

4. 計装化押込み硬さ試験による材料特性評価理論（その2） 続き

（Oliver & Pharr 法の 1992 年の論文）

4.4 解析の新手法

● 押込み－除荷データより,

・

・

||

・

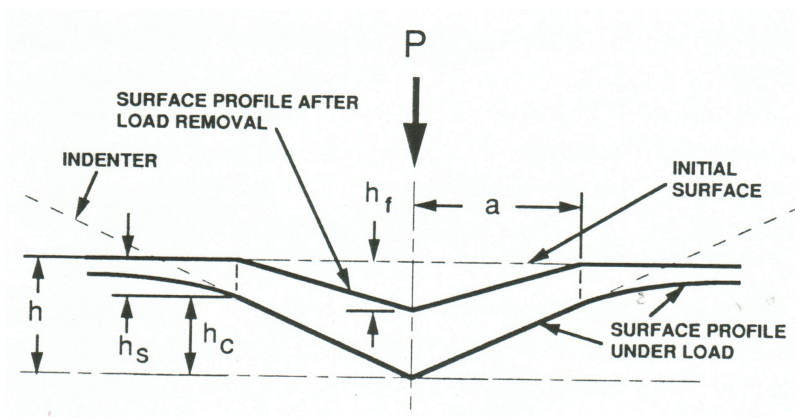


図 4.8 押込み過程の模式図

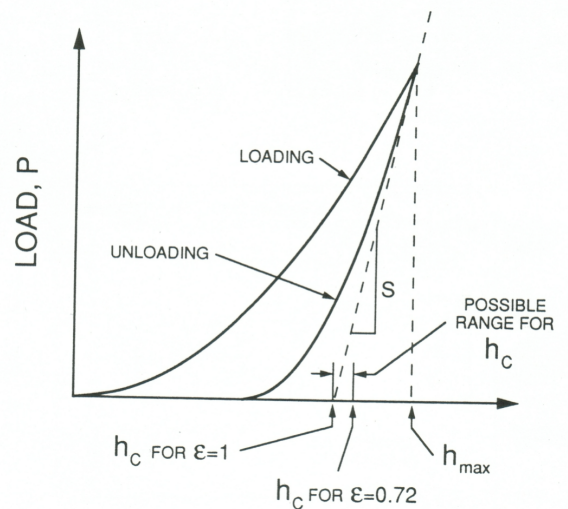


図 4.9 押込み線図の模式図

$$h = h_s + h_c \rightarrow h_c = h - h_s \quad (6)$$

Sneddon の円錐圧子における弾性解を利用

$$h_s = \frac{\pi-2}{\pi} (h - h_f) \quad (7) \quad \text{and} \quad (h - h_f) = 2 \frac{P}{S} \quad (8)$$

・

$$\therefore h_s = \frac{2(\pi-2)}{\pi} \frac{P_{max}}{S} \quad (9)$$

4.5 解析の実行

●圧子形状と除荷曲線近似の選択

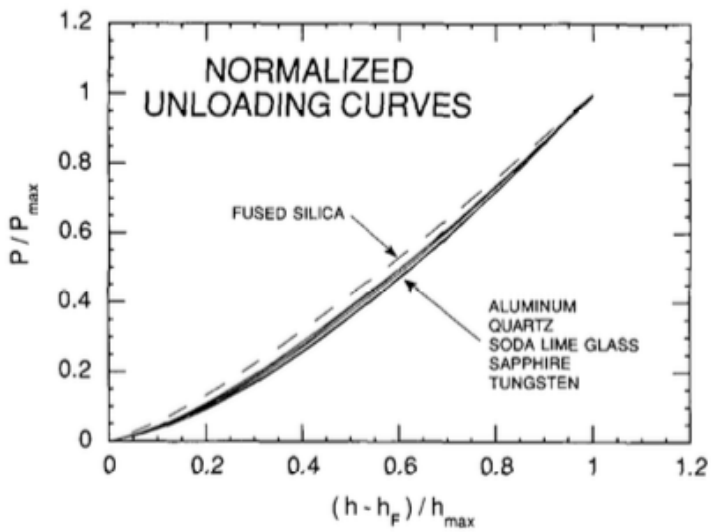


図 4.10 正規化された除荷曲線

表 4.3 圧子形状毎の各指数の比較

Punch geometry	ϵ	m
Flat	1	1
Paraboloid	0.75	1.5
Conical	0.72	2

・図 4.10 より, どの材料の除荷挙動も正規化すればほぼ同一

・

・除荷曲線の近似方法

→

→

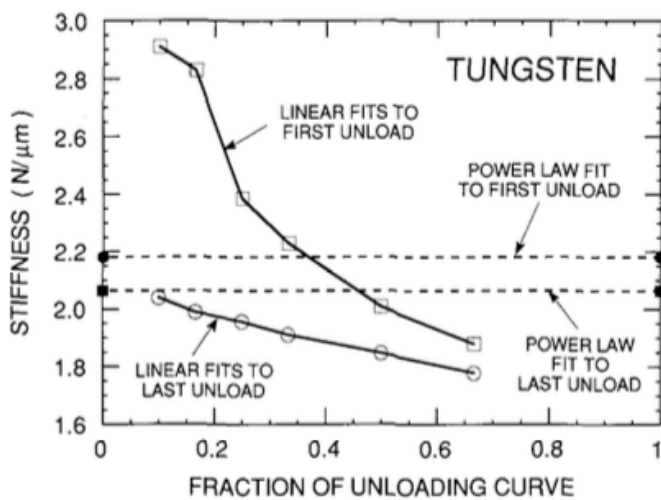
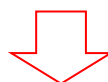


図 4.11 除荷曲線の直線近似とべき乗則近似の比較



● フレームコンプライアンスと圧子面積関数の決定

$$\begin{array}{c} \text{測定される} \\ \text{全コンプライアンス} \end{array} C = \begin{array}{c} \text{試験片と圧子の} \\ \text{接触コンプライアンス} \end{array} C_s + \begin{array}{c} \text{試験装置のフレーム} \\ \text{コンプライアンス} \end{array} C_f \quad (10)$$

$$\therefore C = C_f + \frac{\sqrt{\pi}}{2E_r} \frac{1}{\sqrt{A}} \quad (12) \quad \dots$$

・ 手順 ①:

②:

$$\textcircled{3}: A = \frac{\pi}{4} \frac{1}{E_r^2} \frac{1}{(C - C_f)^2} \quad (14) \text{[(12)式の変形]}$$

$$A = 24.5 h_c^2 + C_1 h_c^1 + C_2 h_c^{1/2} + C_3 h_c^{1/4} + \dots + C_8 h_c^{1/128} \quad (15)$$

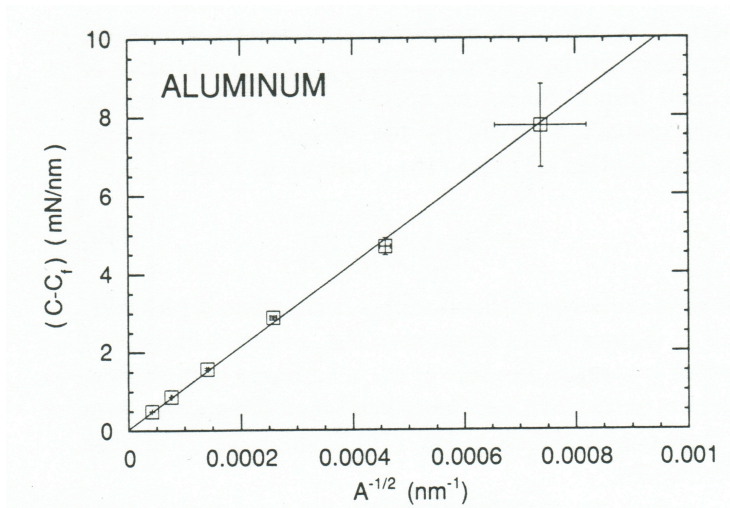


図 4.12 フレームコンプライアンス補正の検証

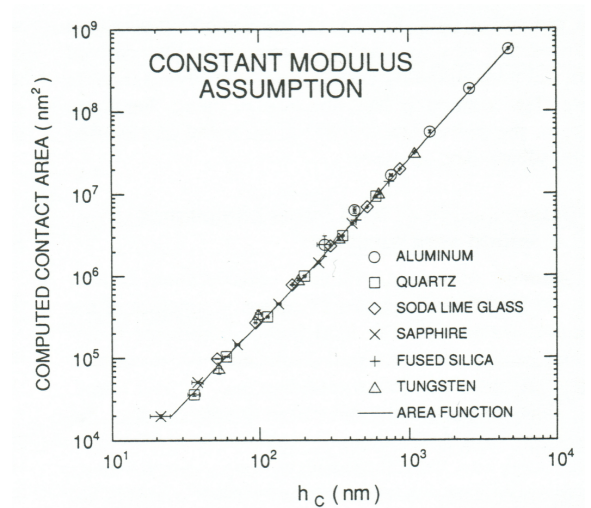


図 4.13 圧子接触面積関数の検証

●解析手法の妥当性の評価

①圧子接触面積関数

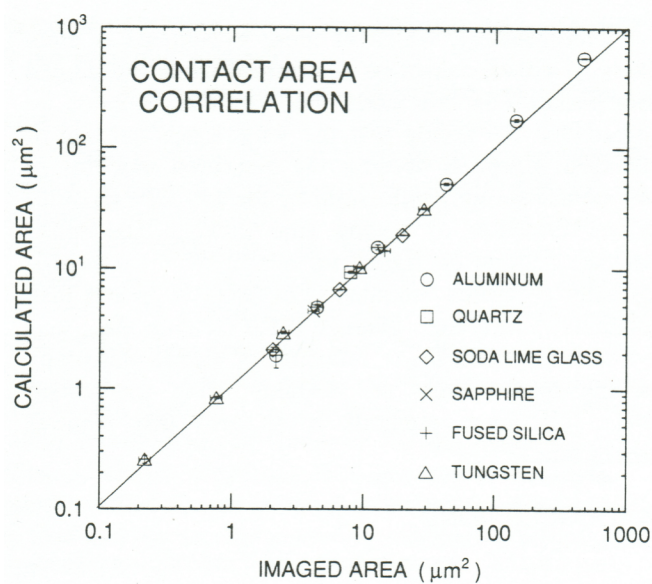


図 4.14 圧子接触面積と圧痕観察結果との比較

②硬さ

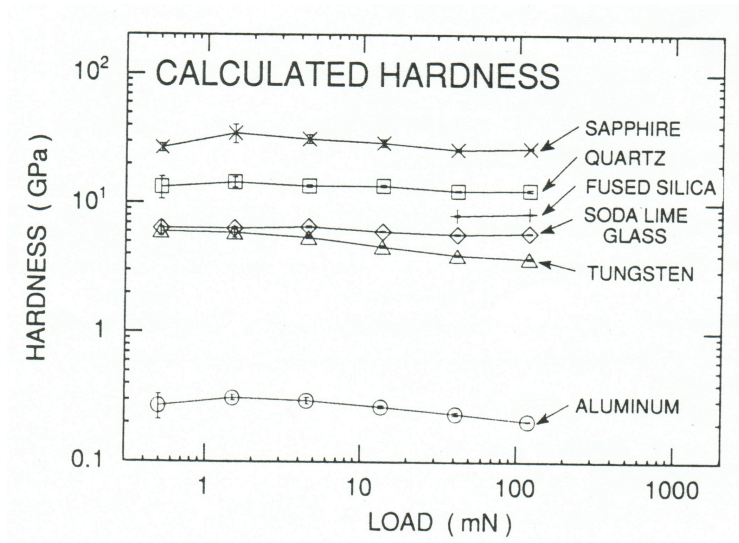


図 4.15 算出硬さ値と試験荷重の関係

③弾性係数

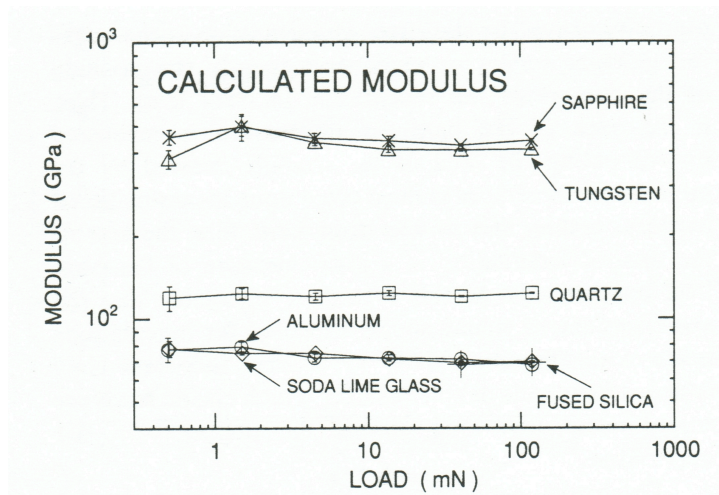


図 4.16 算出弾性係数と試験荷重の関係

表 4.4 算出弾性係数における弾性異方性の影響

Material	Experimental modulus (GPa)	Standard deviation (GPa)	Literature modulus (GPa)	Poisson's ratio	Reference
Aluminum	68.0	0.93	70.4	0.347	35
Quartz	124	0.54	95.0 (c-axis = 105)	0.077	35
Soda-lime glass	69.9	0.22	70.0	0.23	36
Sapphire	441	4.70	403 (c-axis = 499)	0.234	35
Fused silica	69.3	0.39	72	0.17	37
Tungsten	410	4.70	409.8	0.280	35