

Fig. 5. Relation between relative holding pressure in pressing and the shaped accuracy.

鋼種およびしわ抑え力によつても異なつてゐることがわかる。ここである適当なしわ抑え力のところで、寸法精度が最も悪くなりその前後のしわ抑え力のところで寸法精度がよくなることは注目に値する。さらにしわ抑え力の効果および板厚の効果を十分しらべるために、Table 1 に示す試料について人工時効処理を行なつてからプレス試験を行ない、Fig. 4 と同様の関係を求めた。しわ抑え力と板厚との比 ( $H_p/t_0$ ) を相対しわ抑え力と呼び、相対しわ抑え力と寸法精度との関係を求めると Fig. 5 が得られた。Fig. 5 より明らかなように、ブランクの降伏点と同じであれば、板厚は厚いほど寸法精度がすぐれているのがみとめられる。しかししわ抑え力が十分に高いところでは、板厚が薄くなると急激に寸法精度がよくなる傾向がみとめられた。ブランクの降伏点が違つても、いずれの場合にも寸法精度の最も悪くなる相対しわ抑え力がある。このしわ抑え力の前後で寸法精度がすぐれている。しかもこの寸法精度が最も悪くなる相対しわ抑え力は、板厚による差は小さく、ブランクの降伏点が高くなるほど、高压側にずれるのがみとめられた。

#### IV. 結 言

薄鋼板の浅絞りプレス成形におけるプレス後の寸法精度について検討するため、模型プレス実験を行なつた。

1. プレス後の寸法精度は、薄鋼板の降伏比または降伏点とよい相関関係があつた。降伏比または降伏点が高いほど寸法精度がすぐれている。

2. 薄鋼板のスキンパス率は低い方がプレス後の寸法精度はすぐれている。時効処理を行なうと寸法精度は悪くなるが、時効後レベラー加工を行なうと寸法精度は再び向上する。

3. プレス成形時のしわ抑え力の寸法精度におよぼす効果について検討を行ない、板厚およびブランクの降伏点との関連性のもとに寸法精度特性を明らかにした。

#### 文 献

- 1) 吉田清太: 塑性と加工, 5 (1964) 37, p. 56~64

669.14-419: 620.178.6

### (202) 組合せ薄鋼板および軟鋼薄板に関するエリクセン試験 No. 64364

(組合せ材料に関する研究—I)

東京大学工学部 ○藤津昭平

Erichsen Test with the Thin Composite Steel Plate and the Thin Plate of Mild Steel.

PP2104~2107  
(Study of composite materials—I)

Shohei FUJITSU.

#### I. 緒 言

近時組合材料の研究が、他方単一材料の研究の進歩と相まって、広く注目されてきているのであるが、これは従来からの単一材料のみによつては得がたい性質を数種の材料を組合せる組合材料によつて容易に達成しようとするものである。組合材料においては、組合材料の各構成材料の性質が互に他を補完することく組合されるものであり、その組合効果が組合材料の性質としてあらわれるものである。

著者はこの組合材料に関する研究において、まず板材料を取りあつかうことにし、本報においては金属の組合板の機械的性質を調べるため、特に薄板材料について試験した結果を報告する。

一般に薄板材料の機械的性質を知るためにおこなわれる試験としてエリクセン試験があるが、その破壊機構はかなり複雑であつて試験の結果得られた板厚エリクセン値関係曲線の性質も十分明らかではなかつた。そこで著者はエリクセン試験における薄板破壊の法則を近似的に求め、きわめて簡便に薄板の各板厚についてエリクセン値を見出すことを可能にした。すなわちエリクセン試験においては、そのエリクセン値は薄板の一般伸びと局部伸びにわけることができることとみなされ、近似的にはその一般伸びは概ね板厚による変化が小さく、局部伸びは板厚によつて大きく変化する。換言すれば、板厚エリクセン値関係曲線は板厚効果を示すものであつて、その変化の度合は主として局部伸びの程度を示すものであるといえる。よつてこの局部伸に関するバルバの法則を導入してエリクセン値に関する近似的な算定をしてみると、板厚の2乗以上は薄板であるから微小として省略し、また

途中平方根をとるため四回平方するなどすれば、概ね、

$$t \sim (h^{16} \text{に始まる多項式})$$

ただし、 $\begin{cases} t: \text{板厚} \\ h: \text{エリクセン値} \end{cases}$

となる。したがって近似法則として

$$h = a t^{1/16} + b$$

ただし、 $a, b$ : 材料および試験条件に関する常数なるエリクセン試験における薄板破壊法則を得る。

この近似法則を見れば、薄板のエリクセン値がその板厚によつて大きく変化するという板厚効果を示すことが板厚を陽に含むことから明らかであり、また板厚以外には材質、熱処理などの材料によるものと、ダイス、ポンチなどの試験機、およびしわ押え隙間、押し込み速度などの試験方法に関する試験条件によるものによつて定まる常数を含むのみである。したがって材料、試験条件を一定にすれば、単に異なつた2種の板厚のエリクセン値を実測するのみでその材料のエリクセン値の全ぼうを知ることができて薄板材料の製造あるいは研究にたいし貢献することが多いと考える。

本報告では、この近似破壊法則について組合薄板ならびに軟鋼薄板にたいし、計算および試験をおこない、その実験的破壊法則としての成立を確認し、薄板の製造ならびに研究に利用し得ることを示した。

### II. 計算方法

軟鋼薄板については、JIS G 3310 冷間圧延鋼板および GIS G 3301 熱間圧延鋼板が、日本工業規格に基づく規格品であるから、この規格材料におけるエリクセン試験

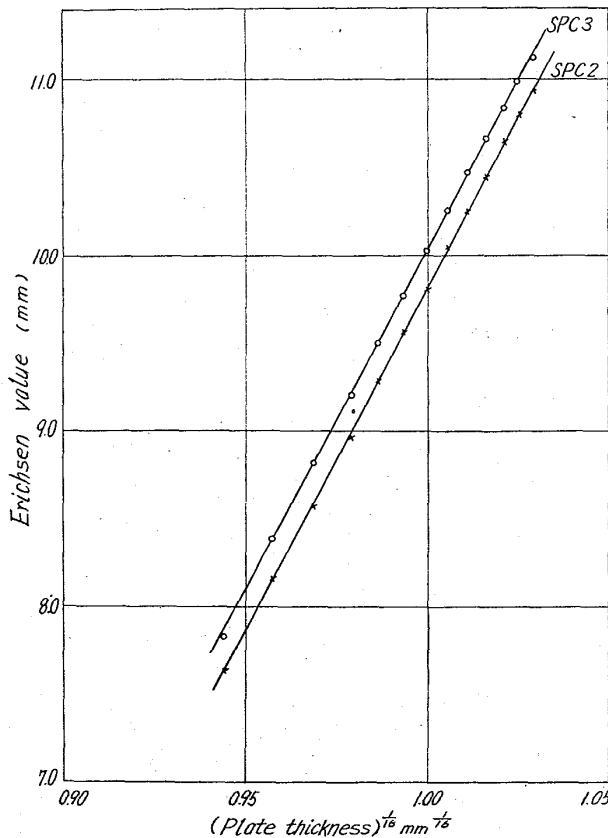


Fig. 1. Diagram with Erichsen test of cold-rolled plates JISG 3310 (1958)

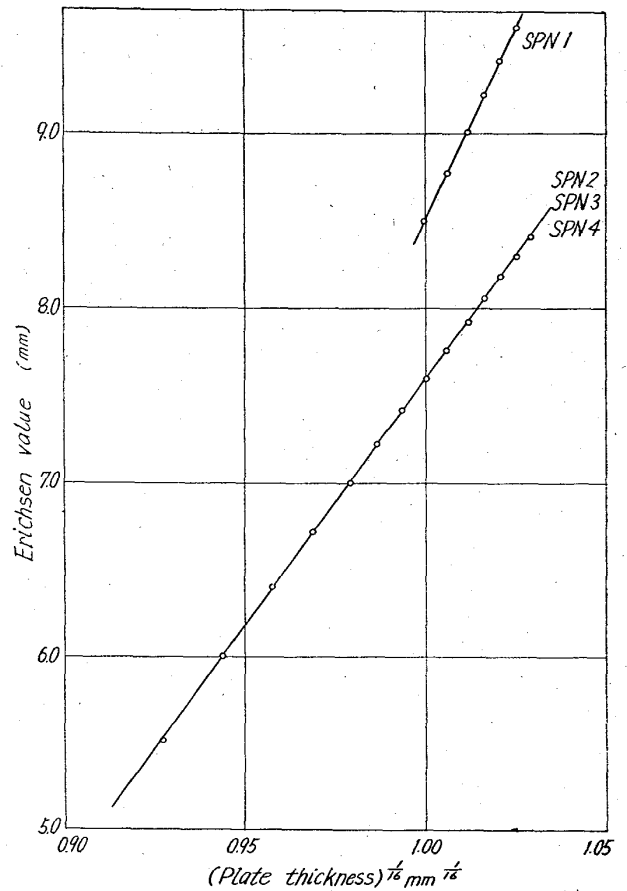


Fig. 2. Diagram with Erichsen test of hot-rolled steel plates JISG 3301 (1958)

によるエリクセン値を見ることにすれば、それにはそれぞれの付図に示す板厚エリクセン値関係曲線がある。よつてこの付図に示されるエリクセン値をよみとり、それに対応する板厚を横軸上に求め、その板厚の1/16乗を計算し、かくてえられたエリクセン値と板厚の1/16乗をそれぞれ縦軸、横軸にとつて図上にあらわせば Fig. 1, Fig. 2 をえる。

### III. 計算結果の考察

Fig. 1 および Fig. 2 の線図を検討してみると、計算点はいずれも直線上によく乗つていてその誤差は小さい。すなわち、板厚の上限下限の辺りで少し誤差が多いのみでその他の大部分はよく直線上にならんでいることがわかる。その誤差の多いところでもたかだかエリクセン値で0.04mm程度であるから、これは JISB 7777 の規定によれば四捨五入されてしまう程度であり、普通エリクセン試験にともなう実験誤差の範囲とみなしうるのである。よつてこの線図の結果より、冷間または熱間圧延薄鋼板のエリクセン試験においては、エリクセン値にたいする板厚の1/16法則乗が実験法則として十分成立すると認定してもよからう。またこの破壊法則が成立する軟鋼板の板厚の範囲については、概ね線図に示された範囲辺りを妥当とし、あまり薄くなつて板厚が0に近くなると膜またはくとなり、破壊の態様もおのずから異なつてくると解されるのでこの法則の適用外とならう。すなわち

$h = at^{1/16} + b$  ただし、 $t=0$ を除く  
 が普通の薄板エリクセン試験の破壊法則とするのがよい。ここで破壊法則の常数  $a$ 、 $b$  の数値を線図より求めれば、

**JISG 3310 冷間圧延鋼板**

- { SPC3.....  $a = 39.0\text{mm}^{15/16}$   $b = -29.2\text{mm}$
- { SPC2.....  $a = 38.6\text{mm}^{15/16}$   $b = -28.6\text{mm}$

**JISG 3301 熱間圧延鋼板**

- { SPN1 .....  $a = 43.2\text{mm}^{15/16}$   $b = -34.7\text{mm}$
- { SPN2~4...  $a = 28.4\text{mm}^{15/16}$   $b = -20.8\text{mm}$

となる。ここで  $a$ 、 $b$  は材料および試験条件に関する常数であるが、試験条件は同一であるから、その相違はすべて材料差のみを示すものである。

**IV. 試験方法**

組合薄板には金属板の組合せによつて各種のものが考えられるが、ここで取り上げたのは軟鋼薄板をバックメタルとしてこの表面に非鉄金属の真鍮、銅、アルミニウムなどの薄板を重ねさせて組合薄鋼板としたものであり、比較的高価で強度の劣る非鉄金属を安価で強じんな軟鋼で補完したものである。

(1) 試験材料

組合鋼板の素板としては次のごときものを用意した。

- { 真鍮板第2種、銅板、アルミ板.....板厚 0.2mm
- { 磨き軟鋼板.....板厚 0.5; 1.0; 1.6mm

これらの素板を組合せて次のごとく合計37枚の組合薄鋼板の試験片をつくつた。

**真鍮組合鋼板**

- { 0.7組合鋼板(0.2真鍮板+0.5軟鋼板)....10枚
- { 1.2組合鋼板(0.2真鍮板+1.6軟鋼板).... 5枚
- { 1.8組合鋼板(0.2真鍮板+1.6軟鋼板).... 1枚

**銅組合鋼板**

- { 0.7組合鋼板(0.2銅板+0.5軟鋼板).... 5枚
- { 1.2組合鋼板(0.2銅板+1.0軟鋼板).... 5枚

**アルミ組合鋼板**

- { 0.7組合鋼板(0.2アルミ板+0.5軟鋼板).... 5枚
- { 1.2組合鋼板(0.2アルミ板+1.0軟鋼板).... 5枚
- { 1.8組合鋼板(0.2アルミ板+1.6軟鋼板).... 1枚

さらに素板の単一薄板試験片を合計19枚つくつた。  
 0.2真鍮板...10枚; 0.2銅板... 5枚; 0.2アルミ板... 4枚

(2) 試験方法

組合薄鋼板および単一薄板に関するエリクセン試験においては、その概要は JISB 7777 にしたがつた。ただし、この試験における諸特徴を示すと次のごとくなる。

- (i) エリクセン試験片としては第3号試験片を採用。
- (ii) 試験片の装着には、センターガイドを使用した。
- (iii) しわ押え隙間はこれをあたえない。
- (iv) 試験片の表面にはワセリンなどは塗布しない。
- (v) ポンチ径=20mm; ダイス径=27mm

板厚測定では組合鋼板の各素板の板厚を円周部8等分点にてマイクロメーターにて測定した後、各板の平均値の和を求めて組合鋼板の板厚とした。ついで軟鋼薄板をバックメタルとしてこれに真鍮、銅、アルミニウムなどの薄板を各板の圧延方向を両板合致するごとく重ね合わせてセンターガイドをもつて正しく装着し、この組合鋼板をバックメタルの軟鋼板の方からポンチで押して表面に亀裂を生じたときをもつて組合鋼板の破壊とし、そのエリクセン値を測定した。かくて組合鋼板の全板厚の1/

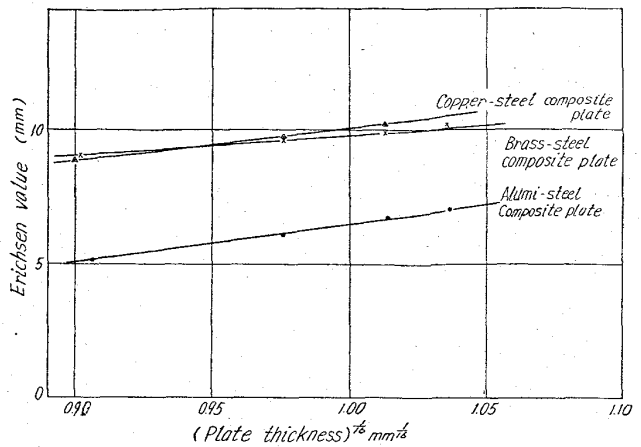


Fig. 3. Diagram with Erichsen test of composite plates.

16乗を計算して横軸にとり、エリクセン値を縦軸にとれど Fig. 3 を得ることができた。

**V. 試験結果の考察**

試験結果を示す Fig. 3 を見ると、これは組合薄鋼板の各板厚について所定の枚数試験し、これを平均したエリクセン値をもつて図上にあらわしたものである。真鍮、銅、アルミの各組合鋼板のどれもよく直線上にのつていることがわかる。測定点の散らばりを見れば、直線よりずれた点でもほとんどエリクセン値で 0.05mm 前後であるから、これは JISB 7777 によれば四捨五入すべき実験誤差程度であることがわかり、したがつて測定点は実験誤差の範囲内で直線上にのつていとみなすことができる。よつてエリクセン値にかかる板厚の 1/16 乗法則は組合薄鋼板の場合にも実験法則として成立すると認定してよからう。

そこでこの図から  $a$ 、 $b$  を求めてみれば

- { 真鍮組合鋼板.....  $a = 7.7\text{mm}^{15/16}$ ,  $b = 2.1\text{mm}$
- { 銅組合鋼板.....  $a = 12.1\text{mm}^{15/16}$ ,  $b = -2.0\text{mm}$
- { アルミ組合鋼板...  $a = 14.2\text{mm}^{15/16}$ ,  $b = -7.7\text{mm}$

組合薄鋼板の試験方法で注意すべき点は、その破壊点であるが、この点については組合鋼板がその使用目的にたいし致命的な破壊をした結果、それ以上の使用にたえなくなつたときは、たとえその破壊部分が組合鋼板全体から見れば一部分であつても組合鋼板としてはその機能を失つたことになるものとみられるので、表面の真鍮、銅、アルミなどの板に亀裂が入つたときにはその組合鋼板の効用は失われたとみなし、そのときをもつて組合鋼板は破壊したと認定をすることにした。

**VI. 結 言**

組合鋼板および単一鋼板の薄板について通常の板厚範囲内では、

$$h = at^{1/16} + b \dots \dots \dots \text{FUJITSU (藤津) の法則}$$

- ただし
- {  $h$ : エリクセン値
  - {  $t$ : 薄板の板厚
  - {  $a$ ,  $b$ : 材料と試験条件による常数

なる破壊法則がそのエリクセン試験において実験的に成立することを認めた。

よつて著者はこの実験法則を「FUJITSU の法則」と名づけた。この法則を応用すれば、組合せあるいは単一の金属板の薄板の製造ならびに研究に貢献することが多い

と考える。

文 献

- 1.) T. S. Fitch: Metal Handbook, (1948), p. 542~545

5484:620.187.3:667.12

(203) 純鉄中転位の直接観察について

東京大学工学部

工博 橋口隆吉・工博○井形直弘

Direct Observation of Dislocations in Pure Iron.

Dr. Ryukichi HASIGUCHI and Dr. Naohiro IGATA.

I. 研究目的

純鉄ひいては鉄鋼材料の強度の問題を原子論的に明らかにして行くためには転位の挙動を直接観察する必要がある。本研究では純鉄にいろいろの処理を施したものに付き薄膜を作製し、電子顕微鏡透過像より転位の挙動を解析することを試みた。

II. 研究方法

(i) 試料 実験に用いたのは高純度純鉄(商品名 Puron)であり、その分析値は Table 1 のようになっている。これは 10mm φ の丸棒であるが、中間焼鈍(真空焼鈍)と圧延を繰返して 0.21mm 厚の板とし、この試料に次のような処理を施した。

- a) 900°C 2 hr 真空焼鈍
- b) 750°C 2 hr 真空焼鈍
- c) 850°C 2 hr 真空焼鈍後 2~3%引張
- d) c) を10%圧延
- e) c) を30%圧延
- f) 750°C 1 hr 真空焼鈍後顕微鏡下で引張
- g) 750°C 1 hr 真空焼鈍後 30% 圧延
- h) g) を 400°C 1 hr 真空焼鈍
- i) g) を 390°C 顕微鏡下で焼鈍

(ii) 薄膜作製 BOLLMANN<sup>1)</sup> の尖端陰極電解法による電解を行なった。電解液組成は水酢酸 135cc, クロム酸 25g, 水 7ccである。

陰極にはステンレス鋼を用い、電圧は25~30V, 電流は 0.2 amp/cm<sup>2</sup> の条件で電解した。陰極の尖端と試料の距離は 2mm とし、中央に 0.1~1mm の孔が開くまで電解した後陰極を 10~15mm にはなし、周辺部にも穴があくようにする。そうして中央の穴と周辺の穴がつながる一歩手前の状態で電解研磨を中止し、その部分を 1mm 角の大きさに切取る。その場合薄膜の状態に変化を与えないように薄くよくきれるカミソリのようなもので、きる部分に厚紙を当てた状態で上から押すようにして切取る。この切取った部分の厚さは3000~1000Å である。

(iii) 検鏡ならびに写真撮影 電子顕微鏡はJEM6C,

加速電圧 100 kV, 最高倍率 20 万倍である。

III. 実験結果ならびに考察

a) 950°C で 2 hr 加熱した場合(γ 焼鈍), ある領域にわたって六角形の転位の network がみとめられた。この六角形は正六角形ではなく一方方向に伸びている。これは亜境界であり, CARRINGTON<sup>2)</sup> が焼なましの試料で見出したものと同じであると考えられる。このような2次元的な転位の分布の他に3次元的な分布もみとめられている。(Photo. 1)

b) 750°C 2 hr 加熱した場合(α 焼鈍)ほぼ 120°に近い角で交わる粒界がみとめられた。これは薄膜面に垂直に入っている粒界であり, 交角が 120° であることは粒界エネルギーが結晶方位に著しく依存してはいないことを示している。またγ 焼鈍の場合にみとめられた安定した六角状の転位網はみとめられなかった。

c) 850°C 2 hr 加熱した場合 直線的な転位の配列した "tilt boundary" ないしは "twist boundary"

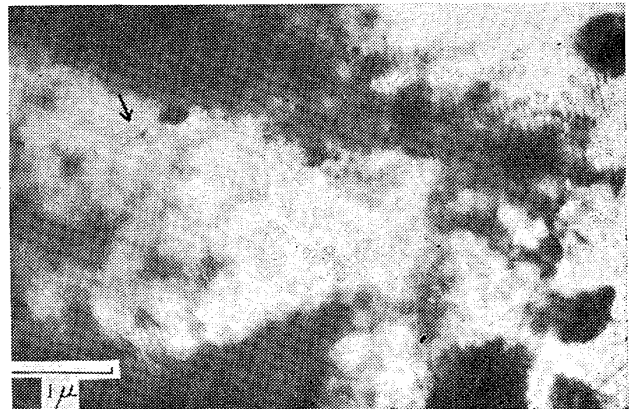


Photo. 1. Dislocation distribution in pure iron annealed at 950°C for 2 hrs. (Remark hexagonal dislocation network. Arrow shows three dimensional configuration.)

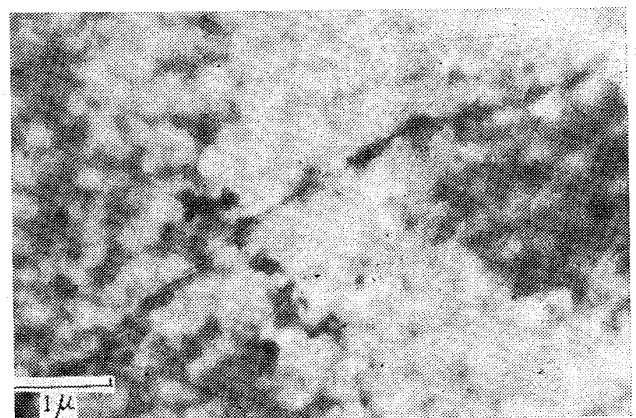


Photo. 2. Dislocation distribution in pure iron annealed at 850°C for 2hr. (Remark tilt or twist boundaries.)

Table 1. Chemical content in "Puron". (in wt%)

C	Si	Mn	S	Co	Ni	Cr	N	Al
0.007	0.007	0.003	0.006	0.000	0.012	0.001	0.0035	0.009