

Fig. 3. Relation between yield point and Flex "F" value.

の間には直線関係が認められ、降伏比が低いほど加工硬化係数は高い。

降伏点とフレックステストF値の関係を Fig.3 に示す。両者の間には、直線関係が認められ、降伏点が高いほどF値も低い。ただしこの場合の降伏点は、圧延方向と直角方向の降伏点の平均をもつて降伏点とした。アルミキルド鋼についてはデータが1点のみであるから、はつきりしたことはいえないが、キャップド鋼とは傾向が違い、キャップド鋼と同一降伏点の場合F値はかなり高いようである。

IV. 結 言

以上の結果より

(1) 降伏点、降伏比、加工硬化係数、フレックステストF値の間には密接な関係があると考えられる。すなわち降伏点、降伏比、フレックステストF値が低いほど、加工硬化係数は大きい。

(2) 冷延率と塑性歪比の間にはかなり密接な関係が認められる。

(3) RANKFORDらのいうように、プレス性が良好であるためには圧延方向塑性歪比が大きく、加工硬化係数が大きい材料がいいと考えれば、今回の実験では、冷延率を約 65% 程度にし、降伏点の低い材料を製造すればよい。

(130) 塑性異方性について

八幡製鉄所技術研究所

工博 豊島 清三

清水 峯男・河原田 実

On the Plastic Anisotropy.

Dr. Seizo TESHIMA, Mineo SHIMIZU and Minoru KAWAHARADA.

I. 結 言

薄板のプレス加工性を判定するのに塑性歪比が採り上げられるようになった。これと他の加工性試験法との関係を調査したところ、張り出し性試験として使用されるバルジ試験、エリクセン試験とは直接関係がなく絞り性試験としての平底カップ試験、コニカル・カップ試験と深い関係があるように思われたので塑性歪比と他の各種試験値との関係をさらに詳しく調査した。

II. 実験経過および考察

1. 塑性歪比と各種加工性試験値

材料として低炭素リムド冷延鋼板(板厚0.8~1.2mm)を用い各種加工性試験を行なった結果を Fig. 1 に示す。

従来のプレス加工性試験を張り出し性および絞り性の二つの面から考えるとバルジ試験やエリクセン試験は張り出し性試験であり、コニカル・カップ試験は絞り性が多くなり、平底カップ試験は主として絞り性の試験法とみられる。また引張り試験の伸びも一種の張り出し性試験と考えられる。この観点から

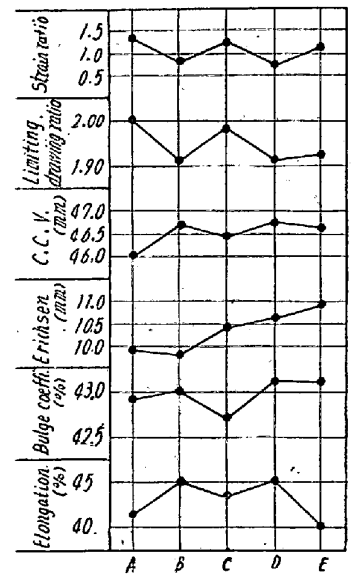


Fig. 1. Mechanical properties.

Fig. 1 の機械試験結果を検討して見ると、塑性歪比は平底カップ試験およびコニカル・カップ試験と相関が認められるがその他の試験値との関係は明らかでない。バルジ、エリクセン、引張りの各試験値間相互の関係があまり良くないのは、引張りとはバルジでは試験材に加わる応力が前者は単軸応力、後者は等二軸応力であり、エリクセンはボンチを使用するのでまたこれらと違った応力分布になり差が出てきたものと思われる。

塑性歪比がなぜ絞り性を表わす平底カップおよびコンカル・カップ試験の試験値と良い関係があるかということは、簡単にはつぎのように考えれば説明できる。

平底カップ試験では、フランジ部の材料を絞るに必要な力をカップ側面部が支えて絞るわけであるから(しわ抑え力による摩擦、ダイ肩における摩擦などを無視した)、材料のフランジ部の絞りに必要な力が小さいほど、またカップ側面部の抗張力が大きいほど平底カップ試験値は良くなるはずである。

一方塑性歪比 R は $R = \ln(w_0/w_{20})/\ln(t_0/t_{20})$ であらわれ、塑性歪比が大きいということは、板厚方向の歪に対して板巾方向の歪が大きいということである。また Fig. 2 に示すように塑性歪比は局部収縮を起さない範囲では比例関係を示すから板厚方向の歪に対する板巾方向の歪の大小の関係は歪の大小にかかわらず成立つものである。

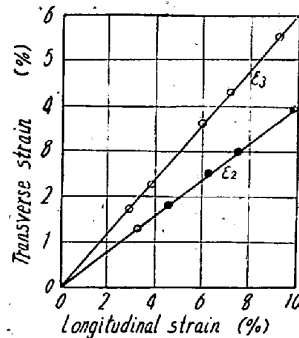


Fig. 2. Transverse strain vs. longitudinal strains of tensile test specimens. (Klinger-Sachs)

さて体積一定の条件から長さ、巾、厚み方向の歪をそれぞれ $\epsilon_l, \epsilon_w, \epsilon_t$ として $\epsilon_l + \epsilon_w + \epsilon_t = 0 \dots (1)$

材料 A, B それぞれの塑性歪比 R_A, R_B が $R_A > R_B$ であるとする。この条件のもとに (2) を図に表わすと Fig. 3 のようになる。ただし $R_A > R_B > 1$ として Fig. 3 を描いたがこれ以外の場合も以下の説明は同じである。

平底カップ試験において材料 A, B のブランク径が同じとすれば、絞られた状態では巾方向の歪は同一である。この歪を ϵ_w' とすると Fig. 3 において、 ϵ_w' に相当する点 w, w' に対応して材料 A, B の長さと板厚方向の歪はそれぞれ、 $l, t; l', t'$ 点で表わされる歪を生ずる。すると材料 B のほうが長さや板厚方向の歪において A より大きいので加工硬化も A より大きく、フランジ部

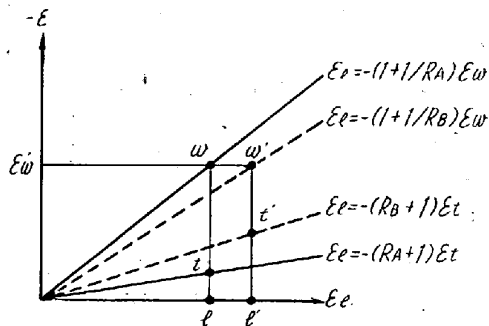


Fig. 3. Relations of strains in different directions.

の絞りに必要な力が大きくなつて平底カップ試験値を低下させるものと考えられる。なお上の説明では引張り応力のもとで得られた Fig. 2 をフランジ部の応力状態のもとでも成立つと仮定したこと、三次元的に加工されたとき、どの方向に対しても同様な加工硬化を示すと仮定した。

2. 塑性歪比の分布と平底カップ試験

塑性歪比と平底カップ試験とは関係があることが解つた。しかし塑性歪比は試験片の採取方向により値が違つて来るものである。そこで試験片採取方向による歪比の差を求め、さらに歪比の分布と平底カップ試験のクラック発生位置との関係を調べた。Fig. 4 に示すように各材料は圧延方向に対して 22.5 度ないし 45 度の方向で塑性歪比は最低値を示している。これらの材料について平底カップ試験を行ない (ポンチ径は 33mm) 圧延方向に対しクラック

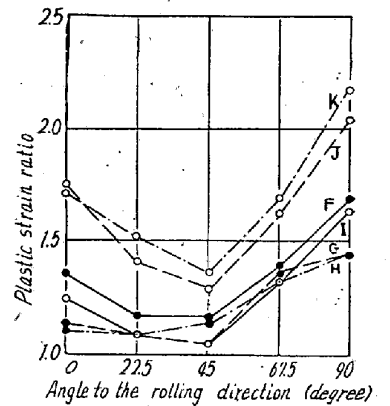


Fig. 4. Distribution of plastic strain ratio in the sheet.

を発生した位置の分布を調べたところ Table 1 のようになった。なおカップの破断位置は便宜上カップに生じた破れ口の両端部の中心をとつたので厳密なクラック発生起点ではないかも知れない。

Table 1 によれば、平底カップ試験の破断開始方向は必ずしも塑性歪比最低の方向から起らず、他の要因にも影響されることがわかる。また Fig. 5 は塑性歪比と平底カップ試験における限界絞り比との関係を示すもので、絞り性を判定するのに歪比として圧延方向の値をとるか、最低値をとるか、または平均値をとるか、いずれが良いともいえない。厳密にはもつと多数の試料で調べる必要があるだろう。

Table 1. Position of crack initiation in the cup-drawing test.

Specimens	Angle to the rolling direction (deg.)				
	0	22.5	45	67.5	90
F	5	1	4	1	4
G	2	1	1	1	2
H	0	0	4	2	2
I	1	2	4	3	3
J	2	2	1	0	1
K	0	1	4	1	0

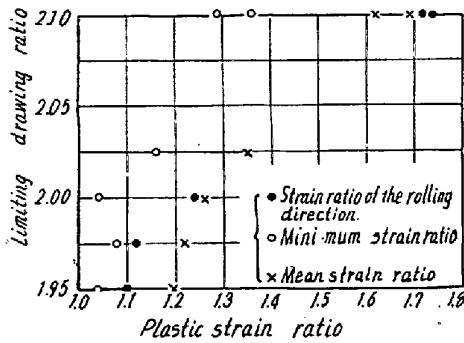


Fig. 5. Correlation between plastic strain ratio and limiting drawing ratio.

III. 結 言

- (1) 塑性歪比は平底カップ試験値と相関があり、絞り性の有力な判定基準と考えられる。
- (2) カップ試験のクラック発生位置と塑性歪比最低方向とは関係が認められない。
- (3) 絞り性を判定する場合塑性歪比として必ずしも最低値をとらなくてもよさそうである。

(131) (都合により講演中止)

(132) ガス発生炉を用いない加熱炉による鋼の無酸化加熱について

中外炉工業 山田新太郎・○阪野 喬
大阪大学工学部 工博 足立 彰

No-Scale Heating of Steel without a Gas Generator.

Shintaro YAMADA, Takashi BANNO
and Dr. Akira ADACHI.

I. 緒 言

鋼を無酸化加熱する場合の方法としては、真空加熱法、材料表面をコーティングする方法、あるいは保護雰囲気を使用する方法などがあるが一般に保護雰囲気を用いる場合が多い。保護雰囲気を用いる場合は、ガス発生機と熱処理炉とを必要とするが、本研究においては特別の雰囲気発生装置を必要とせず直接炉内において保護雰囲気が発生し鋼の無酸化加熱を行なう方法について検討を行なったものである。これらの方法については一定温度のマッフル炉または電熱炉内に一定割合の空気-ガス混合

気体を送入し炉内にて変成して保護雰囲気とする方法、またはガスバーナーにて直火式に材料を加熱する場合に燃焼率を理論燃焼率の 50% 程度として燃焼加熱し、燃焼生成ガスを保護雰囲気として利用する方法が考えられる。

II. 実験方法

上記の各場合における一連の実験方法はつぎのごとくである。

- 1) 耐熱鋼製マッフルチューブを外部加熱し、いろいろの温度において空気-プロパンのいろいろの混合割合のガスをマッフル内に送入し、変成ガス組成およびそのガス中で鋼を加熱した場合の鋼の状態について検討した。
- 2) 直火式に無酸化加熱を行なう場合については、燃焼率 50% 程度の燃焼を行なうには、空気中に酸素を添加するか、または空気を高温度に予熱する必要がある、本研究では、酸素を添加した場合、空気予熱と酸素添加を同時に行なつた場合、および予熱空気のみの場合について検討した。

III. 実験結果

実験 1 において炉温 1050°C の場合の空気-プロパン混合比と変成ガス組成の関係を Fig. 1 に示す。

図中の各プロットは実測値であり各曲線は計算値である。図のごとく計算値と実測値とはほぼ合致する。これらの変成ガスと鋼との酸化還元反応についてみると、すでに MURPHY, JOMINY による CO/CO₂ 比と鉄の酸化還

Table 1 Conditions of no-scaling or scale-forming heating at various temperatures and at different air-propane ratios.

Furn. temp.	950°C		1050°C		1150°C	
Air/C ₃ H ₈ ratio	CO/CO ₂	H ₂ /H ₂ O	CO/CO ₂	H ₂ /H ₂ O	CO/CO ₂	H ₂ /H ₂ O
10	3.56	3.25	4.75	3.64	5.24	3.14
	No scaling		No scaling		No scaling	
11	2.52	2.72	3.08	2.40	3.77	2.30
	Slight scaling		No scaling		No scaling	
12	2.27	2.28	2.42	2.11	2.96	1.98
	Slight scaling		Slight scaling		Slight scaling	
※	2.38	1.60	2.60	1.40	2.98	1.27

※ Equilibrium value of CO/CO₂, H₂/H₂O for reduction and oxidation of steel. (Reported by MURPHY, JOMINY and A. L. MARSHALL)