

技術紹介



㈱大同分析リサーチ

cos α法を用いたX線残留応力測定手法

1. はじめに

金属製品や部品では、その製造工程において機械加工、塑性加工、熱処理などさまざまな加工が施され、その過程において残留応力が生じる。圧縮残留応力であれば製品や部品の疲労強度の向上に寄与するが、引張残留応力は一般的に疲労強度や形状精度に悪影響をおよぼすことが知られている。このため残留応力を定量的に把握しておくことは製品や部品の管理上とても重要である。

2. X線残留応力測定

残留応力の測定法としては、X線回折を用いた $\sin^2\psi$ 法がもっとも広く利用され、日本材料学会から「X線応力測定標準」¹⁾も制定されている。 $\sin^2\psi$ 法では、X線の入射角 ψ における回折強度と歪みの関係から残留応力を算出する(図1)。したがって、 $\sin^2\psi$ 法では検出器の精密な回転機構が必要となるなど、装置が大型となっている。

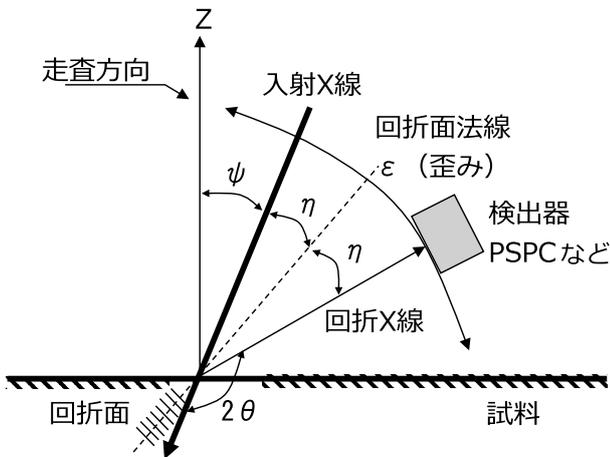


図1. $\sin^2\psi$ 法による残留応力測定。

金属のような多結晶の場合、回折X線はリング(デバイ環)を形成する。近年、2次元検出器や解析用のパーソナルコンピュータが進歩したことにより、デバイ環全体を利用して残留応力を測定する $\cos\alpha$ 法が実用化された。 $\cos\alpha$ 法の理論は最初に平、田中、山崎らによって1978年に提案され²⁾、残留応力はデバイ環の中心角 α における回折X線の位置と歪みとの関係から算出される(図2)。したがって、 $\cos\alpha$ 法では検出器の回転機構を必要とせず、小型で可搬式の装置が製作可能である。また、単一入射角での測定で結果が得られることから短時間での測定が可能である。

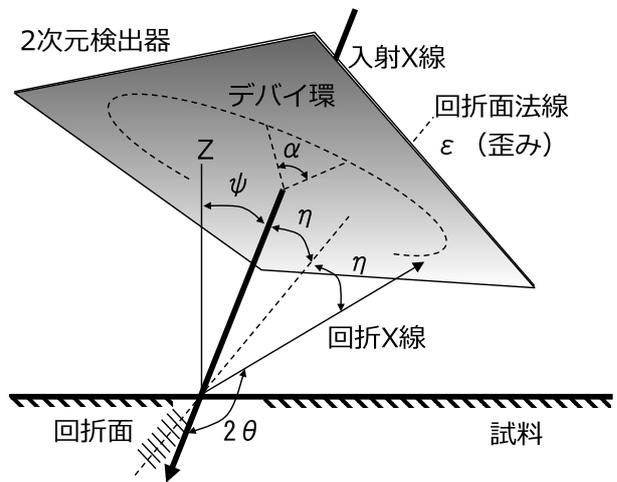


図2. $\cos\alpha$ 法による残留応力測定。

3. X線残留応力測定装置 μ -X360n

㈱大同分析リサーチ(以下、当社という)では $\cos\alpha$ 法を採用したパルスステック工業(株)製ポータブル型X線残留応力測定装置 μ -X360nを導入した。装置の外観を図3に示す。本体の寸法は W 311 mm × H 154 mm × D 123.5 mm である。従来の $\sin^2\psi$ 法よりも小型であ

ることから対象試料の形状においても制約が少なく、図3のように大型試料など測定可能な対象が拡大すると考えられる。

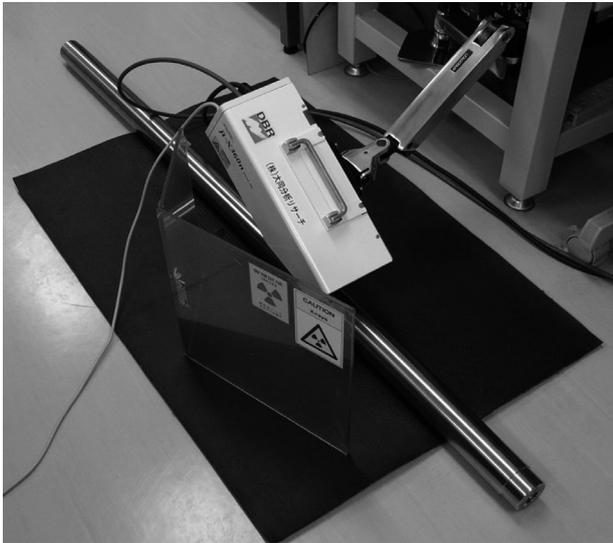


図3. μ-X360nの外観および測定の様子。

1回の測定時間は、およそ90秒となっており、従来法の5～20分に対して短時間で測定可能である。またX線の照射径は、およそφ2mmである。当社では、Cr管球とV管球を所持しており、それぞれ表1に示した材質に対応している。

表1. X線管球および対応材質。

管球	適合	材質	hkl	Bragg角
Cr	◎	フェライト合金鋼	211	156.396
	◎	アルミニウム合金	311	139.528
	○	純ニッケル	311	158.330
	○	ニッケル合金	311	150.876
	△	オーステナイト鋼	311	148.513
V	◎	チタン	103	140.077
	◎	タングステン	211	151.552
	○	銅	220	156.972

4. 測定事例

残留応力の測定手法として $\sin^2\psi$ 法が事実上の標準となっていることから、 $\cos\alpha$ 法を採用した μ -X360nと $\sin^2\psi$ 法の両者を比較した測定事例を紹介する。図4は、普通鋼（フェライト組織）の表面にショットピーニングにより圧縮応力を付加した試料において2つの手法を比較した結果である。電解研磨により深さ方向の応力変化を測定している。

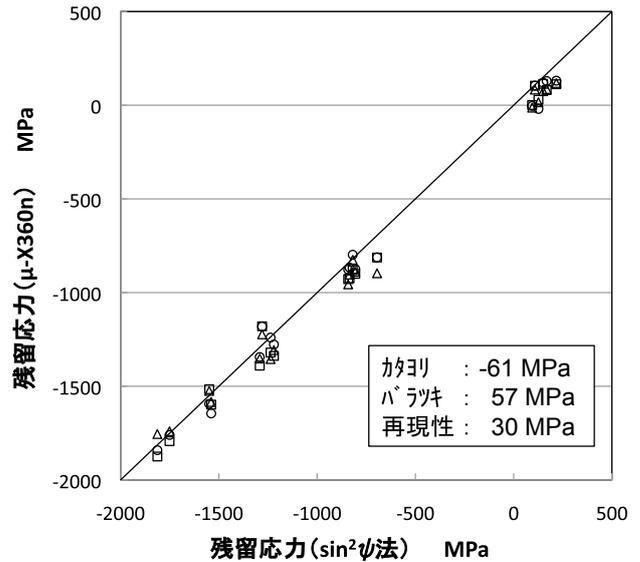


図4. $\sin^2\psi$ 法との測定結果の比較。

図4に示したように $\sin^2\psi$ 法と μ -X360nのそれぞれの測定結果は、応力変化に対して傾き1の直線関係が得られた。カタヨリ、バラツキ、再現性ともに100MPa未満であり、 μ -X360nによる残留応力の測定結果は良好である。 μ -X360nを使用することにより従来法より短時間で場所を選ばず従来と同等の評価が可能である。

5. おわりに

2次元検出器を採用したX線残留応力測定装置 μ -X360nを紹介した。大型の試料における残留応力測定に威力を発揮すると思われる。当社では可搬性を活かした現地での測定にも対応している。残留応力でお困りの方は是非当社にご相談ください。

(文献、引用)

- 1) 日本材料学会, X線応力測定標準(2002).
- 2) 平修二, 田中啓介, 山崎利治, 材料, 27(1978), 251.

(問合せ先)

(株)大同分析リサーチ

技術部

石川憲一

TEL: 052-308-3916

FAX: 052-611-9461

e-mail: kishikawa@dbr.daido.co.jp

