
薄板特性（R 値， n 値）測定装置について

Apparatus for Measuring Steel Sheet Properties (R-value and n-value)

滝波 徹(Tooru Takinami)

要旨：

薄板のプレス成形性のメジャーとして塑性ひずみ比（R 値）と加工硬化係数（n 値）がある。それらは、煩雑な定義式で定義されているが、一般の引張り試験における伸び，幅，荷重の検出値を，R 値測定の場合はそのまま，n 値測定の場合は簡単なアナログ演算回路を経て XY 記録計に記録し，その記録データに読取スケールを重ね合わせることによりなんら手計算なしに，R 値，または，n 値を読み取れることを特長とした R 値測定装置および n 値測定装置を紹介する。

Synopsis：

The apparatus makes it very simple to determine R-value or n-value without complicated calculations. In the tensile test, values for elongation, width contraction and load are recorded by x-y recorder when measuring R-value. On the other side, when measuring n-value, values for elongation and load are calculated by simple analog circuits and after that, n-value is recorded by x-y recorder. By fitting the reading-plate made by transparent plastic-plate into the data sheet, R-value or n-value can be determined.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

薄板特性（ R 値, n 値）測定装置について

Apparatus for Measuring Steel Sheet Properties (R -value and n -value)

滝 波 徹*
Tooru Takinami

Synopsis:

The apparatus makes it very simple to determine R -value or n -value without complicated calculations. In the tensile test, values for elongation, width contraction and load are recorded by x-y recorder when measuring R -value. On the other side, when measuring n -value, values for elongation and load are calculated by simple analog circuits and after that, n -value is recorded by x-y recorder. By fitting the reading-plate made by transparent plastic-plate into the data sheet, R -value or n -value can be determined.

1. まえがき

薄板のプレス成形性のメジャーとして塑性ひずみ比（ R 値）と加工硬化係数（ n 値）がある。これらの特性値を引張試験から直接、すなわち煩雑な計算をしなくて測定できる R 値測定装置と n 値測定装置を当工場で製作しているので、その概要を紹介する。

2. R 値測定装置

2.1 R 値について

薄板の深絞り性を表わす一つのメジャーである R 値（ランクフォード値）は、引張試験値が利用できることなどからよく用いられ、(1)式で定義

される。

$$R = \frac{\epsilon_b}{\epsilon_t} = \frac{\int_{b_0}^b \frac{db}{b}}{\int_{t_0}^t \frac{dt}{t}} = \frac{\log \frac{b}{b_0}}{\log \frac{t}{t_0}} \quad \dots\dots (1)$$

ただし ϵ_b : 幅方向真ひずみ
 ϵ_t : 厚さ方向真ひずみ
 b_0 : 試験前幅
 b : 試験時幅
 t_0 : 試験前厚み
 t : 試験時厚み

局部収縮以前の範囲では体積一定とみなし得るので (2) 式が成立する。

$$b_0 \cdot t_0 \cdot l_0 = b \cdot t \cdot l \quad \dots\dots (2)$$

ただし l_0 : 試験前標点間の長さ

* 計量器工場製造部計器課課長

l : 試験時標点間の長さ

(1), (2) 式から

$$R = \frac{\log \frac{b_0}{b}}{\log \frac{l}{l_0} - \log \frac{b_0}{b}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

いま試験開始からの伸び, 幅の収縮をそれぞれ Δl , Δb とすれば (3) 式は

$$R = \frac{\log \frac{b_0}{b_0 + \Delta b}}{\log \frac{l_0 + \Delta l}{l_0} - \log \frac{b_0}{b_0 + \Delta b}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

となり l_0 , b_0 は試験前の値で既知であり (JIS, ISO などの規格によって決められる), Δl , Δb を測定すれば (4) 式より R 値が算出される。

(1) 式における厚み変化は微少で測定困難であるが, (4) 式では変化の大きい幅変化を測定すればよいので測定精度を上げることができる。

2.2 R 値測定装置について

当社の R 値測定装置の構成および標準仕様を表

表 1 R 値測定装置構成および標準仕様

品 目	仕 様
伸び測定器 (SE-20-10P型)	標点距離 50mm 試料寸法 板幅25mm 板厚0.3~10mm 測定範囲 20, 10 mm
幅測定器 (SW-I 型)	試料寸法 板幅25mm 板厚0.3~2.3mm 測定範囲 2, 4 mm
荷重測定器	アムスラ型試験機では撓動抵抗で検出 リーレ型試験機では撓動抵抗または差動変圧器で検出
XY記録計 (PX2Y-III型)	平面型 2 ペン式記録計 記録紙有効目盛幅 250×250mm 記録速度 4 sec フルスケール 入力 X 軸 伸び Y ₁ 軸 幅 Y ₂ 軸 荷重
R 値読取スケール	透明プラスチック製 0.1~0.2 R ごとに R をパラメータとして定義式より計算された幅伸関係曲線群を印刷

1 に示す。

(1) 伸び測定器

試料の標点間の伸びを検出するために, 上下分離された測定枠をそれぞれの標点の位置に刃と試料押えねじで挟みつけこの動きを測定する。

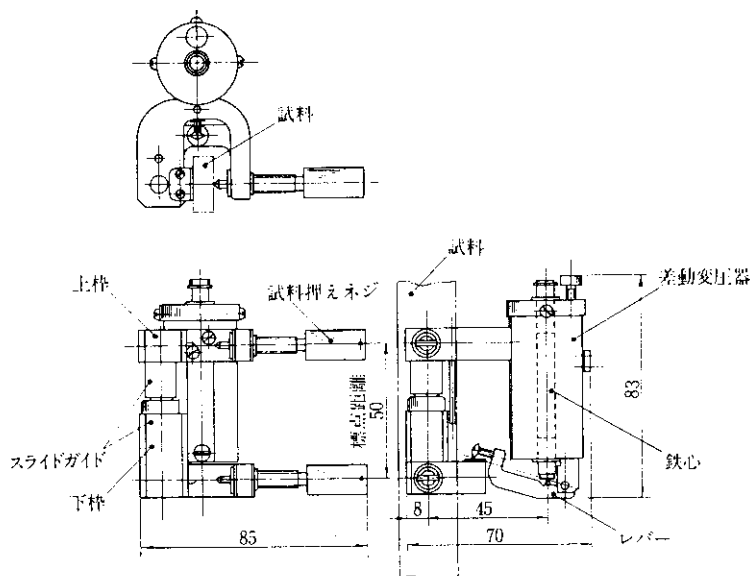


図 1 伸び発信器 (SE-20-10P型) 外形図

図1のごとく上枠には差動変圧器を取付け、下枠はレバーを介して差動変圧器の鉄心に接して枠の移動が鉄心の移動に比例するようにしてある。さらに両枠はスライドガイドで結ばれているので、伸びすなわち両枠の動きは、正確な比例で差動変圧器と鉄心の動きとなり、電気信号として取り出される。

(2) 幅測定器

板幅測定器は溝のある装着金具と2ヶの装着シーブで試料の中央付近に装着する。

図2に示すように装置金具は腕を通じて差動変圧器に、また装置シーブ軸には鉄心を取付け、バネで500gの接触圧をもって挟みつけるようにしてある。従って幅収縮量は差動変圧器より電気信号として検出される。

(3) XY記録計

上記の伸び測定器、幅測定器で得られた電

気信号をX軸、Y軸の入力として伸びと幅収縮の関係を記録するようにしてある。さらに実際には荷重検出器で荷重をも検出し、2ペン式XY記録計でもって応力-歪の関係曲線も同時に測定出来る。

(4) 読取スケール

伸び dl と幅収縮 db がわかると (4) 式より R が求められるので、伸びおよび幅収縮の範囲としてそれぞれ20%, 8% (JIS標準試料では10mm, 2mm), また40%, 16%の範囲で計算すると図3、図4のような図表となる。この図表を透明プラスチック板上に印刷し、そのX軸、Y軸のスペンを上記のXY記録計の両軸のスペンにそれぞれ合致せしめれば、XY記録計の記録紙上に重ね合わせるにより直ちに各伸びにおける R 値を読みとることが出来る。すなわちこの読取ス

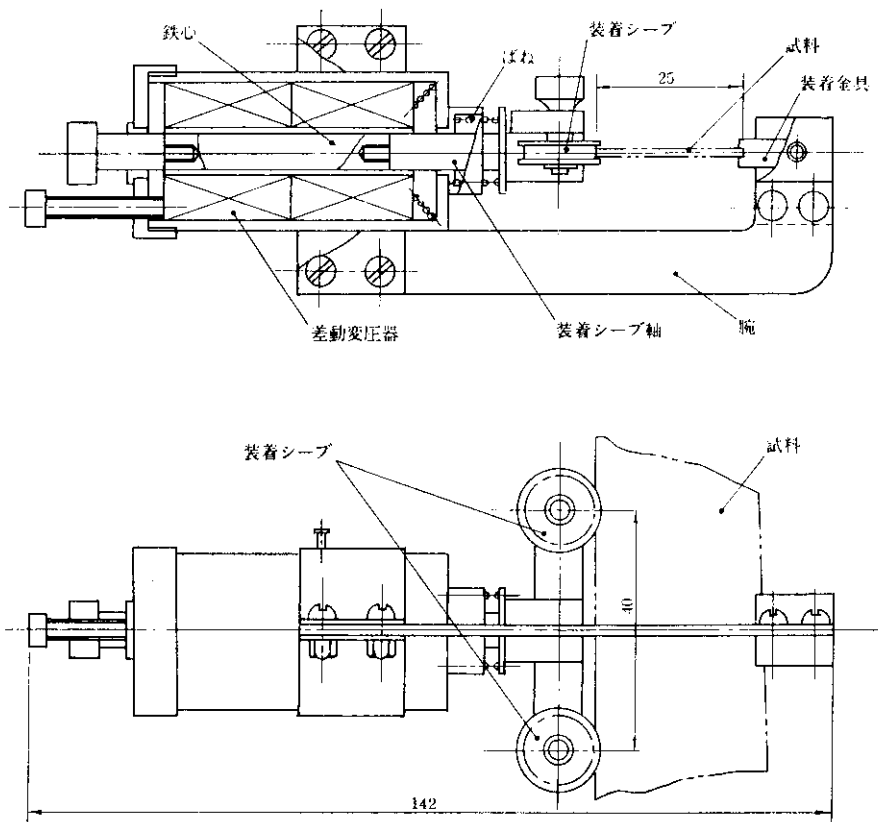


図2 幅発信器 (SW-1型) 外形図

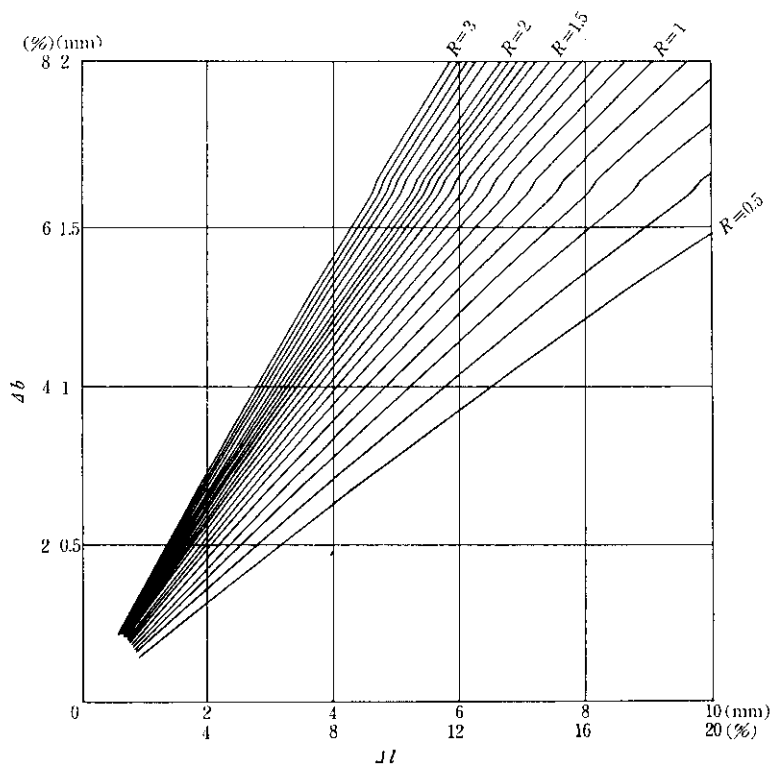


図 3 R 値読取スケール
(伸び 10mm)
(幅 2mm)

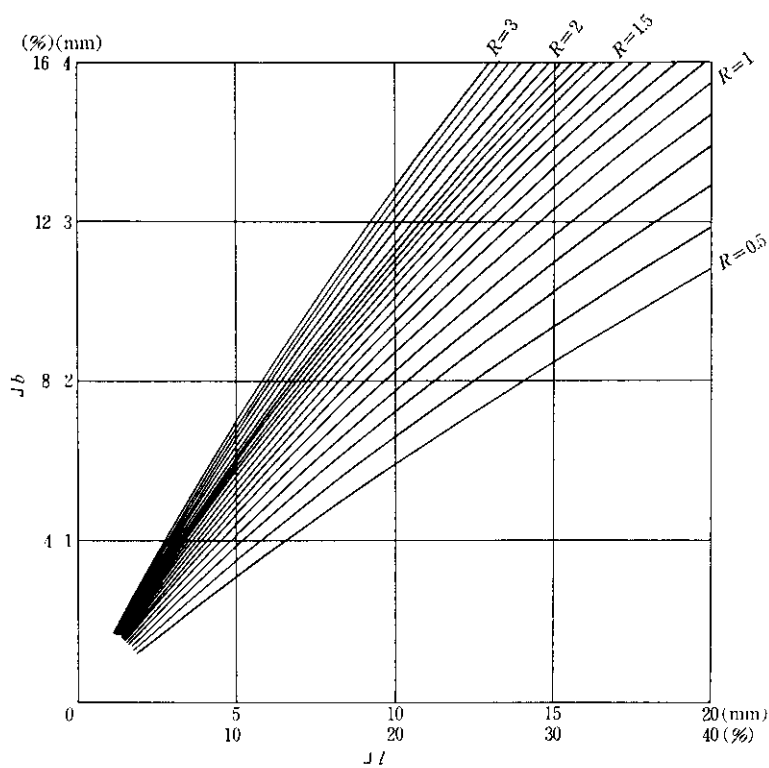


図 4 R 値読取スケール
(伸び 20mm)
(幅 4mm)

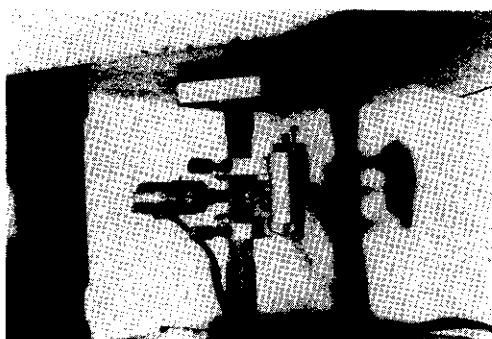


写真 1 伸び発信器幅発信器取付状態

ケールにより煩雑な計算を行なうことなく R 値を知ることが出来る。

(5) 測定法

幅変化は R 値が論議される範囲ではほぼ均一と見られ、また構造的にも標点距離の中央付近が最も取付け易いため 写真 1 のように伸び測定器と幅測定器を試料に取付けて引張試験を行う。伸びを記録計の X 軸、幅収縮を Y₁ 軸、荷重を Y₂ 軸の入力として幅一伸び、荷重一伸びの関係曲線を同時に同一記録紙に測定する。 R 値の基準器がないので確からしさを知るために、同一母材から 10 枚の試料を取り R 値の測定を行なって再現性をみると、10% 伸びにおける R 値のバラツキは 0.015 以内であり本装置は十分実用出来ると思われる。

3. n 値測定装置

3.1 n 値について

一般に金属材料を引張った時加えられた荷重とそれによって生ずる歪は弾性歪と塑性歪よりなり、それぞれの応力と歪の関係は (5), (6) 式で表わされる。

$$\sigma = E\varepsilon \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに σ : 応力
 E : 弾性係数 (ヤング率)
 ε : 歪

$$\sigma_a = C\varepsilon_c^n \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに σ_a : 真応力
 C : 強度係数
 ε_c : 対数歪
 n : 加工硬化係数

この (6) 式における加工硬化係数が n 値と言われるものであり、金属材料では 0.5 以下の値をとる。

3.2 n 値測定装置

n 値の定義式のままでは処理し難いので (6) 式の両辺の対数を取る。

$$\log \sigma_a = \log C + n \log \varepsilon_c \quad \dots\dots\dots (7)$$

いま 試料の初期断面積: A_0
 試料の標点距離: l_0
 荷重: P
 荷重 P を掛けた時の
 標点間の長さ: l とすれば

表 2 n 値測定装置の構成および標準仕様

品 目	仕 様
伸び測定器 (SE-20-10P型)	標点距離 50mm 試料寸法 板幅25mm 板厚0.3~10mm 測定範囲 20, 10mm
荷重測定器	アムスラー型試験機では撓動抵抗で検出 リーレー型試験機では撓動抵抗又は差動変圧器で検出
演 算 箱	伸び荷重の検出信号により, $\log \frac{l}{l_0}$, $\frac{P}{A_0} - \frac{l}{l_0}$ の演算を行なう
XY記録計 (PXY-II型)	平面型 1 ペン式記録計 記録紙有効目盛幅 250×250mm 記録速度 4 sec フルスケール 入力 X 軸 $\log \frac{l}{l_0}$ Y 軸 $\frac{P}{A_0} - \frac{l}{l_0}$
n 値読取スケール	透明プラスチック製 n をパラメータとして定義式より算出された直線群を印刷

$$\sigma_a = \frac{P}{A_0} \cdot \frac{l}{l_0} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\epsilon_a = \log \frac{l}{l_0} \quad \dots\dots\dots (9)$$

であるから P , l を測定すればを算出することが出来る。

C は定数であるので, $\log \sigma_a$, $\log \epsilon_a$ を演算する演算器を設けてその出力を記録計に入れて記録させるとその傾斜値は n 値となり容易に n 値を求めることが出来る。

この装置の構成および標準仕様を 表 2 に示すが検出器は R 値測定装置と同様のものである。

演算部の測定ブロック線図を 図 5 に示す。伸

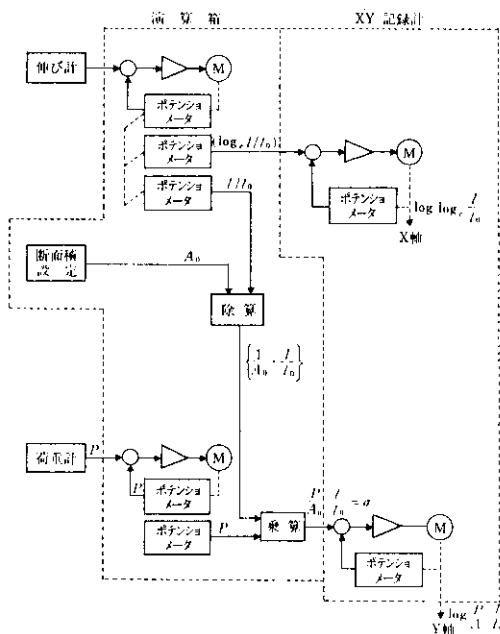


図 5 n 値測定器ブロック線図

び測定器で検出された伸び量 Δl は演算箱の自動平衡回路に入る前に抵抗を組合せた簡単な回路によって

$$\frac{l_0 + \Delta l}{l_0} = \frac{l}{l_0} \quad \dots\dots\dots (10)$$

なる演算を行なわせると, 自動平衡機構でのポテンシオメータの撓動子は l/l_0 の変位をする。この

ポテンシオメータは 3 連式で, その一つは上記の平衡用として使用し, 二つ目は対数函数ポテンシオメータで, その出力は $\log_e l/l_0$ となる。また三つ目はリニアポテンシオメータであるから l/l_0 の出力となる。さらに前者の出力 $\log_e l/l_0$ を XY 記録計 (X 軸側) の入力とし, X 軸を対数函数ポテンシオメータによる自動平衡機構にすると, X 軸の動きは $\log \log_e l/l_0$ となる。一方, 後者 (l/l_0) は回路網により $(l/A_0) \cdot (l/l_0)$ となり, (ここに断面積 A_0 は手動によって設定される) さらに荷重測定器により検出された荷重 P を乗じて真応力 $(P/A) \cdot (l/l_0)$ となる回路を通して XY 記録計の入力 (Y 軸) とする。Y 軸も対数函数ポテンシオメータによる自動平衡機構にしてあるから Y 軸の動きは, $\log (P/A_0) \cdot (l/l_0)$ となる。したがって XY 記録計の記録紙上には $\log \log_e l/l_0$ と $\log (P/A_0) \cdot (l/l_0)$ の関係曲線が得られるので, その勾配は n 値となる。この装置に付属している読取スケールを記録紙上に重ね合せば n 値が直読出来る。演算箱の外観を写真 2 に示す。



写真 2 演算箱

4. む す び

複雑な誘導単位である R 値, n 値を一般の引張試験機に伸び測定器, 幅測定器, 荷重測定器を取付けアナログ演算回路を通して XY 記録計に記録し, 読取目盛りをほどこした読取スケールをあてることにより, 何んら手計算を要せずこれらの値を知ることが出来るようになった。