

Study about Evaluational Method of Determining Material-Characteristics Using Ultramicro Hardness Tester

○学 高田 昌志 (新潟大院) 正 石橋 達弥 (新潟大)
 鋤柄 佐千子 (新潟大) 正 大木 基史 (新潟大)
 学 中鉢 幸男 (新潟大院) 学 藤塚 将行 (新潟大院)

Masashi TAKADA, Tatsuya ISHIBASHI, Motofumi OHKI, Yukio CHUBACHI, Masayuki FUJITUKA :
 Faculty of Engineering, Niigata University, Ikarashi 2-no-cho 8050, Niigata, 950-21 JAPAN
 Sachiko SUKIGARA : Faculty of Education, Niigata University

Key Words: Ultramicro Hardness Tester, Material Characteristics, Young's Modulus of Metals, Ball Indenter

1. 緒言

近年の薄膜技術や微細技術の進歩はめざましく、それに伴い材料試験も超微小領域に対応したものが必要となっている。本研究は、球圧子によるサブミクロンオーダーに至る押し込み硬さ試験により材料の機械的特性値の測定を目的としている。本報では前報¹⁾までに開発した試験機を用いて、圧子球直径1mmの場合の金属に対する試験結果、データ処理、それらから求めた縦弾性係数(ヤング率)の測定結果を、圧子球直径5mmの場合と比較した。

2. 保持具付き球圧子による金属のヤング率算出式

保持具付き球圧子を金属試験片に押し込み、次いで除荷するまでの一連の接触状態をモデル的に示すと Fig.1 のようになる。

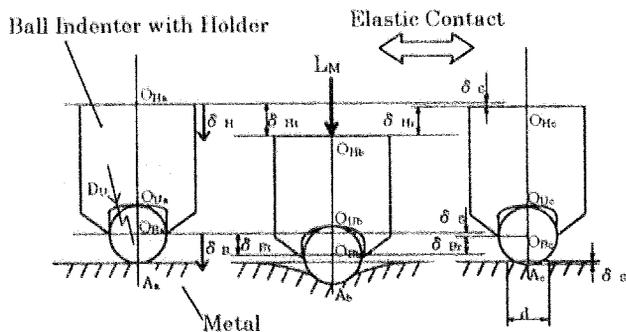


Fig. 1 Contact Figures between Ball Indenter with Holder and Metal's Surface

この時の保持具部の弾性変形量 δ_U は、圧子球受け部 O_U 近傍の変形量 $\delta_{U1}=C \cdot L^{2/3}$ と保持軸部の弾性変形量 δ_{U2} との和で表せる。しかし実験荷重範囲では δ_{U2} は数nm程度なため、結局弾性変形量 δ_U は次式のように表せる。¹⁾

$$\delta_U = C \cdot L^{2/3} \quad \dots\dots(1)$$

ここで、Lは押し込み荷重、Cは定数である。

この δ_U を考慮することにより、保持具付き球圧子による金属試験片のヤング率 E_S の算出式は、次のようになる。

$$E_S = (1 - \mu_S^2) / \left[\frac{4(\delta_{Hr} - \delta_U)}{3 \cdot L_M} \sqrt{D \left(\delta_{Hr} - \frac{\delta_{Hr} + \delta_U}{2} \right)} - I(E) \right] \quad \dots\dots(2)$$

ここで、

- E_S : 金属のヤング率, μ_S : 金属のポアソン比
- E_I : 圧子球のヤング率, μ_I : 圧子球のポアソン比
- $I(E)$: 圧子球の弾性パラメータ $\{ = (1 - \mu_I^2) / E_I \}$
- D : 圧子球の直径, L_M : 最大押し込み荷重
- δ_{Hr}, δ_{Hr} : 保持具部上端 (O_{Hr}) の押し込み量、除荷量

3. 実験装置

3.1. 実験

本報の実験で用いた横型超微小硬さ試験機の側面図を Fig.2 に示す。

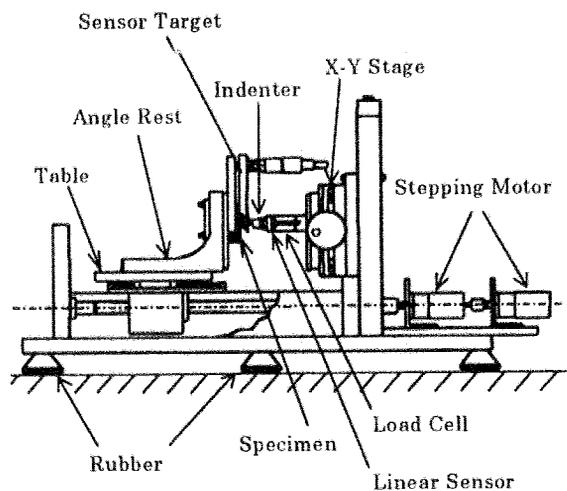


Fig. 2 Side View of Ultramicro Hardness Tester

3.2. 圧子

これまでの実験は、直径5mmの圧子球を用いて行ってきた。さらに小さい領域での押し込み試験を行うために、本報では Table1 に示す、圧子球直径が1mmの保持具付き球圧子を製作した。

Table1 Specifications of Indenter (D=1mm)

Ball Material	E_I (Gpa)	D (mm)	Holder Material
Tungsten Carbide	608	1	Carbon Steel

3.3. 計測法・データ処理法

ロードセルおよび圧子保持具部で得られたデータは、12ビットのA/Dボードを介してコンピュータに取り込まれる。このデータに修正トンプソン法を適用し異常値の除去を行った。この処理の結果得られたデータを用いて荷重-変位線図をもとめる。これに基づき式(2)に必要な押し込み量、除荷量および最大押し込み荷重を決定した。

4. 実験結果

4.1. 押し込み曲線

Fig.4-1 (a),(b)に、アルミ合金試験片に対して1mm球圧子保持具を用いた実験により得られた荷重・変位-時間線図、荷重-変位線図(押し込み曲線)の例 ($L_M=7N$)を示す。

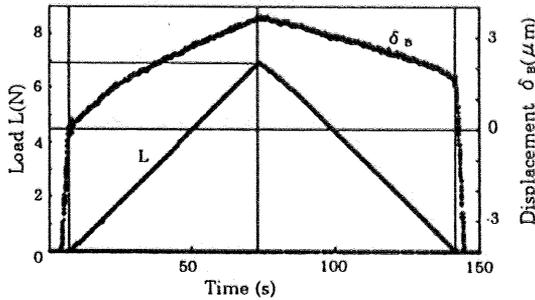


Fig.4-1(a) Relation between Load L , Displacement δ_B and Time

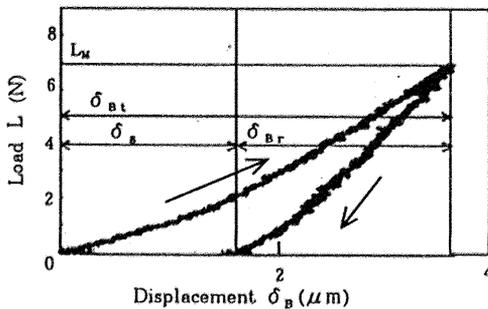


Fig.4-1(b) Relation between Load L and Displacement δ_B

また、5mm球圧子保持具を用いて同じ試験片に対して行った実験により得られた荷重・変位-時間線図、荷重-変位線図(押し込み曲線)を Fig.4-2 (a),(b)に示す。¹⁾

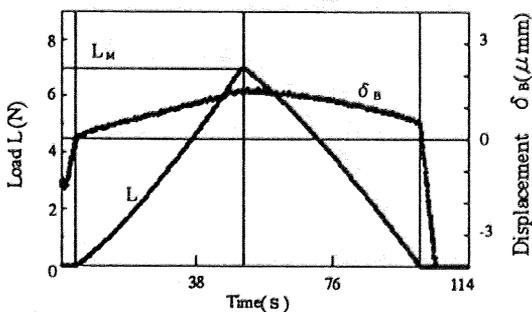


Fig.4-2(a) Relation between Load L , Displacement δ_B and Time

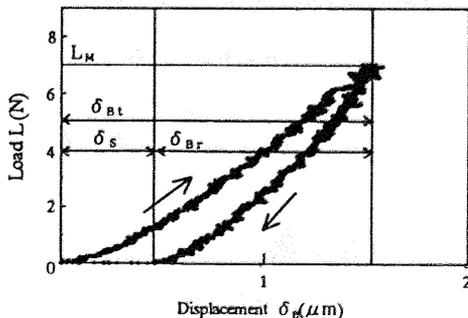


Fig.4-2(b) Relation between Load L and Displacement δ_B

4.2. 圧子球保持具部弾性変形量

Table 1 に示した圧子球保持具部の弾性変形量 $\delta_U(\mu m)$ と圧子最大荷重 $L_M(N)$ との関係は、前報¹⁾と同じ方法により決定すれば、次式のように与えられる。

$$\delta_U = 0.184 \cdot L_M^{2/3} \quad \dots\dots(3)$$

4.3. アルミ合金、炭素鋼、ステンレス鋼に対する実験

次に本方式によりアルミ合金(A2017)、ステンレス鋼(SUS304)、炭素鋼(S45C)試験片に対する実験を行い、式(2)を用いてヤング率を算出した結果を、Fig.5に示す。また、図中にはひずみゲージを用いて試験片のヤング率 E_s を測定した結果を横線で、測定値の平均を黒丸印で示した。

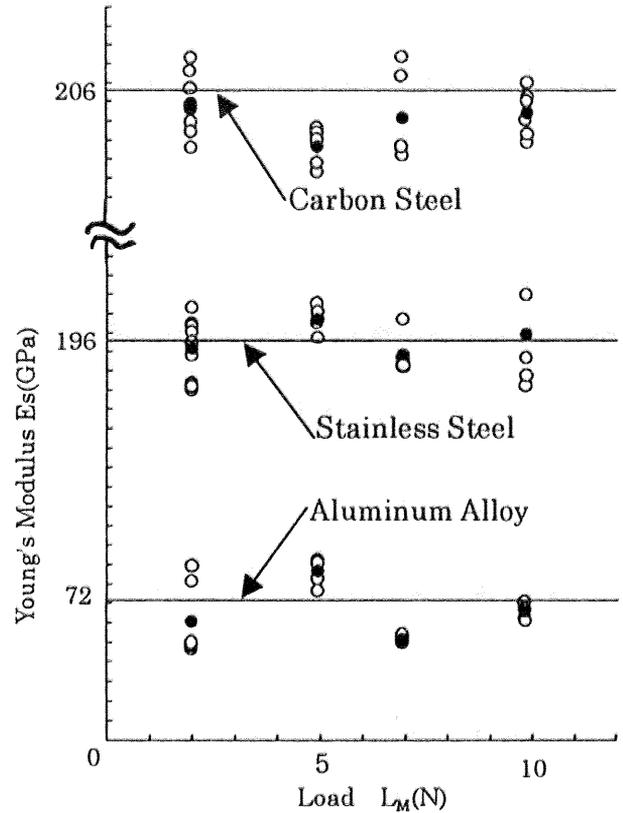


Fig.5 Results of Experiments by Ultramicro Hardness Tester (Mean Value)

5. 結言

- (1) これまでに開発した横型超微小硬さ試験機を用いて従来の5mm球圧子保持具に加えて、新たに製作した1mm球圧子保持具を用いて試験を行った。
- (2) 本試験機用に製作した球圧子保持具部の弾性変形量と圧子荷重との関係については、前報と同様に高力黄銅試験片への押し込み試験による実験結果を用いて求めた。
- (3) 3種類の金属(アルミ合金、ステンレス、炭素鋼)に対して、4段階の設定荷重における試験を行いヤング率を算出したところ、それらの平均値は5mm球圧子の場合と同様に、ひずみゲージによって求めた値とかなり良い一致を示した。

本研究を遂行するに当たりご協力いただいた4年生、天野裕久君に感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 館野, 石橋, 他: 山梨講演論文集('96-10-26 山梨)p73~74