

## 機能性材料評価学特論 第 1 回

- 今回：
- ・ 授業ガイダンス
  - ・ ISO14577:2002 による材料特性評価

# 1. 授業ガイダンス

## 1.1 本講義に関する注意点

●特定の教科書は使用しない（図表入り配布プリント＋スクリーンを用いた説明）

- ・スクリーン上の記述および説明に集中し、漏らさず配布プリントの空白欄に書き写すこと.
- ・間に合わなかった場合:講義後, web でアップロードされる「講義ファイル」より補完しておく.
- ・定期試験時, 「自分で記入済みの配布プリント＋自分で調べた資料」は持込可.

●成績評価: 定期試験 8 割, レポート 2 割

●出席: 授業冒頭で出欠確認 (2/3 以上の出席がないと期末試験の受験を許可しない).

## 1.2 授業予定&講義室

10/24, 28, 11/28:休講 103 以外の場合は以下に青字で記載

- ・第 1 回(10/3) 授業ガイダンス, ISO14577:2002 について
- ・第 2 回(10/7) Donner-Nix 論文について
- ・第 3-4 回(10/10,14) Oliver-Pharr 論文について[10/10:201]
- ・第 5 回(10/17) フレームコンプライアンス補正 (Herrmann-Jennett 論文)について[10/17:201]
- ・第 6-7 回(10/21,31) パイルアップ補正および Oliver-Pharr 法の改善について
- ・第 8 回(11/4) ISO14577:2015 について
- ・第 9, 11 回(11/11,18) 可変  $\varepsilon$  係数および半径変位補正 (Tudoba-Jennett 論文)について
- ・第 10 回(11/14) 東北大・川上先生特別講義 → レポート課題
- ・第 12 回(11/21) 押込み寸法効果 (Nix-Gao 論文)について[11/21:201]
- ・第 13 回(11/25) 定期試験

## 2. ISO14577:2002 による材料特性評価

### 2.1 ISO14577:2002 とは？

- ・計装化押込み試験機に1つある国際規格
- ・3年時「材料評価学」にて既述は説明済み

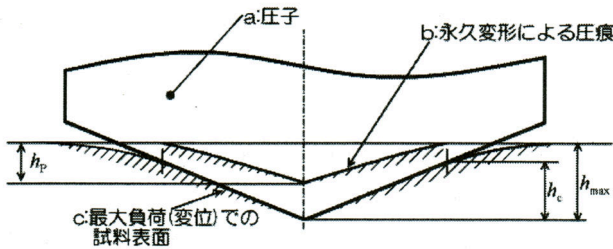


図 2.1 押込み状態の模式図

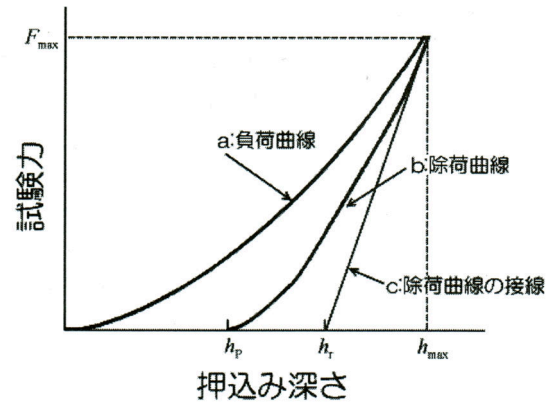


図 2.2 押込み曲線の模式図

・例: 押し込み硬さ

$$H_{IT} = \frac{F_{max}}{A_p}$$

### 2.2 使用される圧子について

①ビッカース圧子: 底面が正方形の角金柱形ダイヤモンド圧子、対面角  $\alpha = 136^\circ$

②バーコビッチ(ベルコビッチ)圧子: 底面1/4正三角形の角金柱形ダイヤモンド圧子。

バーコビッチ4圧子: 圧子1/4面積関数  $A_s(h)$  がビッカースと同一。

修正 “ : 圧子接触投影面積関数  $A_1(h_c)$  がビッカースと同一。

③超硬合金球圧子: フリネルで元々使用されていた「金剛球圧子」は本規格には記載されていない。

④先端が球形のダイヤモンド圧子:

●圧子の面積関数  $A_p(h_c)$  および  $A_s(h)$  について: 圧子先端からの足距離 ( $=$  押し込み深さ) と、圧子表面積  $A_s$  もしくは圧子接角の投影面積  $A_p$  との関係を表す関数。

・理想的形状の面積関数

ビッカース圧子:

バーコビッチ圧子:

修正バーコビッチ圧子:

$$\begin{aligned} \cdot A_p &= 24.50 h_c^2 & A_p &= 23.96 h_c^2 & A_p &= 24.50 h_c^2 \\ \cdot A_s &= 26.43 h^2 & A_s &= 26.43 h^2 & A_s &= 26.97 h^2 \end{aligned}$$

○  $h > 6 \mu\text{m}$  である場合は理想形状と見なしてよい。

### 2.3 接触投影面積 $h_c$ について

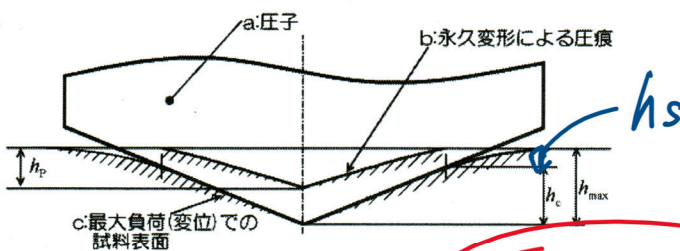


図 2.1 押し込み状態の模式図 (再掲)

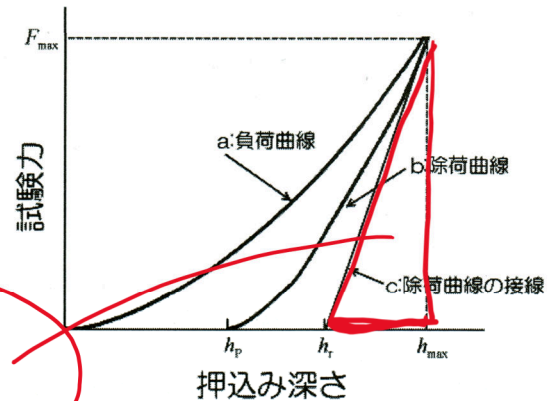


図 2.2 押し込み曲線の模式図 (再掲)

●  $h_c$ :  $h_c = h_{\max} - h_s$

$h_s = \epsilon \frac{F_{\max}}{S}$  (Sneddon の弾性角解)

$\epsilon$ : 圧子形状係数、円錐: 0.73

ビッカース: 0.75

$h_c = h_{\max} - \epsilon \frac{F_{\max}}{S}$

$= h_{\max} - \epsilon (h_{\max} - h_r)$

## 2.4 除荷曲線初期部に対する接線と横軸の交点 $h_r$ について

●  $h_r$  の決定法として、除荷曲線の形状により  
以下の2つの方法を使い分ける

①線形外挿法 [ 除荷曲線初期部が線形の場合 ]

→ 除荷曲線初期部への直線近似を接線と定義する。

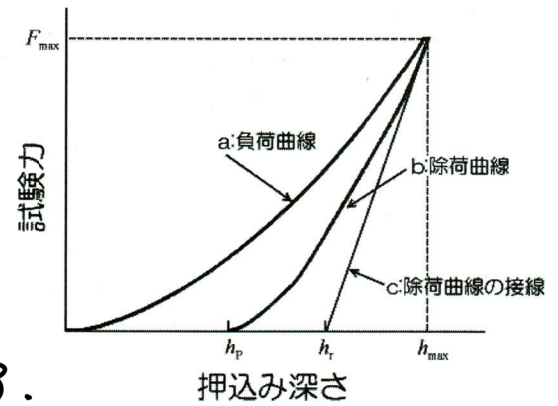


図 2.2 押込み曲線の模式図(再掲)

②指数関数外挿法 [ 除荷曲線初期部が線形ではない場合 ]

→ (1) まず除荷曲線の上部 80% の範囲で

$F = k(h - h_p)^m$  の指数関数をフィッティングする

(2) この指数関数の微分より、 $F_{max}$  における接線を定義する。

## 2.5 試験結果に影響を与える因子

①表面検出精度：押込み深さに基づく特性評価

・押込み深さの原点としての表面検出精度が重要

・表面検出の不確かさ → マクロ・マイクロレンズ： $h_{max}$  の 1% 以内  
→ ティンダレンズでは 1% 以上も許容

②測定系の弾性変形：

→ 試験機自体の剛性起因する弾性変形、下荷重で影響 (フレームコンプライアンス)  
→ 試験片の固定に係わる弾性変形



## ③圧子先端形状（前述）：微小荷重で大きく影響

→ 圧子面積関数をいかに正確にするか？

- ・ AFM による直接測定
- ・ ヤング率既知な試料（基準片）に  
対する試験結果から逆算（間接算出）

- ・ 光学的測定が不要で因人誤差が入らない。

- ・ 装置による測定結果が全いため、上述の  
要因に起因する誤差が検証しにくい。

## 2.6 得られる材料特性値について

●押込み硬さ  $H_{IT}$  :●押込み弾性率  $E_{IT}$  :

・ Hertz による複合弾性率の概念①, および Senddon の弾性解析結果②を組み合わせる。

る。材料のヤング率に相当する。

$$\frac{1}{E_r} = \frac{1 - \nu_s}{E_s} + \frac{1 - \nu_i}{E_i} \quad \text{--- ①}$$

↑  
"E<sub>IT</sub>"

$$E_r = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \frac{S}{A_p(h_c)} \quad \text{--- ②}$$

●その他, マルテンス硬さ  $HM$ , 押込みクリープ  $C_{IT}$ , 押込み緩和  $R_{IT}$ , 押込み仕事  $W_{total}$ ,  
が ISO14577 に規定されている。