

冷延鋼板のコニカルカップ合格値に関する一提案*

湯本 誠治**・中沢 清一***

1. ま え が き

JIS G 3141 冷間圧延鋼板には、グレード別・板厚別に、次式⁽¹⁾によるエリクセン値 E_r V. が規定されている。

$$E_r V = 5.5 \log T + K \quad (T: \text{板厚mm}, K: \text{定数}, 1 \cdot 2 \cdot 3 \text{種により } 9.6, 10.0, 10.4)$$

エリクセン試験は、薄板材の張り出し性を知る基礎成形性試験法の一つであるが、コニカルカップ試験は、深絞り性及び張り出し性をみる複合成形性試験法であるから、板の格付けなどに際しては、後者の方が適正な判断ができる⁽²⁾。

本研究は、板厚とコニカルカップ値 $C. C. V.$ が、片対数方眼紙上で直線関係になることに気が付き、 $E_r. V.$ と同様に、板厚ごとの合格値設定の一案としたものである。

また、厚さは同じで、品質の異なる2種類の板の E_r V. と C. C. V. について、多くの試料の平均値を求めた結果、後者の方が明らかな差が出るし、バラツキも少ないことが分かった。

2. 実験装置及び方法

エリクセン試験方法 (JIS Z 2247, 試験機は B 7729), コニカルカップ試験方法 (Z 2249) の略図を、図 1 及び図 2 に示す。周知のとおり、前者で割れ発生までのボンチ移動量を E_r 、 V_r とし、後者で割れ発生時のカップ外径を C 、 C_r とする。 E_r 、 V_r は大きいほど、 C 、 C_r は小さいほど、成形加工性のよい板と判定する。

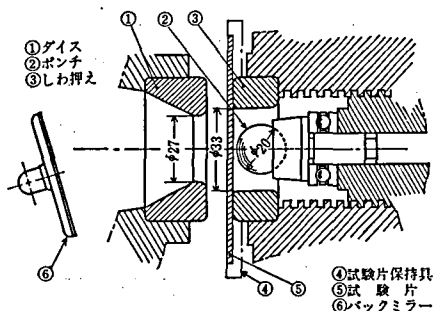


図1 エリクセン試験

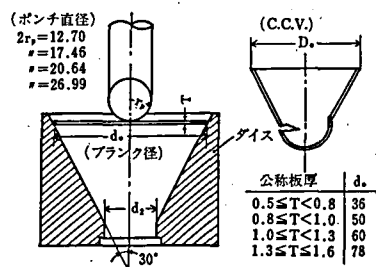


図2 コニカルカップ試験

* 昭和53年9月 日本機械学会, 日立地方講演会において発表(前刷番号304)

**** 機械工学科 助教授**

*** 機械工学科 技官

原稿受付 昭和53年9月30日

2.1 板厚と C. C. V. の関係についての実験方法

試験片：市販の冷延鋼板第1種，標準調質．公称板厚 $T=0.5, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2\text{mm}$ ．
 実際板厚 $t_0=0.5, 0.58, 0.75, 0.98, 1.19\text{mm}$ ．JIS では，試験片直径を $T=1.0$ に対しては $\phi 60$ ， $T=1.2$ に対しては $\phi 78$ とするが，T-C. C. V. 曲線が不連続となるため，公称板厚 0.8 未満に対する直径 $\phi 36$ に統一した．

試験工具：試験片直径 36mm に対するポンチとして，自作の13形工具（ポンチ直径 $\phi 12.7$ ）を用いた．手動油圧プレスに取付けて使用．

2.2 C. C. V. と Er. V. の信頼性についての実験方法

供試材： $T=1.2\text{mm}$ の冷延板第2種と熱延板第2種． $914 \times 1829\text{mm}$ 各1枚．

コニカルカップ試験：工具は JIS の21形（ポンチ直径 20.64mm）．試験片直径は，工具に合わせて 60mm．

エリクセン試験：試験片は JIS の1号（幅 90mm の帯）．試験はA方法（ダイスとしわ押えとの間に，試験片の厚さのほかに 0.05mm のすきまを設けた状態で行う）．潤滑剤はグラフアイトグリース使用．試験機は手動式，東京試験機製．

3. 実験結果及び考察

3.1 板厚と C. C. V. の関係

図3は，板厚ごとに各6回の試験を行った結果を示す．バラツキが大きく，各板厚ごとの最大値は，その右側の板の平均値を越え，最小値はその左側の板の平均値に満たない．エリクセン試験の場合も同様のことがいえるので（各板厚ごとの標準偏差を平均すると，図3の C. C. V. では 0.11，図4の Er. V. では 0.28），数個の平均値をもって測定値とすることが望ましい．試料数については，両試験方法の JIS には記されていないが，冷延鋼板の Er.

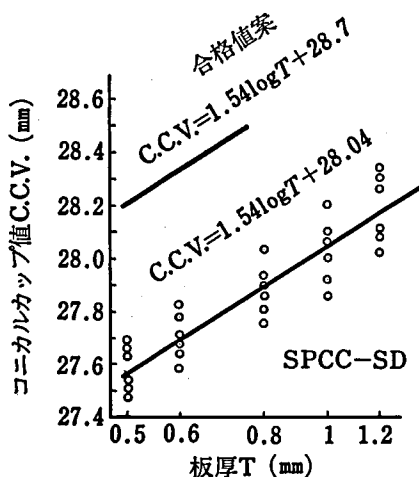


図3 板厚と C. C. V. の関係 ($\phi 36$ ブランク)

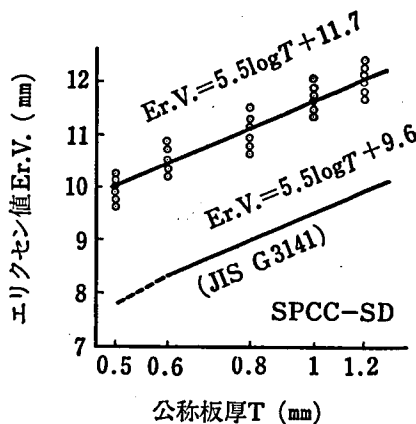


図4 板厚と Er. V. の関係

V. 規定値は、「3個の試験値の平均に対して適用」することになっている。

図3の実験式は、次のようになる。

$$C.C.V. = 1.54 \log T + 28.04$$

一方、同じ板で作った試験片から求めた $E_r.V.$ を図4に示す。図中の二つの式を比較すると、実験値は JIS 合格値より 2.1mm も大きい。また、 $T=1.2\text{mm}$ のものについてみると、後掲表3の2種材の実験値より 0.4mm 大きい。一般市場品の品質の不均一に起因するものであろう。

ここで、図4の $E_r.V.$ 実験値と合格値に関連させ、図3の C.C.V. 実験値から合格値案を検討する。図4で、板厚ごとの測定値の下限を連ねた線は、各6個の測定値の範囲の平均値 R_E (0.7mm になる) の1/2だけ実験式より下がるものとみなし、この線と JIS との差をみると 1.75mm (R_E の2.3倍に相当) となる。すなわち、合格値と実験式の差は $2.8R_E$ である。

図3にもどり、36mmのブランク径の対象となる板厚は0.5~0.8mm であるから、この間の板厚ごとに測定値の範囲を求めて平均した値を R_C とすると、 $R_C=0.24\text{mm}$ となる。そこで、実験式よりも $2.8R_C$ だけ大きい値をもって合格値とすれば、図中に示したように

$$C.C.V. = 1.54 \log T + 28.7 \quad (\text{ただし } 0.5 \leq T < 0.8)$$

となる。このようにすると、 $E_r.V.$ については、 $T=0.5\text{mm}$ の実験値と $T=1.2\text{mm}$ の合格値がほぼ等しいのに対応して、C.C.V. については、 $T=0.5\text{mm}$ の合格値と $T=1.2\text{mm}$ の実験値がほぼ等しくなる。

次に C.C.V. と $E_r.V.$ の関係式を求めると、合格値の式どうしでは

$$C.C.V. = 0.28 E_r.V. + 26$$

($\phi 36$ ブランク)

となり、実験値の式どうしでは

$$C.C.V. = 0.28 E_r.V. + 24.8$$

($\phi 36$ ブランク)

となる。C.C.V. も $E_r.V.$ も、ともに大きなバラツキがあるから、両者の一方から換算して他方を求めるのは危険であるが、およその目安とすることはできる。ここで、上の2式は、SPCC-S にのみ有効で、かつ、同一の板に対してだけしか適用できないことに注意が必要である。板厚が同じで、成形性が異なるものの比較のとき、C.C.V. と $E_r.V.$ は、上の式とは反対に、逆相関的な関係にあるから、使ってはならない。

図5は、上の2式の関係を示し、一方の値から他方の概略値が分かる。図中に、前述の範囲 R_E 及び R_C を入れて、板厚 0.6 及び 0.8mm の区域を示した。大部分の場合、両者の区別は

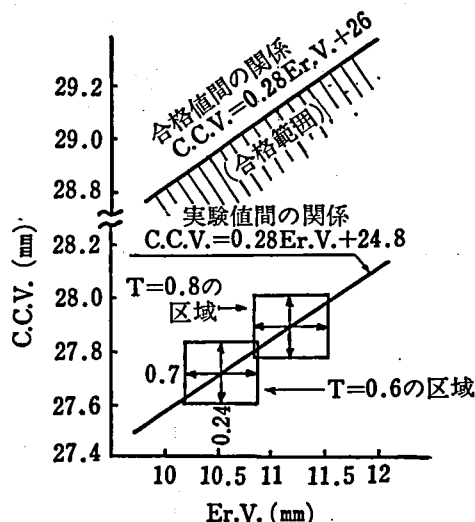


図5 板厚を媒介とした $E_r.V.$ と C.C.V. の関係 (SPCC)

つくが、板厚 0.7mm のときは、両者の中間に入り、試料の数が少ないときは、上下の板厚との区別が付きにくいことが分かる。

3・2 E_r. V. と C. C. V. の信頼性の比較

前項とは逆に、板厚は同じで成形性に差のある表1の公称板厚 1.2mm のものについて、E_r. V. と C. C. V. のどちらの方が明らかな差が出るかを調べた。なお、実際板厚は熱延板の方が5%薄いので、冷・熱の差を検討するには、熱延板の E_r. V. には $5.5(\log 1.19 - \log 1.13) = 0.12\text{mm}$ 、C. C. V. には $1.54(\log 1.19 - \log 1.13) = 0.03\text{mm}$ を加えて補正するとよい。

表1 冷・熱延板の比較 (JIS G 3141・3131)

種 別	用 途	引張り強さ kgf/mm ²	伸 び %	成 分 (%以下)			
				C	Mn	P	S
冷延 SPCD	絞 り 用	28以上	39以上	0.1	0.4	0.03	0.03
熱延 SPHD	"	28以上	30以上	—	—	0.04	0.04

表2 同じ板についての E_r. V. と C. C. V. の測定値一覧 (t_0 : 冷延板1.19, 熱延板1.13)

E _r . V.	冷延板	**12.0	11.7	**11.4	11.7	**11.8	11.8	11.5	11.6	11.6	11.5	11.3	11.7
	熱延板	12.3	11.3	11.7	11.3	12.0	11.4	10.2	11.2	11.1	11.2	11.0	11.4
C. C. V.	冷延板	46.8	46.6	46.6	46.7	46.7	46.6	46.6	46.4	46.5	46.4	46.4	46.7
	熱延板	48.9	48.9	48.5	48.8	49.1	49.5	49.3	48.8	48.7	48.7	49.2	49.0
E _r . V.	冷延板	11.8	11.7	*11.7	11.8	11.9	*11.4	12.2	11.9	11.6	10.8	11.7	11.5
	熱延板	11.4	11.2	11.7	11.4	11.5	11.4	11.2	11.5	11.2	10.3	11.3	11.4
C. C. V.	冷延板	46.3	46.4	46.2	46.4	46.4	46.9	46.7	46.2	46.4	46.3	46.3	46.5
	熱延板	49.3	49.2	48.9	49.1	48.8	48.9	48.9	48.9	49.3	49.4	49.1	49.0

* 冷延・熱延が等値, ** 熱延の方が良好な逆値

表3 E_r. V. と C. C. V. の比較

(単位: mm)

	材 料 T=1.2	J I S 合格値	最悪~最良(範囲)	平 均 値	標準偏差	等値, 逆値
E _r . V.	冷 延	10.4	10.8~12.2 (1.4)	11.67	0.27	5 回
	熱 延	*7.9	10.2~12.3 (2.1)	11.31	0.42	
			平均(1.75)	差 0.36	平均0.35	
C. C. V.	冷 延	—	46.9~46.2 (0.7)	46.51	0.19	な し
	熱 延	—	49.5~48.5 (1.0)	49.01	0.24	
			平均(0.85)	差 2.50	平均0.22	

* 旧 JIS G 3301

表2は測定結果で、どの値も3個ずつの平均値をもって測定値としてある。

表2の数値をまとめたのが表3であり、平均値は72個のものに当たる。冷延・熱延の平均値の差が、C. C. V. のものは Er. V. の7倍もあり、識別が容易であるし、測定値のレンジは約1/2で、バラツキが小さい。冷・熱の値が等しくなったもの、及び熱延板の方が良好な値を示したものが、Er. V. では5回（全体の2割に相当）もあったのに対し、C. C. V. の方は皆無であった。このことは、自動車部品のプレス成績の可否と各種試験値を対応させ、C. C. V. は他の試験値（Er. V.、伸び、硬さ）よりも良く成形性を表わすとした報告⁽⁹⁾と同じ傾向である。

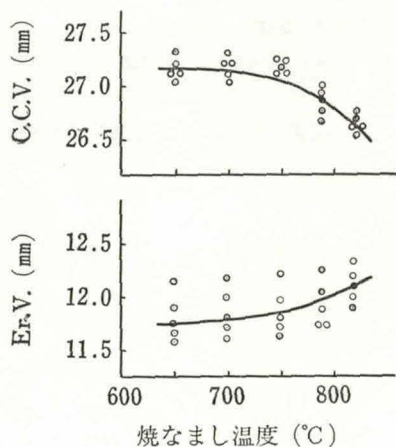


図6 焼なまし温度と Er. V., C. C. V. の関係
(SPCE-S, $T=0.8\text{mm}$, 2h 保持後炉冷)

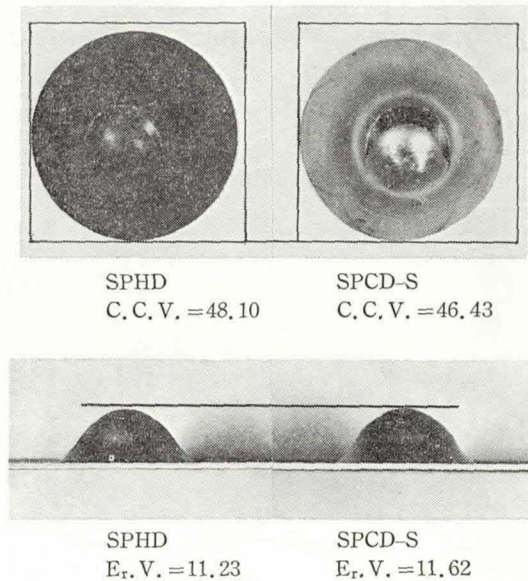


図7 試験終了品の目測比較

図6は、焼なまし温度の影響で、温度の上昇につれ、一般に Er. V. は上がり⁽⁴⁾、C. C. V. は下がるが、後者の方が明らかな傾向を示す。

試験済みのものを一見したとき、C. C. V. の大小は肉眼判定しやすいが、Er. V. の場合は困難である。図7は、表2のものの1例を示す。

3. 結 論

(1) 標準調質の冷間圧延鋼板第1種の板厚 T とコニカルカップ値 C. C. V. は、実験の誤差の範囲内で、片対数方眼紙上で直線関係になり

$$\text{C. C. V.} = \alpha \log T + K \quad (\alpha, K: \text{定数})$$

で示される。すなわち、板厚とエリクセン値の関係と同形式になる。

(2) エリクセン値 Er. V. の実験式と合格値の式との差に対応させ、上式の K を K' ($K' > K$, 本実験では両者の差を 0.66mm とした) に変えたものを、合格値案とする。

(3) 同じ厚さで、品質の異なる板の C. C. V. の差と Er. V. の差を比べると、前者の方が

はるかに大で、識別がしやすい。また、後者の方は、優劣が逆になって出ることがある。したがって成形性の判定には、C.C.V.の方を重視すべきである。

(4) 両試験値ともバラツキが大きい（特に E. V. は大）ので、数個の平均を測定値とすることが望ましい。

さらに検討すべき事項として、試験片直径を変えたとき、及び材料を変えたときの α と K の実測が挙げられる。

参 考 文 献

- (1) 日本規格協会、業務部（砂山氏）よりの回答による。
- (2) 吉田清太、薄板のプレス成形域区分とプレス成形性、塑性と加工、2-10（1961-10）、662。
- (3) 福井・吉田、薄板のプレス成形性とコンカルカップテスト、日本機械学会誌、62-489（1959-10）、1579。
- (4) 久保寺・ほか3名、薄鋼板の張り出し成形性に関する二、三の検討、塑性と加工、7-68（1966-9）、455。