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

10/20，11/20：休講　10/13：月曜授業　103 以外の場合は以下に青字で記載

・第 1 回(10/2)　授業ガイダンス，ISO14577:2002 について

・第 2 回(10/6)　Donner-Nix 論文について

・第 3-4 回(10/9,16)　Oliver-Pharr 論文について**[10/9：201，10/16: 107]**

・第 5 回(10/23)　フレームコンプライアンス補正（Herrmann-Jennett 論文）について

・第 6-7 回(10/27,30)　パイルアップ補正および Oliver-Pharr 法の改善について

・第 8 回(11/6)　東北大・川上先生特別講義　→　レポート課題

・第 9 回(11/10)　ISO14577:2015 について

・第 10-11 回(11/13,17)　可変 ε 係数および半径変位補正（Tudoba-Jennett 論文）について

・第 12 回(11/24)　押込み寸法効果（Nix-Gao 論文）について

・第 13 回(11/27)　押込み寸法効果（Pharr 論文）について

・第 14 回(12/1)　定期試験

2. ISO14577:2002 による材料特性評価

2.1 ISO14577:2002 とは？

計装化押込み試験に関する国際規格

・

・3年次「材料評価学」にて背景や概要は説明済み

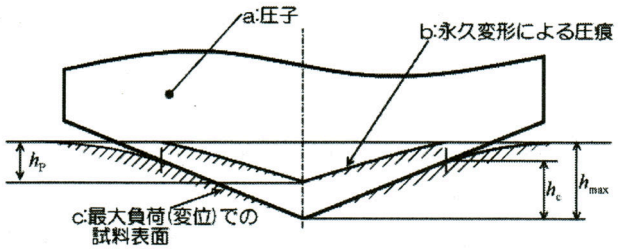

図 2.1　押込み状態の模式図

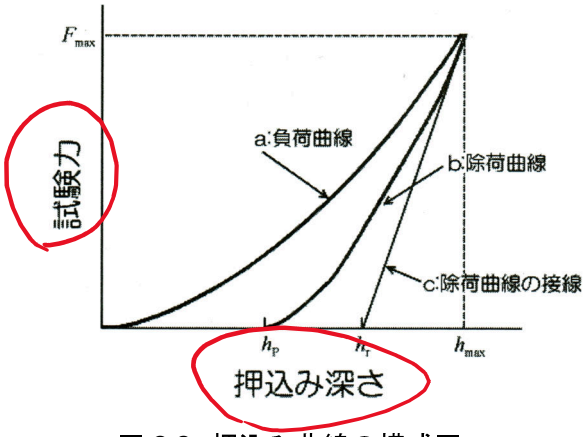

図 2.2　押込み曲線の模式図

・例：押込み硬さ　$H_{IT} = \frac{F_{max}}{A_p}$

→ HVへの換算

2.2 使用される圧子について

①ビッカース圧子：底面が正方形の角錐形ダイヤモンド圧子、対面角 $\alpha = 136°$

②バーコビッチ（ベルコビッチ）圧子：底面が正三角錐の角錐形ダイヤモンド圧子

- バーコビッチ圧子：圧子表面積関数 $A_s(h)$ がビッカースと同一
- 修正バーコビッチ圧子：圧子接触投影面積関数 $A_p(h_c)$ がビッカース圧子と同一

③超硬合金球圧子：ブリネルで使用された「金属球圧子」は ISO14577では規定されていない。

丸みを帯びている

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：** 圧子先端からの距離(=何らかの押込み深さ)と、圧子表面積 A_s もしくは圧子接触投影面積 A_p との関係を表わす関数.

・理想的形状の面積関数

ビッカース圧子：
$A_p = 24.50 h_c^2$
$A_s = 26.43 h^2$ → 〃

バーコビッチ圧子：
$A_p = 23.96 h_c^2$
〃

修正バーコビッチ圧子：
〃
$A_s = 26.97 h^2$

・$h > 6\mu m$ であれば理想的形状とみなして良い.
→ $h < 6\mu m$ では通常理想的形状から逸だつする.
(圧子先端の加工精度、摩耗)

2.3 接触~~投影面積~~深さ h_c について

弾性変形＋塑性変形

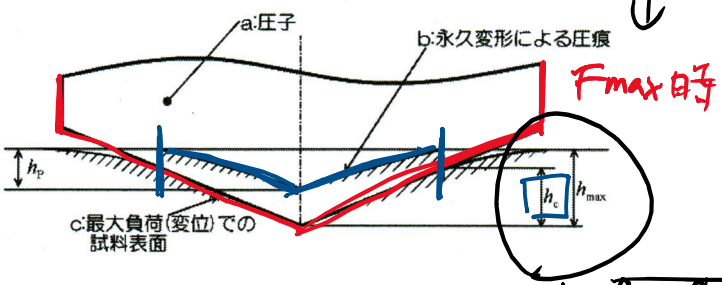

図 2.1 押込み状態の模式図(再掲)

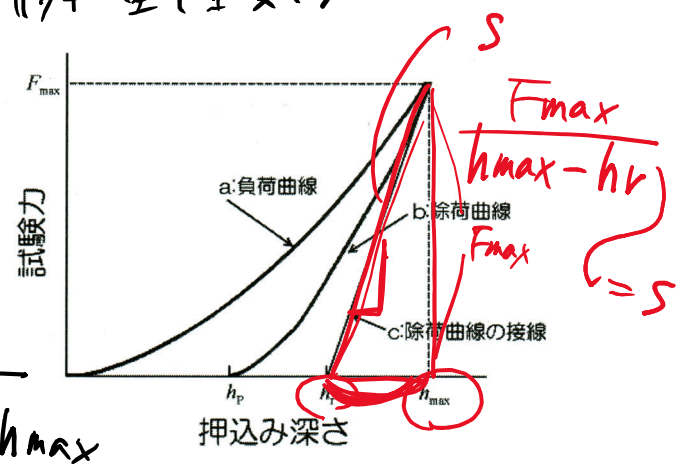

図 2.2 押込み曲線の模式図(再掲)

h_s, h_c, h_{max}

●h_c：
$$h_c = h_{max} - h_s, \quad h_s = \varepsilon \frac{F_{max}}{S}$$
(Sneddonの弾性解析より)

$$= h_{max} - \varepsilon \frac{F_{max}}{S}$$

ε：圧子形状係数

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

$\frac{2(\pi-2)}{\pi} \fallingdotseq 0.73$：円錐

0.75：ビッカース、バーコビッチ

1：フラットパンチ(円筒)

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

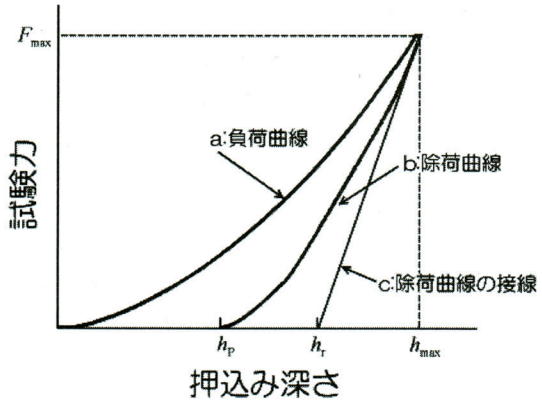

図 2.2 押込み曲線の模式図（再掲）

①線形外挿法 [除荷曲線の形状が直線的な場合]

→ 単純に除荷曲線の初期部を直線近似する.

②指数関数外挿法 [除荷曲線の形状が曲線的な場合]

→ (1) まず除荷曲線の上部 80 %に対して $F = K(h - h_p)^m$ を用いた近似を行う.

(2) 得られた近似曲線を微分する.

2.5 試験結果に影響を与える因子

①表面検出精度： 試験片表面を基準として押込み深さを測定

⇩

・表面の検出方式およびその精度が重要

・表面検出の不確かさ → Fmax の 1 %以内（マクロレンジ）
マイクロ 〃

→ 1 %以上も許容（ナノレンジ）

②測定系の弾性変形： 変位測定に影響

→ 試験装置の剛性（弾性変形しにくさ）に起因する変形（フレームコンプライアンス）

→ 試験片の固定に起因する変形.

③圧子先端形状（前述）： 低試験力で影響大.

→ 圧子面積関数をいかに正確に決定するか?

- AFMによる直接測定
- ヤング率もしくは硬さ既知物質への押込みデータからの間接的決定

- 光学的測定が不要, 個人誤差が生じない

⇕

- 装置による測定結果のみなので誤差の検証がしにくい.

2.6 得られる材料特性値について

●押込み硬さ H_{IT}： $H_{IT} = \dfrac{F_{max}}{A_p(h_c)}$

●押込み弾性率 E_{IT}： E_r

・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を組み合わせて求める. 材料のヤング率に相当する.

$$\frac{1}{E_r} = \underbrace{\frac{1-\nu_s^2}{E_s}}_{\text{材料}} + \underbrace{\frac{1-\nu_I^2}{E_I}}_{\text{圧子}} \quad ①$$

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

$$\rightarrow E_s = \frac{1-\nu_s^2}{\frac{1}{E_r} - \frac{1-\nu_I^2}{E_I}}$$

$E_s \rightarrow \boxed{E_{IT}}$

●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.