

銅及び銅合金薄板条の曲げによる応力緩和試験方法

序文 日本伸銅協会の伸銅デ-タ-ス整備委員会において、片持ち梁の応力計算に用いる曲げたわみ係数測定法が検討された。この規格はその曲げたわみ係数測定方法を日本伸銅協会(JCBA)技術標準案として規定したものである。

1. 適用範囲 この規格は、主として電気・電子部品に使用する金属板及び条材料の常温ならびに高温における曲げによる応力緩和試験方法について規定する。

備考 1 . この規格の引用規格を次に示す。

JIS C 1602 熱電対

JIS H 3100 銅及び銅合金の板及び条

JIS H 3110 りん青銅及び洋白の板及び条

JIS H 3130 ばね用ベリリウム銅, チタン銅、りん青銅及び洋白の板及び条

2 . この規格の関連規格を次に示す。

ASTM E328-1986 Standard methods for stress-relaxation test for materials and structures.

2. 用語の定義 この規格で用いる主な用語の定義は、次のとおりである。

- a) 曲げ応力 (bending stress) 試験片を片持梁又は両端支持状態で曲げたときに生ずる表面最大応力 (maximum outer fiber bending stress)。
- b) 応力緩和 (stress relaxation) 一定ひずみ (変位) のもとで、材料に生じる応力が、時間とともにゆるやかに減少する現象。
- c) 初期応力 σ_i (initial stress) 所定の拘束状態のもとで、応力緩和が開始する以前に試験片に生ずる応力。
- d) 初期ひずみ (initial strain) 初期応力に対応するひずみ。
- e) 初期たわみ変位 (initial set) 試験片が所定の応力を得るための弾性たわみ変位。
- f) 初期高さ H_i (initial reference height) 試験準備のために、室温で所定の応力を加え、それを除荷した後の試験片の規定部位と基準面との高さ。
- g) 開始時間 t_0 (zero time) 試験片が、所定の応力に初めて達した時の時間。ただし、高温で試験を行う場合は、応力を与えられた試験片が所定の温度の 95% に達した時の時間とする。
- h) 残存応力 σ_r (remaining stress) 試験中所定時間で、試験片に残存している応力。初期応力から緩和応力を引いたもの。
- i) 緩和応力 σ_L (relaxed stress) 応力が緩和する際に減少していく応力。初期応力から残存応力を引いたもの。
- j) 永久ひずみ (permanent strain) 緩和応力に対応する塑性ひずみ。
- k) 永久たわみ変位 (permanent set) 応力緩和によって生じる塑性たわみ変位。
- l) 応力緩和曲線 (stress relaxation curve) 残存応力又は緩和応力を時間の関数としてプロットした曲線。

- m) 応力緩和率 (stress relaxation ratio) 緩和応力と初期応力との比 (%)。永久ひずみと初期ひずみとの比で表される。
- n) たわみ係数 E (deflection factor) 片持ち梁によるたわみ係数測定標準(JCBA T312 : 2001 版)で規定されている係数。
- o) ばね限界値 $Kb_{0.1}$ (又は $Kb_{0.075}$) (spring elastic bending limit) 主に、板ばね材料が曲げによるたわみ変位を受ける際、ばね性を保持する限界を示す値。

3．試験の概要 短冊試験片を用い、片持梁或は両端支持における曲げ状態での板ばね材料の常温或は高温における応力緩和を対象とした試験方法である。時間の経過とともに増加する永久ひずみを、所定の経過時に常温において試験片の自由端における所定位置でのたわみ変位として測定し、初期応力並びに初期ひずみから次の式によって緩和応力を算出する。(図1)

$$BD / OE = OA / OC$$

従って

$$BD = OE \times OA / OC$$

ここに、 $OA = BC =$ 初期応力
 $AB = OC =$ 初期ひずみ
 $DC =$ 残存応力
 $EC =$ 残存ひずみ
 $BD =$ 緩和応力
 $OE =$ 永久ひずみ

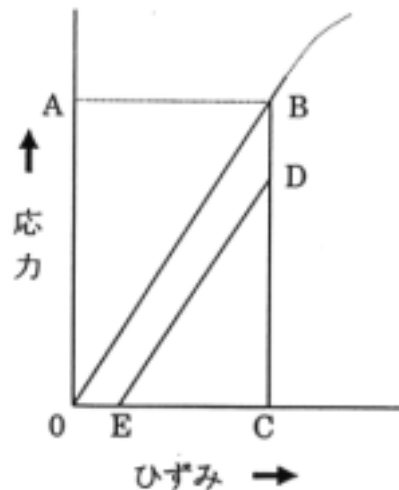


図1 応力の緩和を求めるための
応力 - ひずみ模式図

以下、今日簡易的に使用されているジグを用いた試験方法を規定する。

4．試験片

- a) 試験片は、幅 $10 \pm 0.05\text{mm}$ を標準とする。長さは約 100mm とするが、試験片の板厚、初期応力などにより適宜調整することができる。
- b) 試験片の採取・作製は、それぞれの日本工業規格の材料規格によって行い、試験片となる部分の材質に変化を生じるような変形又は加熱は避ける。せん断、打抜きなどによる加工を行った試験片で、試験結果にその加工の影響が認められる場合には、加工の影響を受けた領域を切削・除去して、平行部を仕上げる。
- c) 試験片の矯正は、試験結果に大きな影響を与えるので、避けなければならない。
- d) 試験片の長手方向の平坦度 f (図2) は、試験精度の面から $f = 3\text{mm}$ 以下のものを採用するのが望ましい。

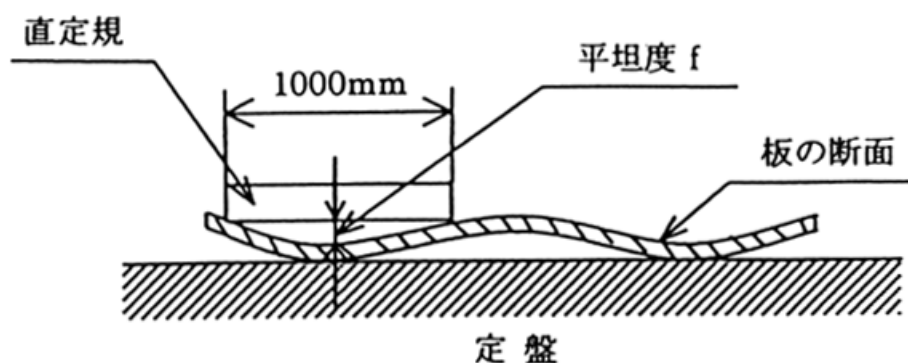


図2 試験片の平坦度

5. 試験装置

5.1 たわみ変位負荷用試験ジグ 図3のa及びbに示すような装置に試験片を取り付け、たわみ変位負荷用ボルトを締め込み、試験片に所定のたわみ変位を与えて応力を得る。図3は片持梁ねじ式の例を示しているが、負荷部形状がナイフエッジのジグを用いても良い。スパン長さは、試験片の厚さに応じて変えられるように、ねじ穴を複数箇所あけるなどする。

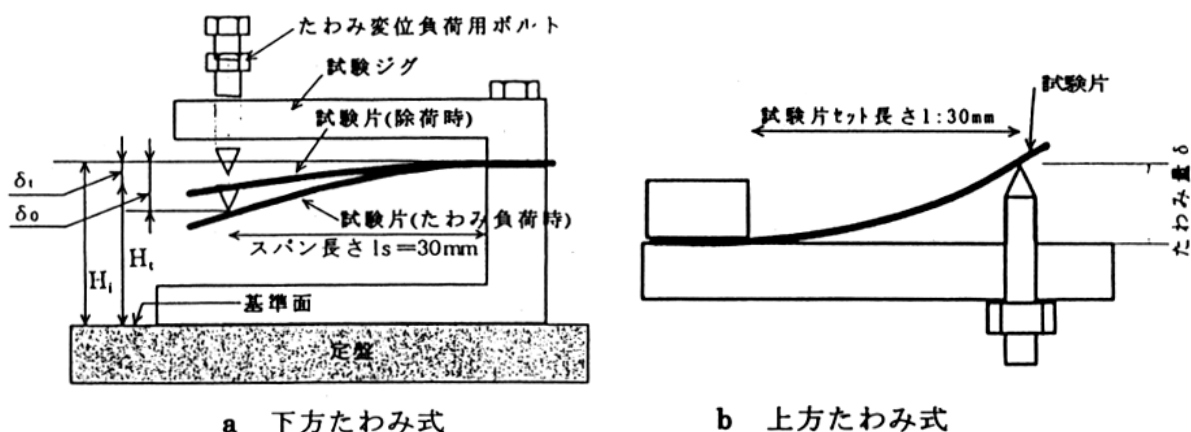


図3 片持ちねじ式のたわみ変位負荷用試験ジグ

5.2 加熱装置 恒温槽又は加熱炉は、温度測定装置と温度自動調節装置を備え、試験中試験片の全てにわたり、温度許容範囲内 (± 5) で、一様かつ一定に加熱することができるものでなくてはならない。使用する熱電対は、JIS C 1602 に合格するものでなければならない。

5.3 試験片たわみ変位測定装置 試験片加熱前後の自由端の所定位置 (片持梁ねじ式) の永久たわみ変位の測定には、最小目盛 $10\mu\text{m}$ が読み取れる測定器を用いる。例えば、読み取り顕微鏡、ハイトゲージなど。

6. 試験方法

6.1 準備

a) スパン長さ l_s スパン長さ l_s は、試験片の厚さを t とすると、 $30\sqrt{t} \sim 70\sqrt{t}$ の範囲

で設定する。

- b) 初期たわみ変位 δ_0 の算出 試験片が所定の曲げ応力を得るために必要な初期たわみ変位 δ_0 は、次の式で算出する。

$$\delta_0 = \frac{\sigma l_s^2}{1.5 E h}$$

ここに、 δ_0 ：初期たわみ変位（mm）

σ ：試験片の表面最大応力（N/mm²）

h ：板厚（mm）

E ：たわみ係数（N/mm²）

l_s ：スパン長さ（mm）

試験片の表面最大応力は耐力の値又はばね限界値を超えない範囲で設定する。耐力の値又はばね限界値を超える場合は参考データとする。

- c) 初期高さ H_i の測定 図 3 に示すように試験片を試験装置に取り付け、所定の変位を室温で与え、30 秒間保持後除荷し、試験装置の底面を基準面とし、この面と試験片たわみ負荷点との距離を H_i として測定する。

6.2 試験

- a) 所定の時間が経過したら恒温槽又は加熱炉から試験ジグを常温に取り出し、たわみ負荷用ボルトをゆるめ、又はナイフエッジを外し除荷する。
- b) 試験片を常温まで冷却後、基準面（試験装置の底面）と試験片のたわみ負荷点との距離 H_t を測定する。（図 3）
- c) 測定後、再びたわみ変位を与える。
- d) 以上の試験を継続繰り返す。
- e) 各時間毎の永久たわみ変位 δ_t を次の式によって求める。

$$\delta_t = H_i - H_t$$

7. 応力緩和率の算出 次式により各加熱時間における応力緩和率を求める。

$$\text{応力緩和率（\%）} = \frac{\delta_t}{\delta_0} \times 100$$

ここに、 δ_t ：試験経過後の応力除荷時に生じる試験片の永久たわみ変位（mm）

δ_0 ：所定の応力を得るのに必要な試験片の初期たわみ変位（mm）

8. 試験結果の報告 試験結果の報告には、次の項目を記入する。報告書様式例を附録に示す。

- (a) 材質（成分）
- (b) 引張強さ

(c)	耐力		
(d)	伸び		
(e)	ばね限界値 $Kb_{0.1}$ (又は $Kb_{0.075}$)		
(f)	硬さ		
(g)	板厚		
(h)	試験片の採取方向		
(i)	応力計算に用いたたわみ係数		
(j)	低温焼なましの有・無, 条件	(p)	試験温度, 時間
(k)	時効処理の有・無, 条件	(q)	試験個数 (本)
(l)	試験ジグのスパン長さ	(r)	試験雰囲気
(m)	変位量測定機種類	(s)	応力緩和率
(n)	使用恒温槽 (炉)	(t)	試験日時
(o)	初期応力値	(u)	測定者

【 附 録 】

報 告	年 月 日		(会社名)					
応 力 緩 和 試 験 報 告 書								
試 験 日	年 月 日 ~ 年 月 日		測 定 者			承認		
試 料	Code No.			化 学 成 分 (重 量 %)				
機 械 的 特 性	引張強さ		N / mm ²		ビッカース硬さ			
	耐 力		N / mm ²		応力計算に用いたたわみ係数		N / mm ²	
	伸 び		%		その他 特記事項			
	ばね限界値 Kb _{0.1} (又は Kb _{0.075})		N / mm ²					
処 理	低温焼なまし 有・無	有の場合の 条件						
	時効処理 有・無	有の場合の 条件						
試 験 条 件	試 験 ジ グ	スパン長さ mm			試 験 片 採 取 向			
	試 験 片 板 厚	mm	初 期 応 力 値		N / mm ²	試 験 個 数	本	
	試 験 温 度		最大試験時間		h	雰 囲 気		
	変位量測定機				使用恒温槽(炉)			
応 力 緩 和 率 (%)								
試 験 片 No.	h	h	h	h	h	h	h	h
平 均 値								

銅及び銅合金薄板条の曲げによる応力緩和試験方法・解説

この解説は、標準本体に規定した事柄、参考に記載した事柄、並びにこれらに関連した事柄を説明するもので、標準の一部ではない。

1. 制定の主旨

銅及び銅合金は、優れた導電性により、端子などの電気接続部品として多く用いられている。使用される環境は、自動車電装部品に代表されるように、非常に過酷な温度雰囲気となっている。このような高温環境においても、端子のばね部が所望の嵌合力を保持できる性質、すなわち応力緩和特性は端子などの電気接続部品にとって、もっとも重要な特性の一つである。そういう意味において本標準の制定は、伸銅品の利用技術の発展に資するものである。

2. 制定の経緯

応力緩和試験方法として、日本電子材料工業会標準規格 EMAS-3003 が平成 3 年に制定されている。この標準では、片持梁ブロック式、片持梁ねじ式および両端指示式の 3 種類の方法が規定されている。しかし、片持梁式と両端指示式では、試験片の応力分布が異なり違った数値結果が出るため、各委員会社で多数用いられている片持梁ねじ式を基本として統一した。

さらに、EMAS-3003 ではスパン長さ（試験片固定端と応力負荷点との距離）を一定としているが、平成 9 年の日本ばね工業会での研究結果である、スパン長さが 2 倍程度の違いなら結果に差は出ないという知見を活用し、スパン長さの規定に幅を持たせた。また原理的に、スパン長さは板厚の平方根に比例させるべきものであるため、以下のような数式にて規定した。

$$\text{スパン長さ } l_s = 30 \sqrt{t} \sim 70 \sqrt{t} \quad (\text{ここに、} t: \text{板厚})$$

また、負荷応力が耐力またはばね限界値を超える場合は、加熱しない初期状態で、試験片の塑性変形量が大きくなるため参考値扱いとする、との注釈を加えた。