰造:大阪府立産業技術総合研究所報告, 22(2008)p. 9.