

# 被加工材材質特性の測定

## (1) 引張試験について

図1のように引張試験によって、材料を一定の速度で引っ張るときの荷重を縦軸、伸び量を横軸にとると荷重-伸び線図を描くことができる。この荷重-伸び線図を処理することで引張強さや降伏強さ、r値、n値などの材料特性値を求めることができる。

## (2) 公称応力-公称ひずみ線図と引張強さ、降伏強さ

荷重-伸び線図では、材料の各種寸法（たとえば長さや断面寸法）が変わると違う数値となってしまうため、データとして一般的に使用することは困難である。そのため、伸び量 $\delta$ を元の長さで割った値をひずみ（公称ひずみ $e$  [%で表す場合と $0.01=1\%$ として単位がつかない場合がある]）として計算 [式(1)] し横軸に、荷重 $P$ を元の断面積で割った値を応力（公称応力 $\sigma_N$  [MPa]）として計算 [式(2)] し縦軸にそれぞれ換算して表す（図2）。これを公称応力-公称ひずみ線図という。

このとき、公称応力が最大となる点（荷重-伸び線図では最大荷重となる点）の応力が引張強さ $\sigma_B$ である [式(3)]。また弾性変形から塑性変形に移行する点を降伏点と呼び、このとき（荷重-伸び線図では降伏荷重）の応力を降伏強さ（降伏応力） $\sigma_Y$ と表す [式(4)]（ただしこの境目を明確に見つけることができないこともあり、この場

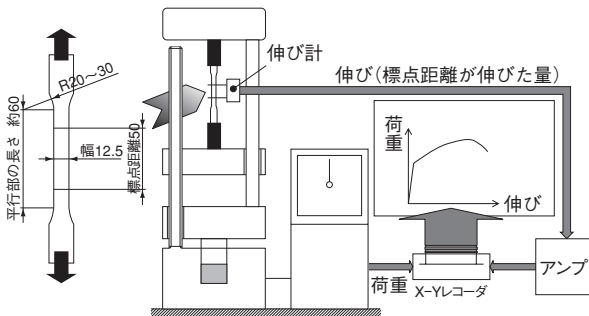


図1 引張試験機概要（試験片は JIS Z 2201 13 B）

合には除荷時のひずみが0.2%だけ残る点を0.2%耐力といい、降伏強さに代えて使用する）。さらに、試験前から破断後まで標点距離が伸びた量を、試験前の標点距離（図1では50mm）で割ると全伸びを表す[式(5)]。

$$e = \frac{\delta}{L_0} \quad (1)$$

$$\sigma_N = \frac{P}{A_0} \quad (2)$$

$$\sigma_B = \frac{P_{max}}{A_0} \quad (3)$$

$$\sigma_Y = \frac{P_Y}{A_0} \quad (4)$$

$$e_B = \frac{\delta_B}{L_0} \quad (5)$$

$\sigma_N$ ：公称応力 [MPa]

$\sigma_B$ ：引張強さ [MPa]

$\sigma_Y$ ：降伏強さ [MPa]

$e$ ：公称ひずみ

$e_B$ ：全伸び（ひずみで表す）

$P$ ：荷重 [N]

$P_{max}$ ：最大荷重 [N]

$P_Y$ ：降伏荷重 [N]

$\delta$ ：伸び量 [mm]

$\delta_B$ ：全伸び量（破断までどれだけ伸びたか） [mm]

$A_0$ ：初期の断面積 [mm<sup>2</sup>]

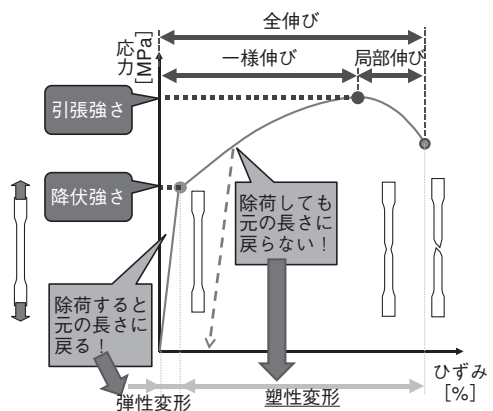


図2 公称応力-公称ひずみ線図と引張試験

$L_0$  : 標点の初期長さ [mm]

### (3) 真応力-対数ひずみ線図について

板材などをプレス加工して製品にする際、せん断や曲げ、張り出し、絞りなど各種塑性変形を伴った加工を行うが、一般的な材料特性データとして用いられる公称応力-公称ひずみ線図では、塑性変形に対してより正確に加工現象を表すには向いていない。そこで、真応力-対数ひずみ線図を使用する。それぞれ計算方法を式(6)、(7)に、公称応力-公称ひずみ線図と真応力-対数ひずみ線図の違いを図3に表す。

$$\sigma = \sigma_N \quad (6)$$

$$\epsilon = \ln(1+e) \quad (7)$$

$\sigma$  : 真応力

$\epsilon$  : 対数ひずみ

$\sigma_N$  : 公称応力

$e$  : 公称ひずみ

### (4) r 値を求める方法

r 値を求めるには、まず引張試験時の伸び方向のひずみが何% (一般には 15% または 20%) のときの r 値を測定するのか決めておく必要がある。そのうえで引張試験を行い、決定した引張方向のひずみにおける板幅寸法  $w$  と長さ  $L$  から式(8)によって求める。しかし、板厚の測定は誤差が大きくなり正確に求めるのが難しい。そこで図4のように、変形の前後において体積は一定であるとの塑性加工の前提に則り、板厚方向の寸法  $t$  を伸び方向と幅方向のひずみから計算して求める。

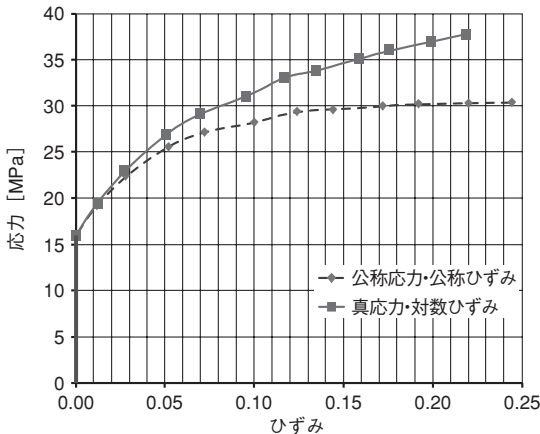


図3 公称応力-公称ひずみ線図と真応力-対数ひずみ線図の違い

$$r = \frac{\text{板幅方向の対数ひずみ}}{\text{板厚方向の対数ひずみ}} = \frac{\ln\left(\frac{w}{w_0}\right)}{\ln\left(\frac{t}{t_0}\right)} = \frac{\ln\left(\frac{w}{w_0}\right)}{\ln\left(\frac{L_0 \cdot W_0}{L \cdot W}\right)} \quad (8)$$

$w$  : (15% ひずみまたは 20% ひずみ時の)板幅

$w_0$  : 試験前の板幅

$t$  : (15% ひずみまたは 20% ひずみ時の)板厚

$t_0$  : 試験前の板厚

$L$  : 各ひずみにおける長さ (15% ひずみ時は  $L = \text{標点距離} + \text{標点距離} \times 0.15$ )

$L_0$  : 試験前の標点距離

### (5) n 値を求める方法

n 値を求める方法として、両対数方眼紙を使用した方法を紹介します。

一様伸び範囲における真応力と対数ひずみの関係を表す式(9)から、両辺に常用対数をとると式(10)のようになる。

$$\sigma = F \cdot \epsilon^n \quad (9)$$

$$\log \sigma = n \log \epsilon + \log F \quad (10)$$

このことから、両対数方眼紙の縦軸に  $\sigma$  : 真応力、横軸に  $\epsilon$  : 対数ひずみを取り、「真応力-対数ひずみ線図」の塑性領域から数点を選びプロットすると、プロットした点をほぼ直線で結ぶことができる。この直線の傾きが  $n$  である (図5)。

(榊原 充)

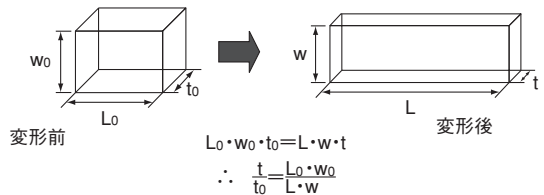


図4 体積一定の法則

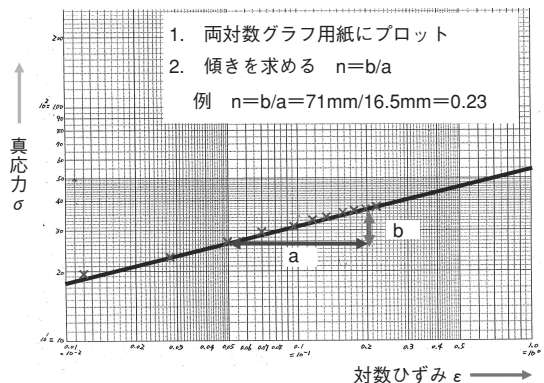


図5 n 値の求め方の一例