

# JBMA

## 銅及び銅合金条のスリット歪測定方法

JBMA T304 : 2018

2018年12月12日 改訂

日本伸銅協会技術委員会 審議

(一般社団法人 日本伸銅協会発行)

## 目 次

	ページ
1 適用材料	1
2 適用寸法範囲	1
3 評価項目	1
4 試料作製方法	1
5 はね上がり高さ測定方法	2
6 曲がり・ねじれ角測定方法	4
7 適用する評価項目とその判定	4

## 日本伸銅協会技術標準

## 銅及び銅合金条のスリット歪測定方法

## Measuring method for slit strain of copper and copper alloy strip

**序文** この規格は、日本伸銅協会の残留応力研究委員会において、平成8年6月～平成11年3月にわたり残留応力測定法が検討され、その結果を規定とした日本伸銅協会(JBMA)技術標準である。残留応力研究委員会では、銅及び銅合金の条、棒及び管、それぞれについて残留応力測定法が検討された。本紙は、銅及び銅合金条の幅切り作業により条端部に生じるスリット歪評価方法を規定した標準であり、平成30年(2018年)に内容の確認を行った。

1. **適用材料** この方法は、銅及び銅合金板・条に適用する。
2. **適用寸法範囲** この方法は、板厚0.1mm～0.8mm、幅12mm以上の材料に適用する。
3. **評価項目** 評価項目は、はね上がり高さ： $\delta$ 、曲がり： $\Delta B$  及びねじれ角： $\theta$ とする。
4. **試料作製方法**
  - a) 板・条から長さ200mmの短冊を切り出し、試料とする。
  - b) 試料端部に、幅2mm±0.2、長さ100mm±0.5のエッジ評価部が残るように切り込みを入れる。
  - c) 切り込みは、**図1**に示すようにスリッタ加工時のスリット前方方向から後方方向にいれる。
  - d) 切り込みはワイヤークット加工又はエッチング加工により行う。
  - e) 4. d)で行った切り込みの加工方法は、測定結果に必ず明記する。

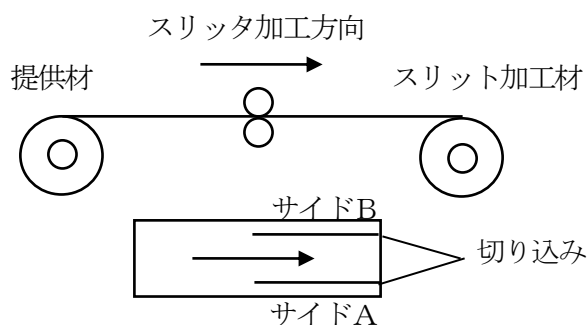


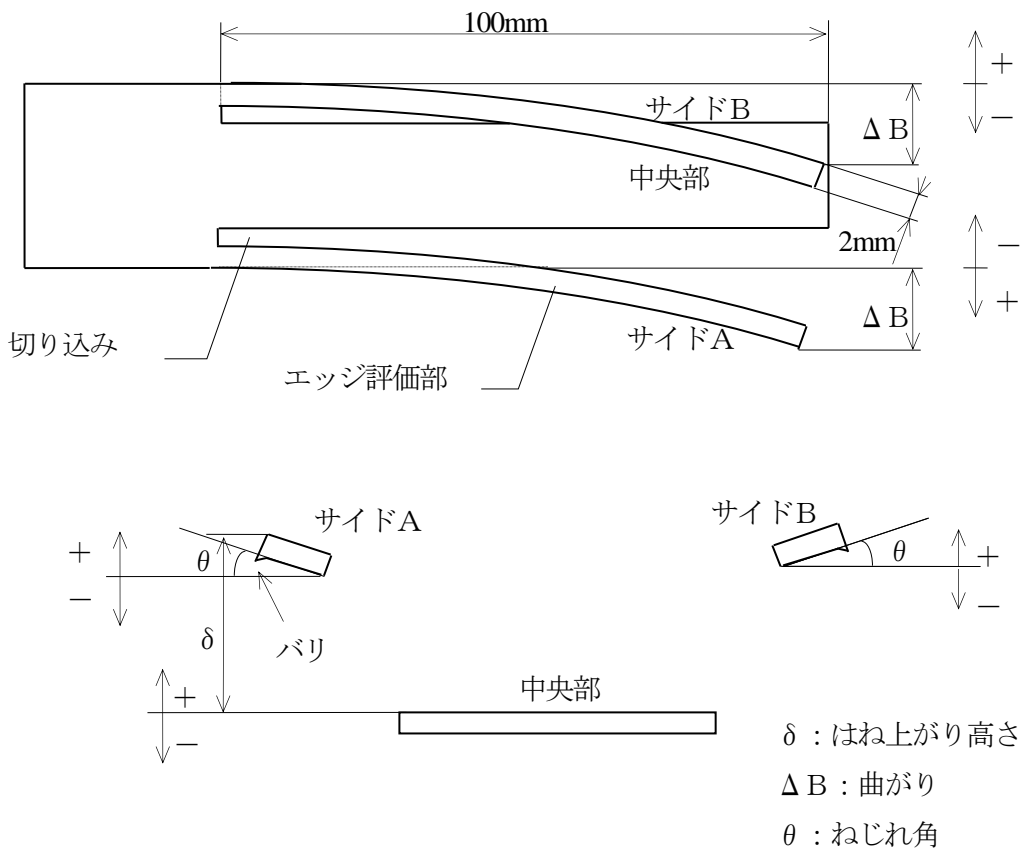
図1 切り込み方向

## 5. はね上がり高さ測定方法

5.1 **測定位置・符号** 測定位置・符号は、**図2**による。はね上がり高さはバリ方向をマイナス、その反対方向をプラスとする。

5.2 **測定装置** 工具顕微鏡、三次元測定器、ハイトゲージ、ノギス、読み取り顕微鏡、レーザー距離計などを用いる。

5.3 **測定精度** 測定は0.1mmの桁まで行う。



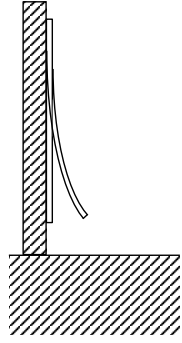
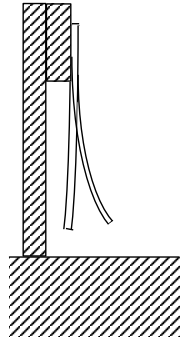
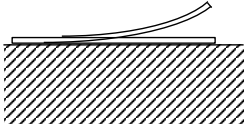
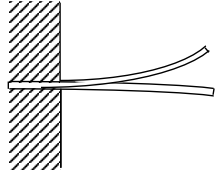
**図2** 評価方法図

5.4 **試料の置き方** 吊り下げ法又は水平法とし、また、これら方法も試料の裏面に物が接している場合と接していない場合があるため、試料の置き方は、**表1**に示す四つの方法とする。

これら方法は、**表1**に示すように自重とスリット加工前の材料の長手反り（提供材の反り）に影響されて、はね上がり高さが変化するため、以下に示す補正を行う必要がある。吊り下げ法①は、**図2**に示す中央部の反りを、水平法①は、中央部の反りとエッジ評価部の自重の影響を補正する必要がある。吊り下げ法②と水平法②は補正の必要はない。

また、これら方法は、必ず測定結果に明記し、補正を実施していない場合は自重及び／又は中央部の反りによる補正を実施していない旨の記述をする。

表1 吊り下げ法と水平法による各測定の特徴

測定法	吊り下げ法		水平法	
	①	②	①	②
略図				
提供材の反りの影響	有 (補正可能)	無	有 (補正可能)	無
自重の影響	有, 但し少ない	有, 但し少ない	有 (補正可能)	無

備考 1. 水平法① (①: 試料裏面に物が接している場合) での自重の補正

水平法①の場合は、 $\delta$  の測定値に下の $w$ を加えることにより自重の影響を補正する。

$$\text{自重によるたわみ} : w = 3 \times D \times a^4 / (2 \times E \times t^3)$$

$D$ :比重,  $a$ :切り込み長さ,  $E$ :ヤング率,  $t$ :板厚

2. 提供材の反りの補正

(吊り下げ法①, 水平法①において補正する)

切り込みを入れた試料の中央部の反りが0.1mm以上ある場合はその反りを測定して補正する。

エッジ評価部と同方向の反りは減算, 逆方向は加算する。測定位置と測定例は, 図3による。

測定は0.1mmの桁まで行なう。

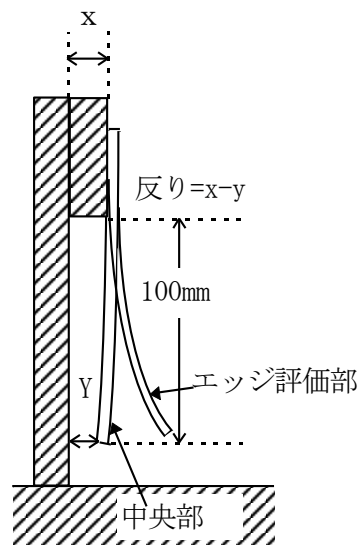


図3 提供材の反りの測定方法例

## 6. 曲がり・ねじれ角測定方法

6.1 **測定位置・符号** 測定位置・符号は、による。

6.2 **測定装置** 測定装置は、工具顕微鏡、三次元測定器、投影機、ハイトゲージ、読み取り顕微鏡、分度器、レーザー距離計などを用いる。

6.3 **測定精度** 曲がりの測定は、0.1mmの桁まで行う。ねじれ角の測定は1度の桁まで行う。

6.4 **試料の置き方** 吊り下げ法または水平法とする。これら方法は必ず測定結果に明記する。

7. **適用する評価項目とその判定** 評価項目とその判定は受渡当事者間で協議により取り決める。

JBMA T304 : 2018

銅及び銅合金条のスリット歪測定法 解説

この解説は、本体に規定した事柄、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. **改訂の経緯** 銅及び銅合金条のスリット歪測定法は**JCBA T304 : 1999**において制定されている。しかしながら、制定から約20年が経過し各社の実際の測定機に合致していない箇所が見られる。そこで、各社の使用している測定機を追加する形で本標準を改訂することとした。

2. **T304 : 1999の解説 (継続記載)** 1999年当時に制定する際に各社にて測定した内容は、重要であるため記録として継続記載することとした。次ページ以降は**JCBA T304 : 1999**の解説にて記載されている事項である。

3. **原案作成委員会の構成表** 原案を作成した電気部品用銅合金標準化委員会の構成表を、次に示す。

電気部本用銅合金標準化委員会 構成表

	氏名	所属
(委員長)	小谷 浩隆	DOWAメタルテック株式会社 (平成30. 4. 1から)
	萩原 直樹	JX金属株式会社 (平成 30. 3. 31まで)
	新見 壽宏	JX金属株式会社 (平成 30. 4. 1から)
	北里 敬輔	古河電気工業株式会社 (平成30. 3. 31まで)
	三原 邦照	古河電気工業株式会社 (平成30. 4. 1から)
	阿部 良雄	三菱伸銅株式会社 (平成30. 3. 31まで)
	船木 真一	三菱伸銅株式会社 (平成30. 4. 1から)
	山本 佳紀	株式会社 SHカップーパープロダクツ (平成 30. 3. 31まで)
	小河 伸行	日本ガイシ株式会社
	尾崎 康隆	清峰金属工業株式会社
	三輪 洋介	株式会社 神戸製鋼所
(事務局)	栗原 正明	一般社団法人日本伸銅協会
	広地 雅行	一般社団法人日本伸銅協会

(執筆者 三輪 洋介)

## JBMA T304 : 1999

## 銅及び銅合金条のスリット歪測定法 解説

この解説は、本体に規定した事柄、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. 制定の主旨及び経緯** 日本伸銅協会技術委員会は産学共同研究として、平成8年5月より21社の参加を得て東京大学生産技術研究所木内学教授を委員長として、残留応力研究委員会を発足させた。板条分科会では、まず参加11社が自社の残留応力測定の実状と問題点を説明し、共通認識を得た。そして各社の共通する問題として、スリット歪の測定法の標準化を共同テーマとして取り上げることにした。スリット歪に関しては既にSEMI (Semiconductor Equipment and Materials International) の規格があるが、規定内容が不十分であった。予備試験として切り込み長さを100mmに統一した上で、材質は特定せず板厚を0.1mm未満、0.1mm以上0.3mm未満、0.3mm以上0.8mm未満の3つの範囲で、板厚とエッジ評価部幅の比率を3倍、10倍、20倍、30倍として各社の方法で、はね上がり高さ、曲がり、ねじれ角を測定した。持ち寄ったデータから、標準化のためにおさえておくべき事項を検討した。また残留応力研究委員会を残留応力標準化専門委員会として平成10年2月に再発足させた。そして黄銅とりん青銅を共通試料とし、仮に定めた標準案（試料固定方法、切り込み方法及び方向はさらに検討するため変動させた）にもとづいて各社でスリット歪を測定し、標準化のための検討を行った。これらの検討結果をまとめたものが本標準及び解説である。

本標準はスリット作業によって適寸条の両端に生ずる残留応力の大きさを相対的に比較するためのものである。一定の幅の切り込みを入れる方法なので歪みの大きさは、同一残留応力の場合でも板厚や材質により変化する。製品形状ごとの相対比較であることに注意が必要である。

なお、本標準を作成した残留応力標準化専門委員会板条分科会の構成を末尾に示す。

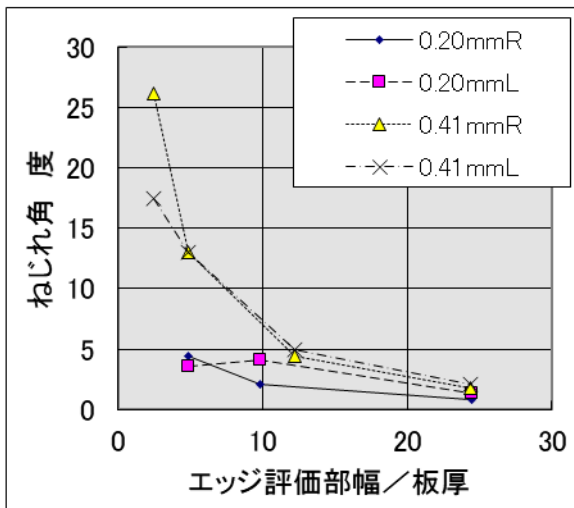
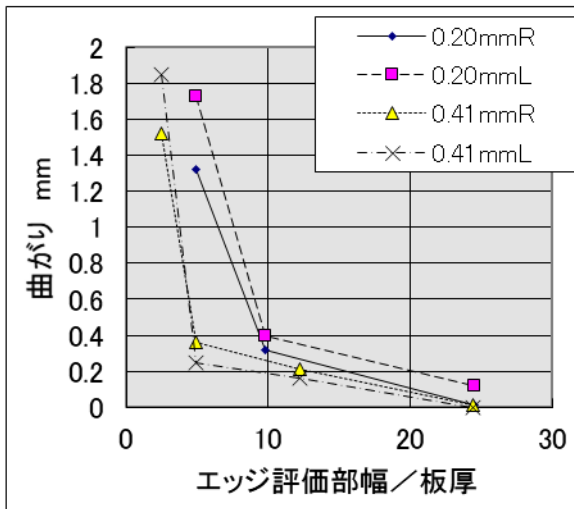
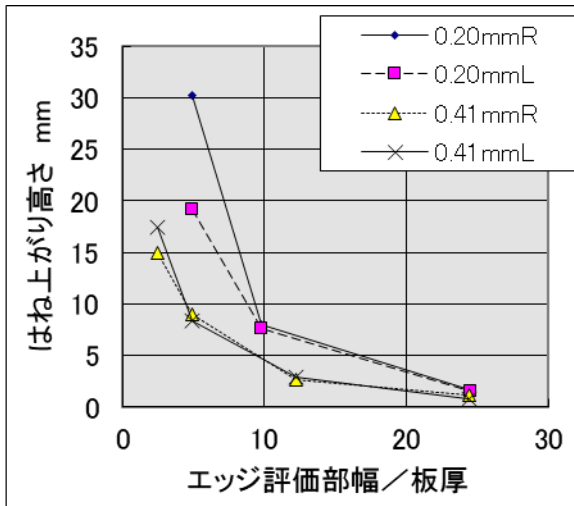
**2. 制定に当たり考慮された主な事項****2.1 適用寸法範囲（本体の2.）**

a) 板厚0.1mm未満の条は取り扱いが難しく、折れがでたりして精度が得られないためである。

板厚0.8mm超については本規格制定のための試験範囲を超えており、精度の確認ができていないためである。

b) エッジ評価部に両エッジ合計で幅4mmは必要であり、エッチング処理等を考慮すると残り8mm以上は必要であるため、板幅は12mm以上が必要である。





解説図1 エッジ評価部幅 / 板厚と  
はね上がり高さ、曲がり、ねじれ角  
(RとLは切り込みを入れた両サイド  
の位置を示す)

2.2 評価項目 (本体の3.) 評価項目は、はね上がり高さ： $\delta$ 、曲がり： $\Delta B$ 及びねじれ角： $\theta$ とする。これら項目の選定は、受渡当事者間との協議により決定する。

2.3 試料作成方法 (本体の4.)

a) エッジ評価部幅  $2\text{mm} \pm 0.2$ の選定理由

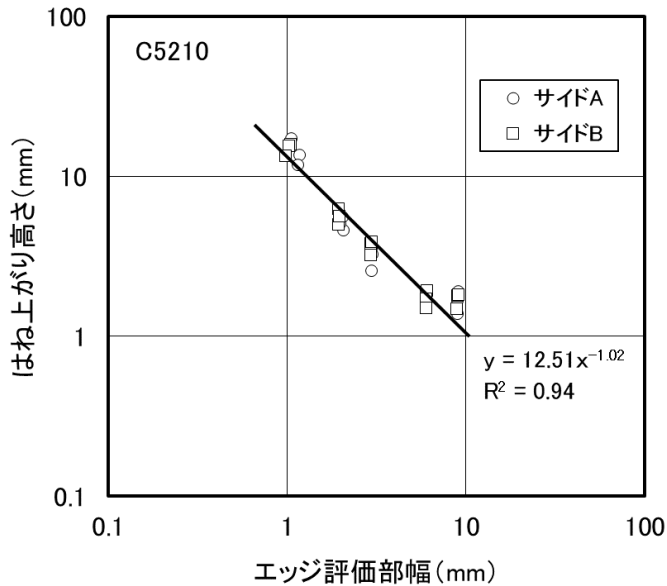
板厚0.20mmと0.41mmの銅合金に関するはね上がり高さ、曲がり及びねじれ角の測定結果を解説図1に示す。

解説図1に見るように、エッジ評価部幅 / 板厚の値が20以下、望ましくは10以下の領域で検出感度が十分となる。板厚0.10mmの場合、エッジ評価部幅 / 板厚を20とするとエッジ評価部幅は2mmとなり検出限界になると考えられる。

一方、幅1mm以下のエッジ評価部を加工することは精度上困難さがあり、測定値のばらつきが大きくなる。

また、エッジ評価部幅の許容差は、 $\pm 0.2\text{mm}$ としている。解説図1に見るようにエッジ評価部幅 / 板厚が小さくなるほどはね上がり高さが極端に大きくなるので、この許容差は重要である。各社の実績値を考慮して $\pm 0.2\text{mm}$ とした。この影響は板厚の厚い材料ほど大きく受けると考えられる。

エッジ評価部幅 / 板厚とはね上がり高さの関係は、反比例の関係にあると考えられる。



**解説図 2**に示すようにエッジ評価部幅とはね上がり高さとの関係について両対数プロットを行うとべき乗指数がほぼ-1となり、両者は反比例する事が分かっている。

このエッジ評価部幅とはね上がり高さの関係は以下のモデルにより説明が可能である。[モデルは1998年12月18日付の木内教授の提案によるものである。

(参考資料 a)]

**解説図2 エッジ評価部幅とはね上がり高さとの関係の例**  
(エッチング法, 水平①, 自重補正実施)

**解説図 3**のようなスリットエッジからごく幅の狭い領域Zone2に残留応力 $\sigma_2$ を有しかつ板厚方向には表裏面で残留応力の値が異なり板厚に沿って直線的に変化するモデルについて考える。

Zone2のもつ残留応力による内部モーメントは、次のように求められる。

平均の応力は、

$$\sigma_{2,m} = (\sigma_{2,u} + \sigma_{2,l})$$

傾きは

$$k_2 = (\sigma_{2,u} - \sigma_{2,l})$$

したがってモーメントは

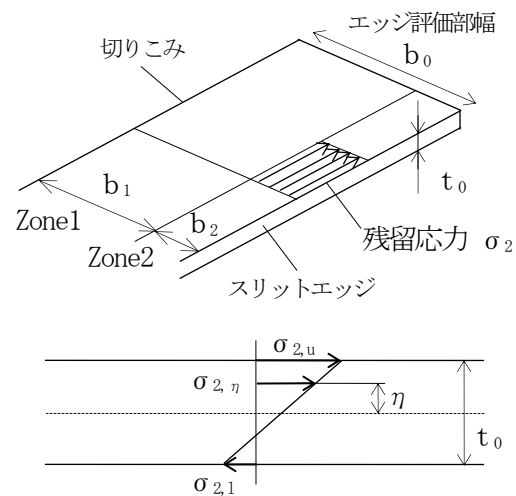
$$M_2 = \int_0^{\frac{1}{2}t_0} (\sigma_{2,m} + k_2 \eta) \eta d\eta \times b_2 + \int_{-\frac{1}{2}t_0}^0 (\sigma_{2,m} + k_2 \eta) \eta d\eta \times b_2$$

$$= k_2 t_0^3 b_2 / 12 \quad (1)$$

エッジ評価部と同一幅, 同一長さ, 同一板厚の板が曲率半径 $\rho_s$ で曲がる場合, 歪は

$$\varepsilon = \eta / \rho_s$$

であるから, モーメント $\widehat{M}$ は次式のようなになる。



**解説図 3 解析モデル**

$$\begin{aligned} \tilde{M} &= 2 \int_0^{\frac{1}{2}t_0} E(\eta/\rho_s) \eta d\eta \times b_0 \\ &= E t_0^3 b_0 / (12 \rho_s) \end{aligned} \quad (2)$$

Zone2のもつ内部モーメントが $\tilde{M}$ に等しいとすると(1), (2)から

$$\rho_s = E b_0 / (k_2 b_2) \quad (3)$$

ここで、曲率半径 $\rho_s$ で曲がった板のはね上がり高さを $\delta_s$ とすると、

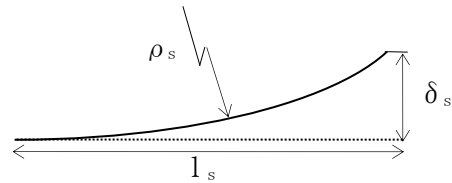
$$\begin{aligned} \delta_s &= \rho_s (1 - \cos \theta) \\ &= \rho_s \{1 - (1 - \theta^2/2)\} \\ &= \rho_s (1_s / \rho_s)^2 / 2 \\ (\because 1_s &= \rho_s \theta) \end{aligned}$$

$$\therefore \delta_s = 1_s^2 / (2 \rho_s) \quad (4)$$

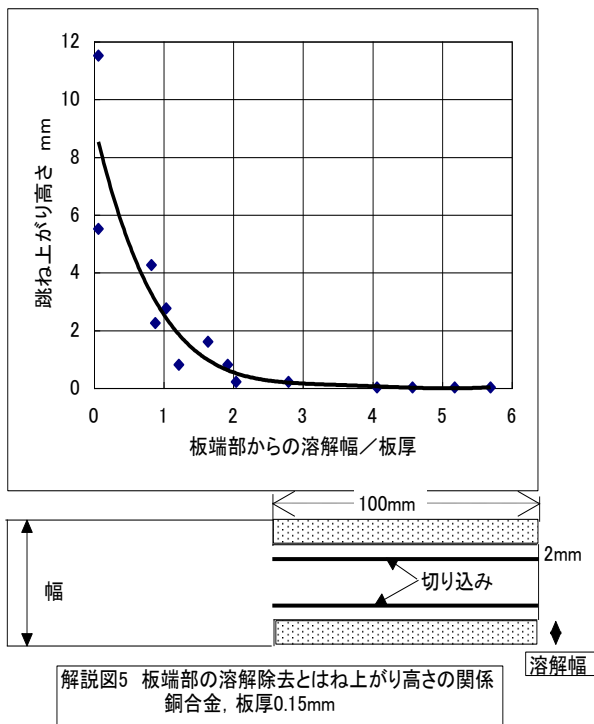
(4)に(3)を代入し、

$$\begin{aligned} \delta_s &= (1_s^2 k_2 b_2) / (2 E b_0) \\ &= 1_s^2 / (2 E b_0) \times \{b_2 / t_0 \times (\sigma_{2u} - \sigma_{2l})\} \end{aligned}$$

このことから、同一材料に同一長さの切りこみをいれた場合、はね上がり高さはエッジ評価部の幅 $b$ に反比例し、実験結果とよく一致した。また、はね上がり高さは表裏面の残留応力の差によって定まり、平均値には関係しないこともわかる。



解説図 4 曲率半径とはね上がり高さ



### b) 切り込み長さ100mm±0.5の選定理由

これまでの各社での試験片の切り込み長さの実績を考慮し100mmとした。これより短いとはね上がり高さが小さく測定精度が悪くなる。また、測定器で100分の1の精度を得るためには、1mm以下の分解能が必要となり測定精度が悪くなる。そしてまた長すぎると測定や作業性が劣るからである。許容差は±0.5mmとする。

### c) 切り込み方法

切り込みは、ワーヤカット法及びエッチング法の二方法を採用した。エッチング法においては材料端部の溶解に十分注意する必要がある。解説図 5に材料端部を溶解除去してはね上がり高さを調査した結果を示す。端部が

少しでも溶解されるとはね上がり高さが小さくなることが判る。そのため、端部、特に端面を適切にマスキングすることが大切である。補足資料 1 に材料端部の溶損が生じにくいエッチング法のための試料作成手順およびエッチング条件の例を示す。

#### d) 切り込みを入れる方向

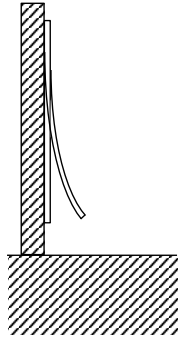
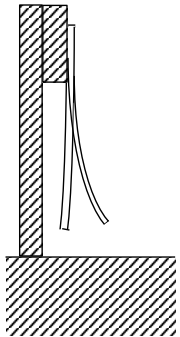
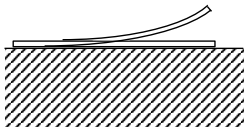
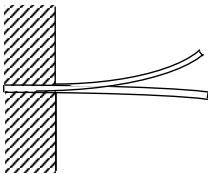
切り込みを入れる方向で、曲がり、ねじれ角の+と-が変わるため、方向を規定した。

### 2.4 はね上がり高さの測定方法（本体の5.）

**2.4.1 測定精度** 測定は、0.1mmの桁まで行う。はね上がり高さは、エッジ評価部幅 2mmの場合、解説図 1 に示すように10数mm程度となる。このはね上がり高さに対して100分の1の精度を出すには、0.1mmの桁での測定が必要である。板厚が薄い場合は、特に0.1mmの桁での測定が必要である。

**2.4.2 試料の置き方の選定理由** 吊り下げ式及び水平式の両法を選定している。更に両法においては、解説表 1 に示すように各々二つの方法がある。各方法により①自重の影響、②スリット加工前の材料の長手反りの影響を受ける。これら影響除去法を、2.4.3 a) 及びb) に示す。

解説表 1 吊り下げ法と水平法による各測定法の特徴

測定法	吊り下げ法		水平法	
	①	②	①	②
略図				
提供材の反りの影響	有 (補正可能)	無	有 (補正可能)	無
自重の影響	有、但し少ない	有、但し少ない	有 (補正可能)	無

#### 2.4.3 試料置き方の影響除去法

a) 水平法の場合の自重によるたわみの補正をする場合は、次の計算による。

水平に置いた切り込み加工後のエッジ評価部を、解説図 6 に示すような単位長さあたり  $q$  の等分布荷重を受ける長さ  $a$  の片持梁とみなすと、先端におけるたわみ  $w$  は、次の式で表される。[参考資料 b)]

$$w = (qa^4) / (8EI) \quad (1)$$

ここで、 $I$ は断面2次モーメント、 $E$ はヤング率である。断面形状を、幅 $b$ 、厚さ $t$ の長方形とし、材料の比重を $D$ とすると $I$ 、 $q$ は、それぞれ次のようになる。

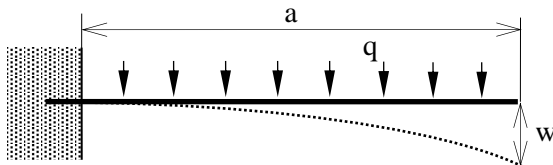
$$I=(bt^3)/12 \quad (2)$$

$$q=Dbt \quad (3)$$

(2)、(3)を(1)に代入すると、

$$w=(3Da^4)/(2Et^2) \quad (4)$$

となる。



**解説図 6 等分布荷重を受けた片持梁**

b) はね上がり高さ測定時の提供材の長手反りの影響補正は、切り込み加工後の幅中央部の長手反りを測定して補正する。提供材の長手反りがはね上がり高さに影響するがその反りは測定が困難である。そこで切り込み加工後の幅中央部に同程度の反りが残っているのでその反りを利用して測定し、補正する。

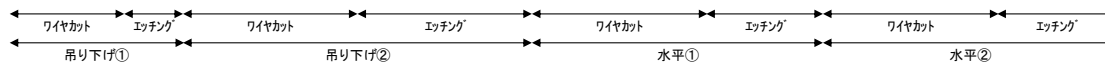
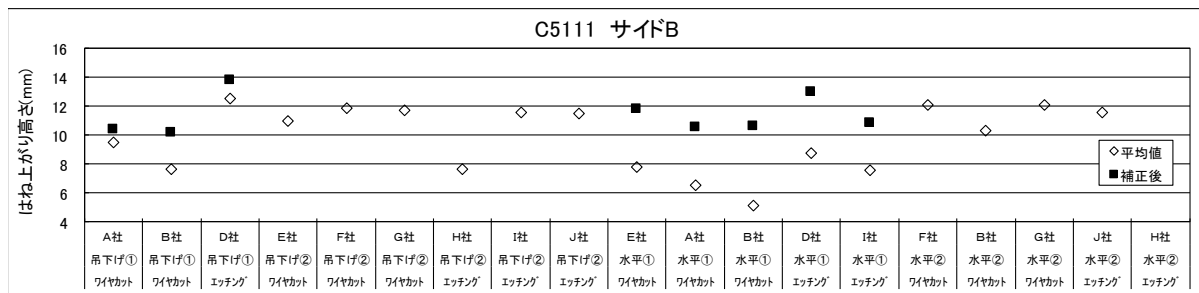
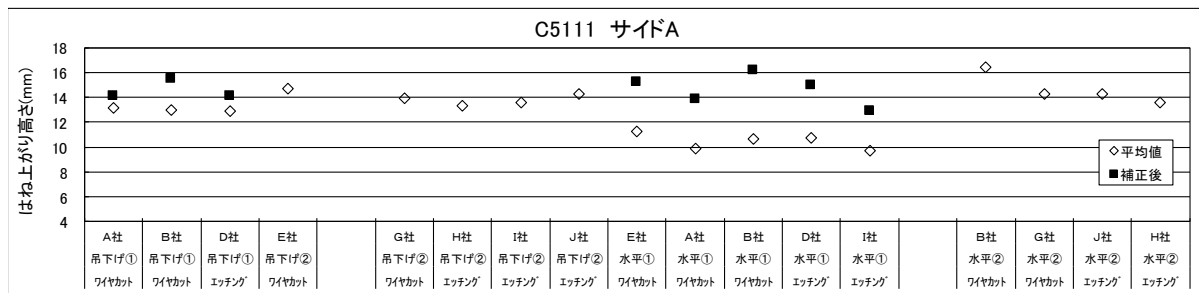
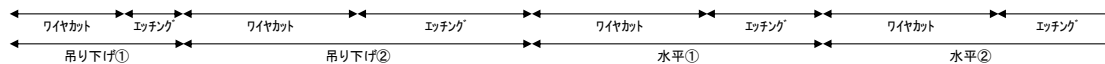
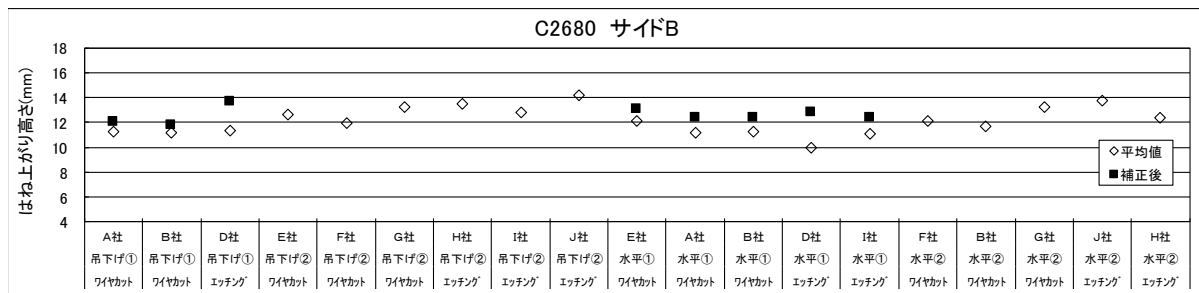
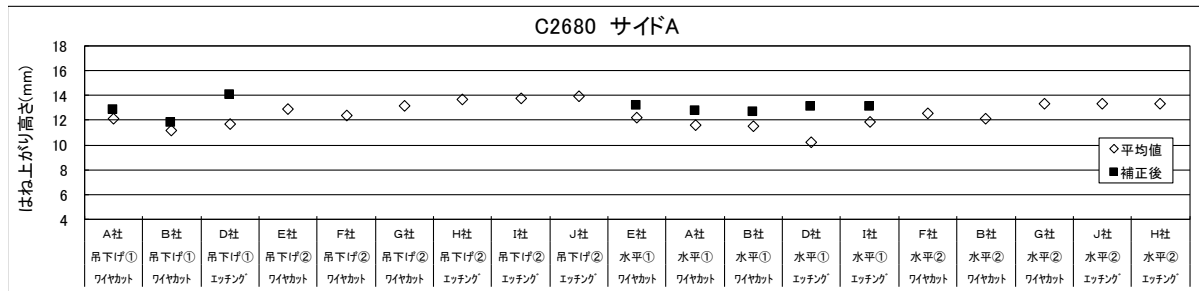
従って切り込み加工後の幅中央部に反りがある場合は、吊り下げ法、水平法とも**解説表 1**の①の方法ではその反りを測定して、加減算による補正が必要である。反りは切り込み加工後の幅中央部を使用して測定し、その値を用いて補正する。はね上がり高さと同方向の時は減算、逆は加算する。

c) **解説図 7**に共通試料を11社で測定したはね上がり高さおよび自重及び提供材の反りの補正結果を示す。補正すると各社・各条件の測定値がほぼ値が一致してくる。

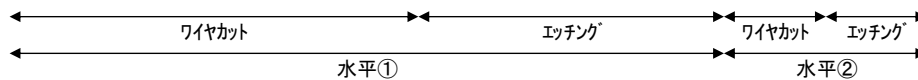
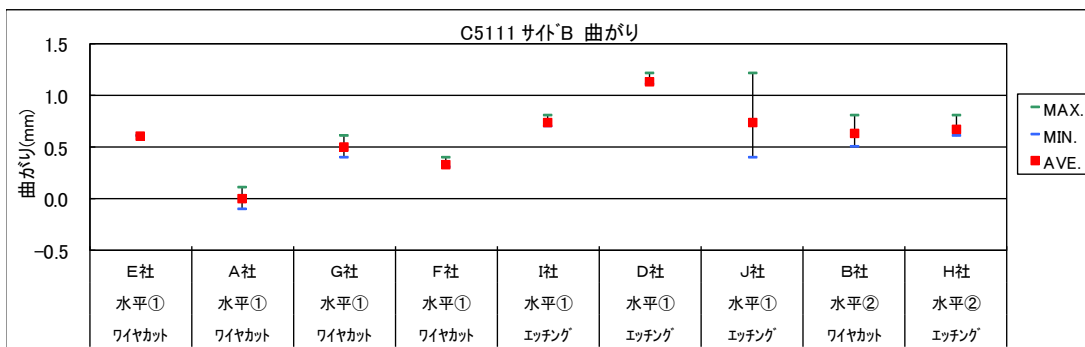
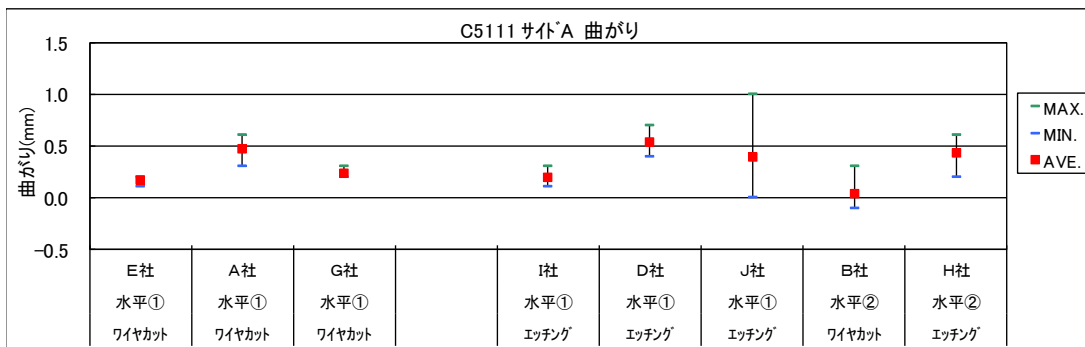
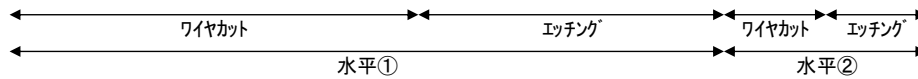
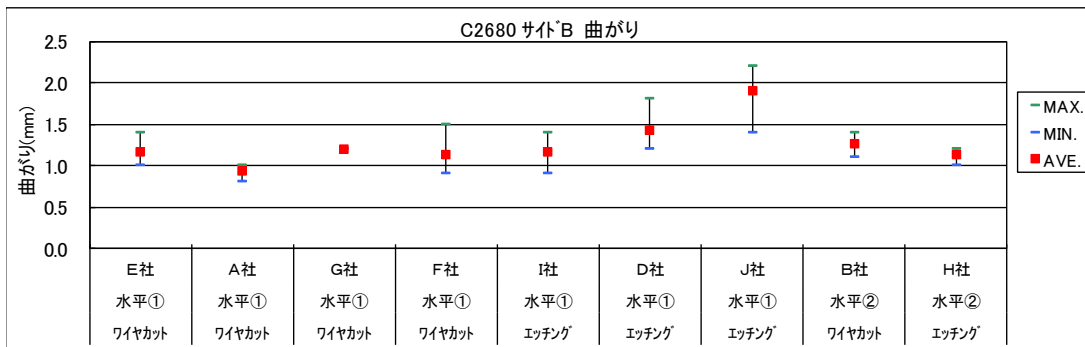
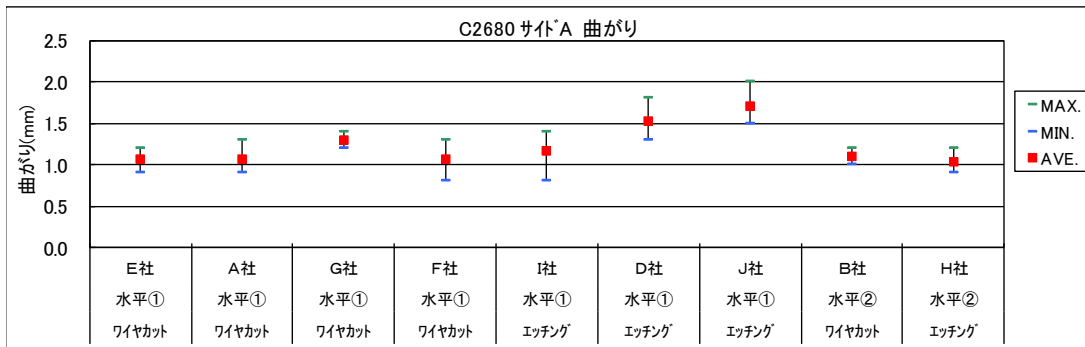
**2.5 曲がり・ねじれ角の精度 (本体の6.3)** 曲がりの測定は、0.1mmの桁まで行う。ねじれ角の測定は1度の桁まで行う。

**解説図 8**に同一材料による11社での曲がり測定結果を示すが、ばらつきは大きい。曲がりの測定は0.1mmの桁まで測定する。

**解説図 9**にねじれ角の測定結果を示すが、ばらつきが大きい。従って、ねじれ角は測定方法が難しいため、1度の桁まで行う。



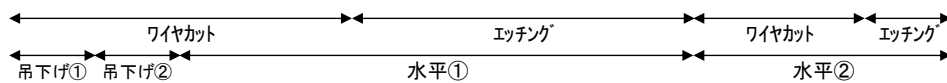
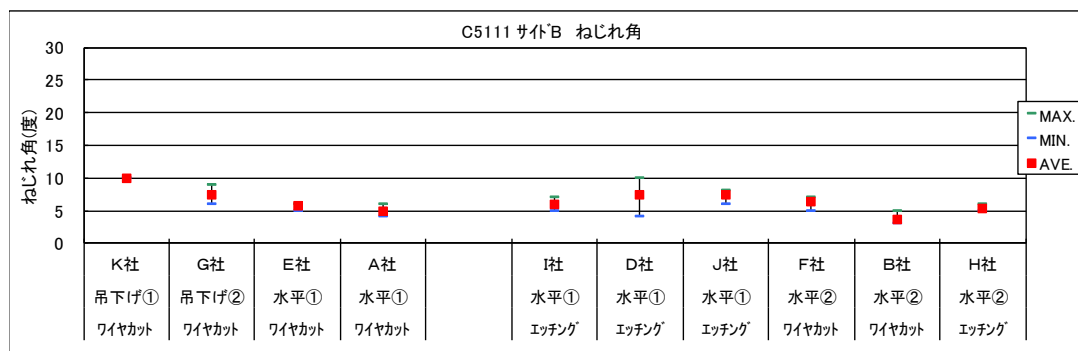
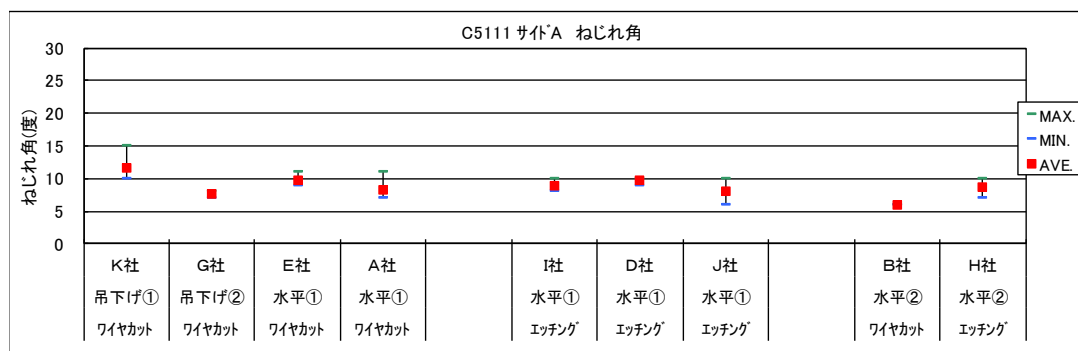
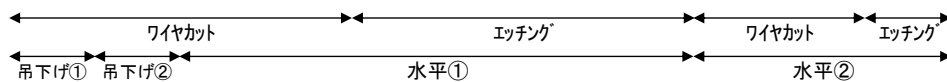
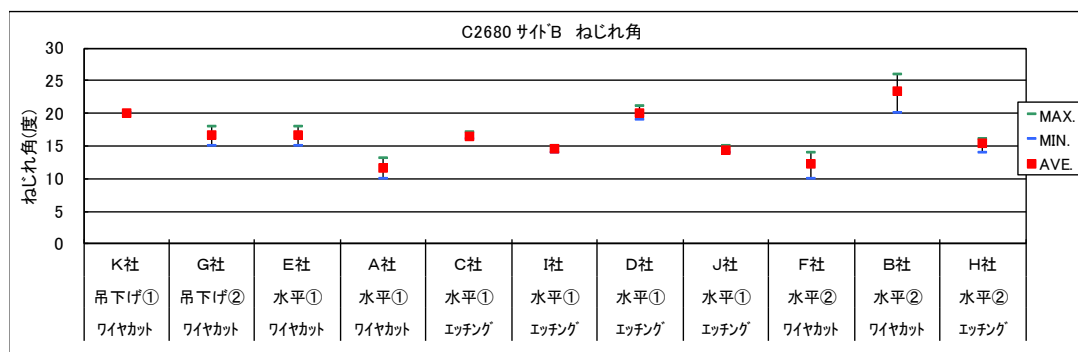
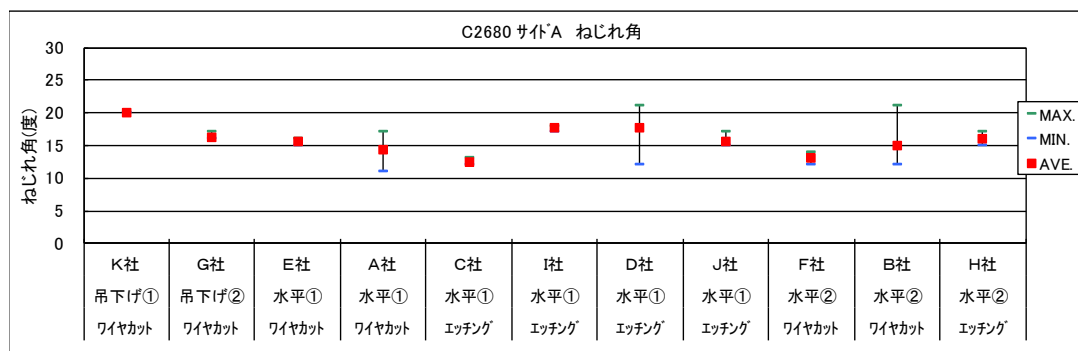
**解説図 7 はね上がり高さ測定結果**  
 合金—質別: C2680-1/2H, 板厚0.5mm×幅28mm, 引張強さ406N/mm<sup>2</sup>, 伸び38%  
 合金—質別: C5111-EH, 板厚0.2mm×幅32mm, 引張強さ615N/mm<sup>2</sup>, 伸び3.8%



解説図8 曲がり測定結果

合金一質別: C2680-1/2H, 板厚0.5mm×幅28mm, 引張強さ406N/mm<sup>2</sup>, 伸び38%

合金一質別: C5111-EH, 板厚0.2mm×幅32mm, 引張強さ615N/mm<sup>2</sup>, 伸び3.8%



**解説図9 ねじれ角測定結果**  
 合金一質別: C2680-1/2H, 板厚0.5mm×幅28mm, 引張強さ406N/mm<sup>2</sup>, 伸び38%  
 合金一質別: C5111-EH, 板厚0.2mm×幅32mm, 引張強さ615N/mm<sup>2</sup>, 伸び3.8%



3. この標準と対応国際規格との比較 この技術標準に対応する国際規格にSEMIがある。

4. 共同実験結果 分科会参加会社11社による共同実験結果は、既に各項目に必要な応じて記載済みであるが、一覧を下記に示す。

解説図 1 エッジ評価部幅／板厚とはね上がり高さ, 曲がり, ねじれ角

解説図 2 エッジ評価部幅とはね上がり高さとの関係の例

解説図 5 板端部の溶解除去とはね上がり高さの関係

解説図 7 はね上がり高さ測定結果

解説図 8 曲がり測定結果

解説図 9 ねじれ角測定結果

本標準を利用して共通試料での分科会参加会社11社でののはね上がり高さ, 曲がり及びねじれ角の測定値の平均と標準偏差を解説表 2に示す。

解説表 2 はね上がり高さ・曲がり及びねじれ角の各社の平均と標準偏差

評価項目	試料名・サイド	平均値	標準偏差
はね上がり高さ	C2680サイドA	13.0mm	0.59
	C2680サイドB	12.7mm	0.72
	C5111サイドA	14.4mm	0.97
	C5111サイドB	11.0mm	1.55
曲がり	C2680サイドA	1.2mm	0.24
	C2680サイドB	1.3mm	0.27
	C5111サイドA	0.3mm	0.17
	C5111サイドB	0.6mm	0.31
ねじれ角	C2680サイドA	-15.8度	2.16
	C2680サイドB	-16.5度	3.48
	C5111サイドA	-8.7度	1.57
	C5111サイドB	-6.4度	1.73

#### 参考資料

a) 東京大学 木内学：日本伸銅協会残留応力研究委員会資料12-2スリット適用時の変形予測(2)

b) 中川一郎：「材料力学 上巻」, 養賢堂, (1965), 111.

## 補足資料 1 : エッチング法の試料作成方法とエッチング条件例

### 1. マスキング方法

- a) 耐酸テープ (3M製 #851) にてマスキングする。
- b) サンプルより大きめのテープを用い、両面より貼り合わせる。従って端面は、完全にテープで覆われている。

### 2. エッチング方法

2.1 **エッチング液** エッチング液は、2.1a) または、まれに2.1b) の方法による。

a) エッチング液 : 塩化第二鉄

方法 : スプレー式 (両面, サンプル垂直置き, 面内回転)

温度 : 50°C, 濃度 : 45° Be, 所用時間 : 2~3分

b) エッチング液 : 逆王水 (硝酸 : 塩酸 = 3 : 1)

方法 : 浸漬, 温度 : 室温, 所用時間 : 約5分

2.2 **測定手順** 測定は、次の手順による。

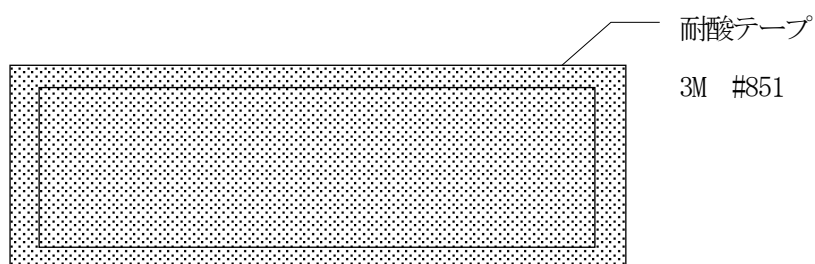
①耐酸テープ貼り付け→②切り込み作成→③エッチング→④テープ剥離→⑤シャー切断

### 3. サンプル作成方法

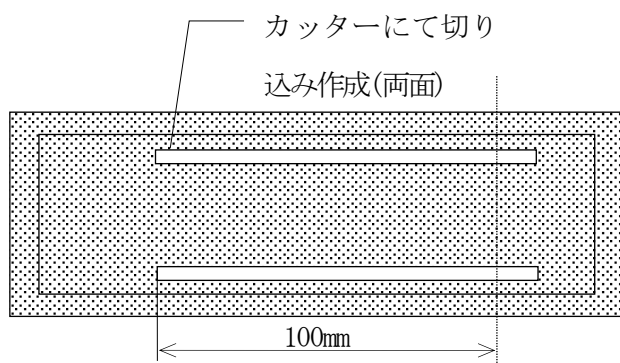
3.1 **サンプリング** 長さ200mm程度とする。(切り込み長さは100mm)



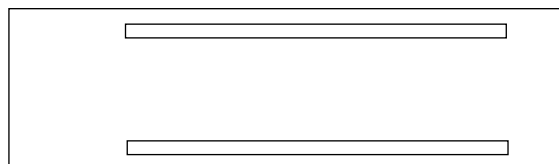
3.2 **マスキング** マスキングテープのサイズは、サンプルよりひとまわり大きくし、両面より貼り合わせる。



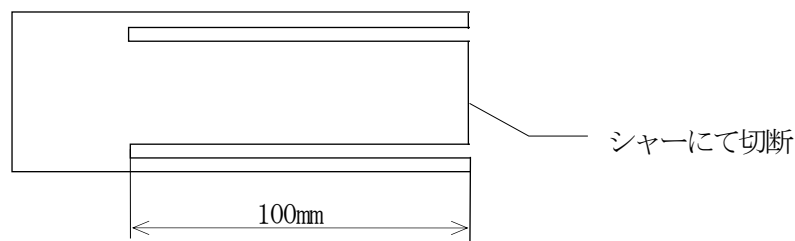
- 3.3 **パターン作成・エッチング** エッチング箇所にかッターで切り込みを入れ、エッチングする。  
エッチングする長さを切り込み長さより長くする。



- 3.4 **テープ剥離** マスキングテープを、剥がす。



- 3.5 **シャー切断** 所定位置を、シャーで切断する。



以上

## 補足資料2 スリット歪測定結果記入例

測定日 : 1999年4月1日 ヤング率:E 107800 N/mm<sup>2</sup>  
 会社名 : 日本伸銅協会 比重:D 8.53  
 氏名 : 日本 太郎

加工条件	測定結果					
資料名	測定項目	板厚:t mm	エッジ評価部幅:H mm		切り込み長さ:a mm	
黄銅	サイド		A	B	A	B
	交差		2mm±0.2	2mm±0.2	100±0.5	100±0.5
板幅×板厚mm 28mm×0.50mm	1	0.498	2.0	1.9	99.9	99.8
	2	0.498	1.9	2.1	99.8	99.8
	3	0.503	2.2	1.8	99.8	99.9
スリット方向 スリット前方方向 から後方方向	平均	0.500	2.0	1.9	99.8	99.8
	標準偏差	0.003	0.15	0.15	0.06	0.06
スリット方法	試料置方					
ワイヤカット	測定装置	マイクロメータ その他 ( )	マイクロメータ ノギス その他 ( )	スケール ノギス その他 ( )		
エッチング			*長手中央部測定			

測定結果				計算	
測定項目	はね上がり高さ mm		提供材の反り mm	自重での反り mm	
サイド	A	B		A	B
精度	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
1	10.7	10.5	-2.5	0.5	0.5
2	11.2	10.4	-2.3	0.5	0.5
3	8.9	9.1	-2.1	0.5	0.5
平均	10.3	10.0	-2.3	0.5	0.5
標準偏差	1.21	0.78	0.20	0.01	0.00
資料置方	吊下(水平)①/②		吊下①/水平①	水平①	
測定装置	工具顕微鏡 三次元測定機 ハイトゲージ ノギス 読み取り顕微鏡		工具顕微鏡 三次元測定機 ハイトゲージ ノギス 読み取り顕微鏡	*自重反りWの計算式 $W=3D^4/(2Et^2)$	

測定結果					計算	
測定項目	はね上がり高さ(補正) mm		曲がり mm		ねじれ角(度)	
サイド	A	B	A	B	A	B
精度	0.1	0.1	0.1	0.1	1	1
1	13.7	13.5	1.5	1.8	20	20
2	14.0	13.2	1.8	1.3	21	19
3	11.5	11.7	1.3	1.2	12	21
平均	13.0	12.8	1.5	1.4	18	20
標準偏差	1.37	0.97	0.25	0.32	4.9	1.0
資料置方	吊下(水平)①/②		吊下(水平)①/②		吊下(水平)①/②	
測定装置	工具顕微鏡 三次元測定機 ハイトゲージ ノギス 読み取り顕微鏡		工具顕微鏡 三次元測定機 ハイトゲージ 投影機 読み取り顕微鏡		工具顕微鏡 三次元測定機 ハイトゲージ 投影機, 分度器 読み取り顕微鏡	

残留応力JBMA標準作成専門委員会 構成表（板条分科会：○印）

	氏名	所属
委員長	木内 学	東京大学 生産技術研究所
幹事	○山口 洋	三井金属(株) 圧延加工事業部
副幹事	山本 隆一	(株)紀長伸銅所
委員	寺口 和美	日立アロイ(株) 騎西工場
	島貫 浩一	(株)紀長伸銅所
	○三輪 洋介	(株)神戸製鋼所 長府製造所
	○浜本 孝	(株)神戸製鋼所 長府製造所
	土屋 昭則	(株)神戸製鋼所 秦野工場
	○三谷 洋二	古河電気工業(株) メタル総合研究所
	澤 聖健	住友軽金属工業(株) 伸銅所 製造部 第一製管工場
	根田 陽介	三宝伸銅工業(株)
	○菅原 章	同和鋳業(株) 金属材料研究所
	○畠山 浩一	同和鋳業(株) 金属材料研究所
	○富岡 靖夫	日鋳金属(株) 倉見工場
	綿谷 哲男	朝霞伸管工業(株)
	福田 広文	朝霞伸管工業(株)
	○大場 誠	日立電線(株) 土浦工場
	○津金 容造	ヤマハメタニクス(株) 技術部
	○佐々木史明	ヤマハメタニクス(株) 技術部
	小宮 正和	新日東金属(株) 石岡工場
	○山崎 周一	三井金属鋳業(株) 圧延加工事業部
	○伊藤 稔	三井金属鋳業(株) 圧延加工事業部
	中西 通	大木伸銅工業(株) 新座工場
	村井 譲	日本伸銅(株)
	橘高 智弘	日本伸銅(株)
	○田中 文裕	住友金属鋳山伸銅(株) 三重事業所
	○森山 悦郎	住友金属鋳山伸銅(株) 大阪事業所
	○佐藤 明	(株)原田伸銅所
	○阿部 良雄	三菱伸銅(株) 若松製作所
	○大村 純克	三菱伸銅(株) 若松製作所
	○我妻 和幸	三菱伸銅(株) 若松製作所
	○栗田 敏広	三菱電機メテックス(株) 製造統括部 技術部
	○水谷 誓男	三菱電機メテックス(株) 製造統括部 技術部
	小川 弘晴	三菱マテリアル(株) 技術開発センター
	上林 猛	神鋼メタルプロダクツ(株) 東京営業所
	大頭 直樹	(株)大和伸管所 川越工場
事務局	藤沢 裕	日本伸銅協会