

日本伸銅協会技術標準
銅および銅合金薄板条の曲げ加工性評価方法

Standard test method of bend formability
for sheets and strips of copper and copper alloys

序文 この標準は、日本伸銅協会の電気部品用銅合金標準化委員会において、平成 9 年 7 月～平成 11 年 3 月にわたり曲げ加工性の評価方法が検討され、その結果を規定した日本伸銅協会 (J B M A) 技術標準である。

1. 目的 銅および銅合金板条およびそれらの製品の曲げ加工性を評価するための試験方法および評価基準を制定する。

2. 適用範囲 本標準は、銅及び銅合金薄板条の曲げ加工性の試験方法及び評価に適用する。本標準の作成にあたっては、板厚さ 0.1～0.8mm の板条のデータをもとに内容を検討した。

3. 試験方法

3.1 曲げ方法 曲げ加工性の評価は、曲げ角度 90° の W 曲げとする。試験片を下型に載せ、その中央部に上型を当ててハンドプレスまたは油圧によって所定の形状に曲げる。この場合、上型と下型は平行になるように正しく設置しなくてはならない。

3.2 曲げジグ

a) 曲げジグは JIS H3110 および H3130 において既に定められているものと同じ、図 1 に示す CES M0002 の B 型ジグを用いる。

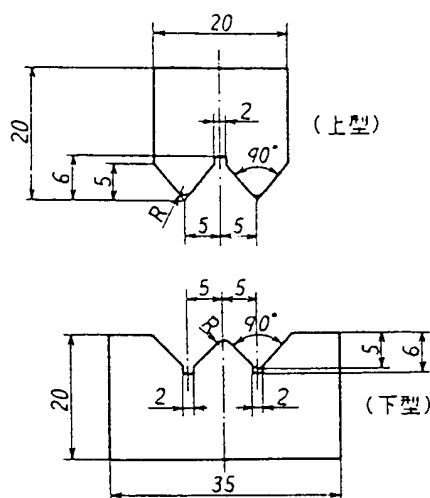


図 1 曲げジグ(幅 20mm 以上)

b) 曲げジグの寸法精度は、試験材の板厚さの精度と同程度とする。曲げジグの上型と下型はすり合わせた時に、互いの面全体でなめらかにすり合うものを用いなければならない。

- c) 曲げジグの材料と接する面の粗さは、中心線平均粗さが $1.0\mu\text{m}$ 以下のものを用いる。
- d) 曲げジグの曲げ半径の精度は、 $\pm 10\%$ 以下とする。

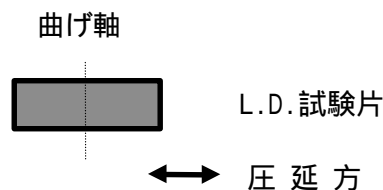
3.3 曲 げ 条 件

- a) 曲げの半径は、評価する板条の厚さ、用途に応じて適宜選定する。
- b) 潤滑油等の使用の有無、その種類は目的に応じて適宜選定し、結果に記載する。
- c) 曲げ加工時の圧力は、適宜選定する。
- d) 曲げ加工速度は、適宜選定する。

4. 試 験 片

- a) 試験片は、幅 10mm、長さ 30mm 以上のものとする。
- b) 試験片は、図 2 に示すように、板条の圧延方向に平行なものを L.D.(Longitudinal Direction)試験片、直角なものを T.D.(Transverse Direction)試験片とする。この時、L.D.試験片を用いた場合は Good Way 曲げ、T.D.試験片を用いた場合は Bad Way 曲げを評価することになる。

G.W.(Good Way)曲げ



B.W.(Bad Way)曲げ

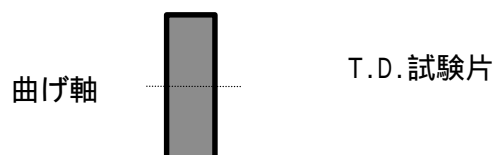


図 2 試験片の方向および曲げ方法

- c) 試験片は油の付着がないことを原則とする。
- d) せん断加工を行った試験片の側面は必要に応じバリ取りを行う。
- e) 但し、試験片の寸法、採取方法が別に規定されている場合は、上記の限りではない。

5. 評 価 方 法

5.1 観 察 方 法

- a) 曲げ部位は、原則として 50 倍の光学顕微鏡を用いて表面から観察する。但し、必要に応じ、その他の倍率で観察してもよい。
- b) 観察部位は W 曲げ加工した試験片で山となる曲げ加工部とし、端部を除く。

5.2 評価基準

- a) 曲げ加工性の評価は、写真 1 に示す基準写真と光学顕微鏡による観察結果を照らし合わせて行う。
- b) 本基準写真は、特に板厚さが 0.1 ~ 0.8mm の板条に適用される。
- c) 基準は、A : しわ無し、B : しわ小、C : しわ大、D : 割れ小、E : 割れ大、の 5 段階とする。

- ・「しわ」とは、曲げ加工によって現れた段差状のくぼみ又はすじが観察できる状態を示す。
- ・「割れ」とは、割れの底が真上から観察できない、せん断帯に沿って割れた状態という。
- ・ A : 「しわ無し」は、しわおよび割れが確認できないことを示す。
- ・ B : 「しわ小」は、写真に示す程度の小さなしわが確認できることを示す。
- ・ C : 「しわ大」は、写真に示す程度の大きなしわが確認できることを示す。
- ・ D : 「割れ小」は、割れが確認できることを示す。
- ・ E : 「割れ大」は、割れが複数個連なった状態が確認できることを示す。

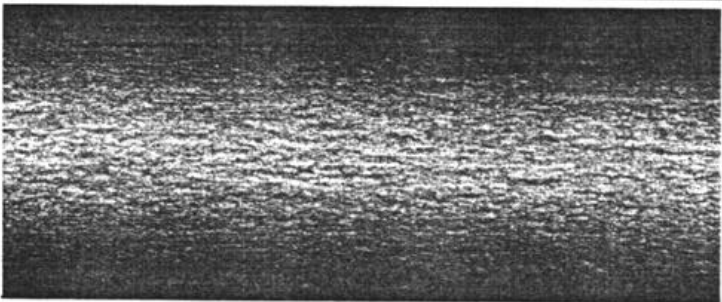
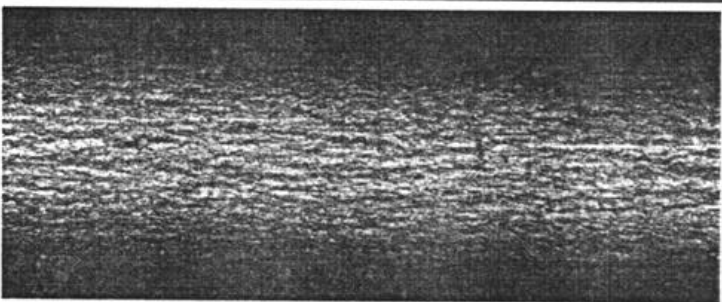
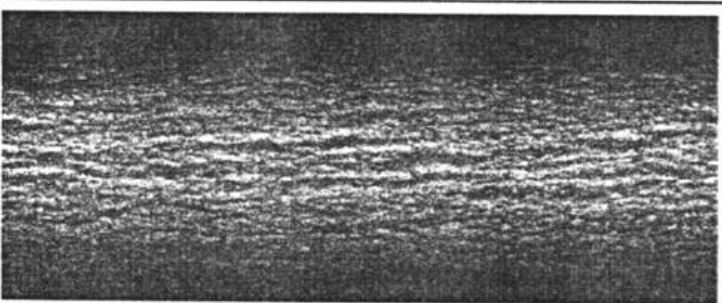
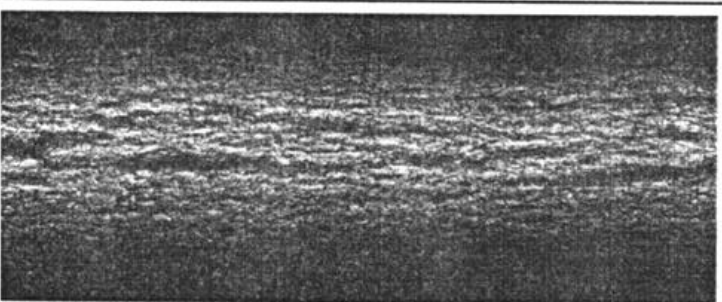
基準	基準写真	倍率50倍
A.しわ無し		
B.しわ小		
C.しわ大		
D.割れ小		
E.割れ大		

写真1 外観基準写真


0.2mm

電気部品用銅および銅合金板条の曲げ加工性評価方法 解説

本解説は、本文に規定した事柄およびこれに関連した事柄を説明するもので、技術標準の一部ではない。

1. 制 定 の 経 緯 平成8年伸銅技術研究会第36回講演会パネル討論にて、ユーザー側より各社開発合金の統合化と材料を比較するための適正な評価基準の制定が提案された。当業界内にも同様な意見があった。標準化準備委員会にて検討した結果、材料の標準化の前に特性の評価法の標準化が必要との結論を得て、電気部品用標準化委員会が発足した。

本委員会では、第一段階として材料特性評価方法の標準化、第二段階として、質別表示および材料の標準化の可能性を検討することとした。

平成9年7月に第1回委員会が開催され、活動期間3年間のなかで2, 3テーマの標準化を取り組むことにした。その最初のテーマとして“曲げ加工性評価方法”の標準化を取り上げた。

本テーマを取り上げた理由は、これが参加各社に共通した重要テーマでありながら試験方法および評価方法が統一されていないこと、また、ユーザーからもその標準化の要求があったためである。

曲げ加工性試験方法としては、種々の試験方法が提案されているが、業界の各社ほとんどが利用していること、ユーザーを含め誰もが比較的容易に行える方法であることを考慮してW曲げとした。

本標準以前に銅合金材料のW曲げの試験方法を規定したものとしてはJISH3110「りん青銅及び洋白の板及び条」およびH3130「ばね用ベリリウム銅、りん青銅及び洋白の板及び条」があった。しかし、上記の規格には、使用治具および試験法は定められているものの、評価基準等は規定されていない。また、りん青銅、洋白、ばね用ベリリウム銅以外の合金を対象に含んでいなかった。

そこで、本標準では、伸銅業界およびそのユーザーが容易に行える共通の銅合金薄板条の曲げ加工性の試験方法および評価基準を制定することを目的とした。

なお、本標準を作成した電子部品用銅合金標準化委員会の委員を末尾に示した。

2. 適 用 範 囲(本体の2.) 純銅と合金の違い、固溶強化、析出強化等の合金の強化メカニズムの相違や調質等により、曲げ部の形態は多少異なる場合がある。しかし、いずれの場合も、本標準に定めた試験は実施可能であり、また、曲げ部のしわや割れの状況は、本標準に定めた評価基準のいずれかに当てはまると考えられる。ここでの評価基準は、材料の曲げ加工性の優劣を示すためのものではなく、あくまで客観的な曲げ加工性を示すためのものである。

銅合金薄板条の標準とした理由は、板厚さ0.1～0.8mm程度のりん青銅および黄銅の板条のデータをもとに内容を検討したためである。

3. 試 験 方 法 (本体の3.)

3.1 曲げ方法

- a) 90°W曲げを選定した理由は、リードフレーム材料の評価に広く使われていること、曲げ時の拘束力が大きく、厳しい評価が可能であること、V曲げ(JISB7778)に比べて再現性が良好なためである。
- b) 曲げ加工にはJISと同様にハンドプレスまたは油圧プレス等を用いて行う。

3.2 曲げジグ

- a) 曲げジグ材質は、超鋼、工具鋼など剛性があり、磨耗しがたい材質のものが好ましい。定められたジグ精度の範囲内であれば、材質を特に限定しない。
- b) 曲げジグはJIS H3110及びH3130 (CES M0002)で、定められたジグと同じ形状のものとした。これは、本標準以前のJISによる評価結果との整合性をもつため、また、ほとんどの委員会参加各社において既に使用実績があったためである。
- b) 曲げジグの寸法精度は、試験結果に影響を与える可能性がある。試験材の板厚さ精度と同程度の寸法精度が必要である。一般的に、金型の製作精度である0.005mm程度で管理する。また、実際にはオス、メス両金型がスムーズにすり合い、ガタガタしないこと、隙間が無いことを確認する。
- c) 曲げジグの表面粗さおよび曲げRの精度は、参加各社のジグの実績調査の結果および機械加工の精度等を考慮して決定した。曲げ半径の精度は、特に小さい場合に影響が大きくなり、結果を左右する可能性があるので管理する必要がある。

3.3 曲げ条件

- a) 曲げ半径は、板条が使用される製品の形状や目的に応じて適宜選定する。素材としての合金の曲げ加工性を評価する場合は、例えば下記5水準の曲げ半径を選定する方法がある。

$$R/t=0, 1/4, 1/2, 1, 2$$

(R:曲げ半径、t=板厚)

しかし、実際には、試験片の板厚さに対して上記の条件を満足するジグを全て用意することは困難である。したがって、上記条件となる曲げ半径に最も近いジグを用いるか、板厚さの前後を0.1mmあるいは0.05mm間隔で曲げ半径を選定の方が实际的である。

- b) 曲げ圧力、負荷速度および保持時間は、参加各社での調査の結果、判定結果にほとんど影響しないことがわかったため特に限定しなかった。

参考として、本委員会参加各社が実施している条件を以下に示す。

荷重 = 9806N(試験片 10mm幅当たり)

速度 = 0.17mm/s ~ 80mm/s

- c) 尚、測定の数n数に関しては特に規定しない。

4. 試験片(本体の4.)

- a) 一般に、固溶型銅合金では、圧延方向に対して平行に採取した試験片による、曲げ軸が圧延方向に直角となる曲げ加工性が、圧延方向に対して直角に採取した試験片による、曲げ軸が圧延方向に対して平行となる曲げ加工性に比べ優れる。このため、前者をG.W.(Good Way)曲げ、後者をB.W.(Bad Way)曲げと一般に称している。

しかし、析出強化型銅合金の場合等は、G.W.曲げがB.W.曲げに比べ必ずしも優れるとはかぎらない。従って、Good「良好」、Bad「悪い」の表記と試験の結果が一致しない場合もあることに注意されたい。

- b) G.W.曲げに対応する試験片を、L.D. (Longitudinal Direction)試験片、B.W.曲げに対応する試験片をT.D.(Transverse Direction)試験片と表記する。
- c) 試験片の作成時にできたばりをそのままの状態曲げ試験を行なうと端面付近の結果に影響を与える場合があるのでばり取りを行なう。ただし、中央部付近で判定を実施する場合はこの限りでない。

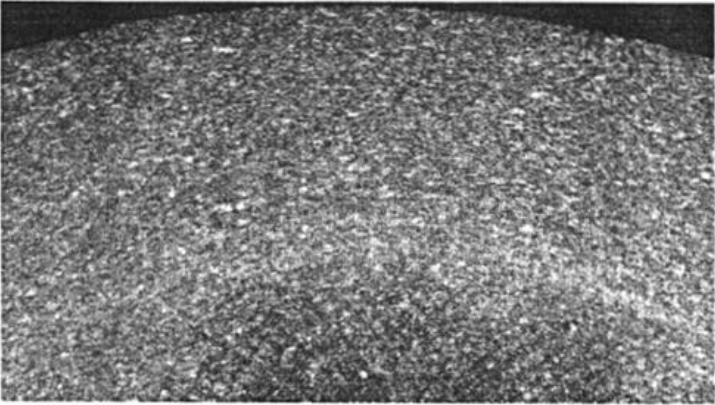
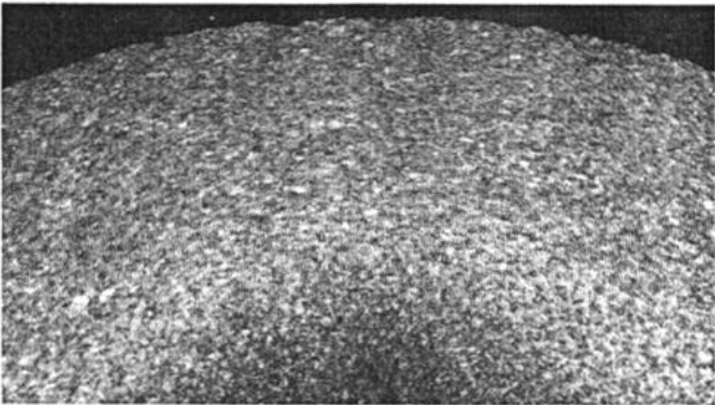
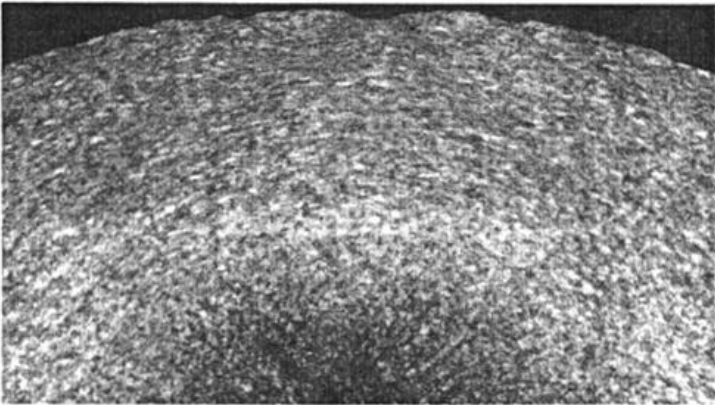
5. 観 察 方 法(本体の5.)

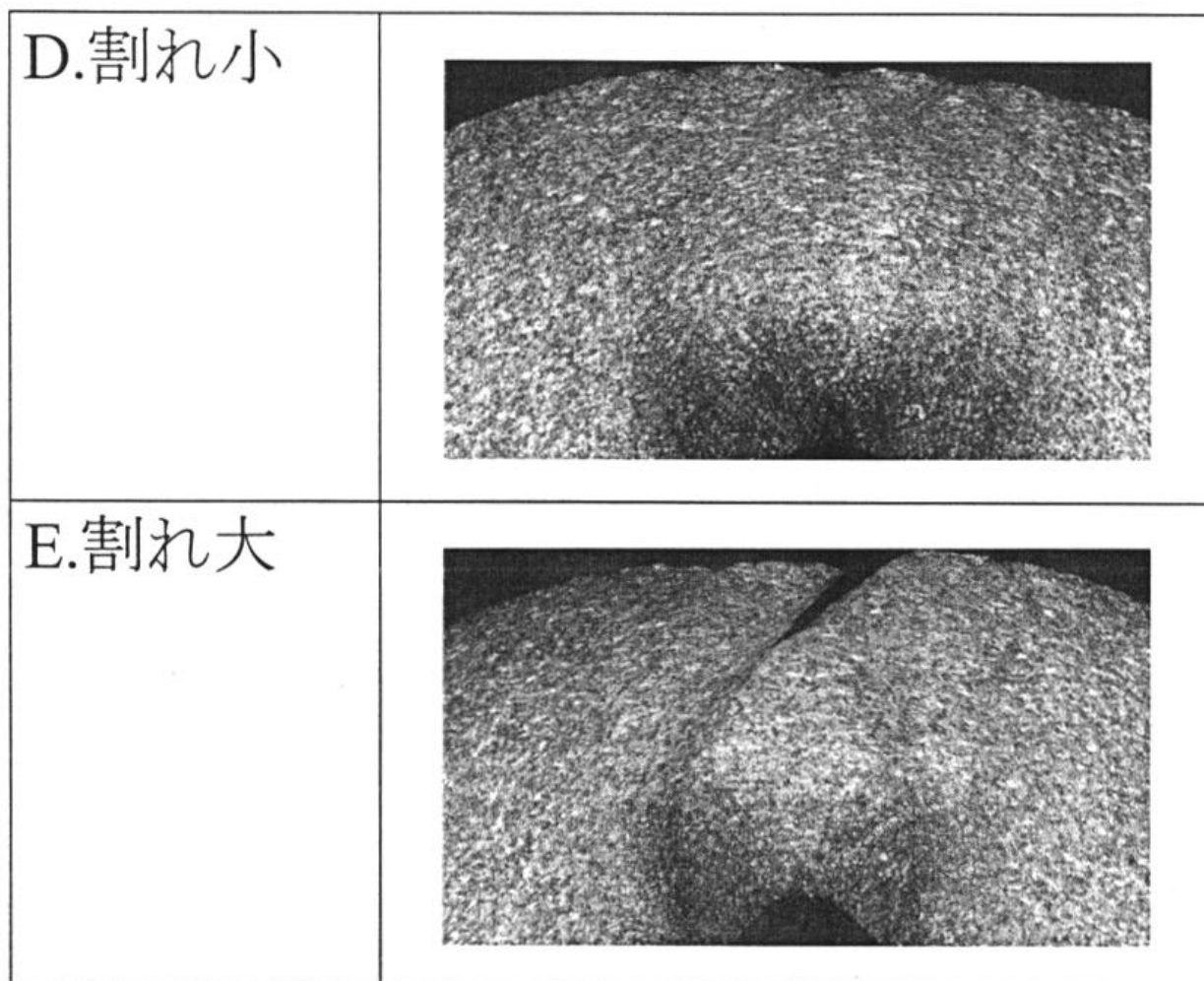
5.1 観察方法 曲げ部位の観察は曲げ部全体を観察する必要から光学顕微鏡によることとし、またその観察倍率は50倍が適切と判断された。しかし、薄い板の場合など、必要に応じて倍率を変えて観察してよい。

5.2 評価方法

- a) 曲げ加工部に発生する「しわ」「割れ」の状況から評価は5段階とした。まず、「しわ」と「割れ」の定義を明らかにした。ここで、「しわ」とは、曲げ部表面にすべり変形により生じた段差状のくぼみ又はすじを指し、延性分断とも定義される状態のことを示す。また「割れ」とは、底が真上から観察出来ないせん断帯に沿ったクラックが入った状態を示すこととした。さらに、実用面での必要性を考慮して、「しわ」「割れ」、それぞれを程度によって2段階に分類した。これに、「しわ」も「割れ」も観察できないことを示す「しわ無し」を加えて5段階とした。
- b) しわおよび割れの幅の測定は、#600のエメリー研磨紙等により試験片の長手方向に沿って研磨を行い、マーカーとすることにより容易になる。
- c) しわおよび割れの深さの測定は、断面観察法を用いるのが一般である。
- d) 参考例：

外観基準写真の作成に用いたりん青銅C5191-H材(板厚:0.3mm)の断面写真を解説写真1に、また、しわまたは割れの最大幅および最大深さの測定結果をそれぞれ解説表1および解説図1に示した。曲げ性を5段階基準にて判定したしわおよび割れの程度と、しわおよび割れの幅、深さの数値とが明瞭な関係にある。但し、この関係は、銅合金の種類、質別および板厚などにより変わりえる為、評価の方法としてはしわ、割れの幅及び深さをあくまでも参考値として扱うこととした。

基準	基準写真	倍率200倍
A.しわ無し		
B.しわ小		
C.しわ大		



解説写真1 断面基準写真（参考）

0.2mm

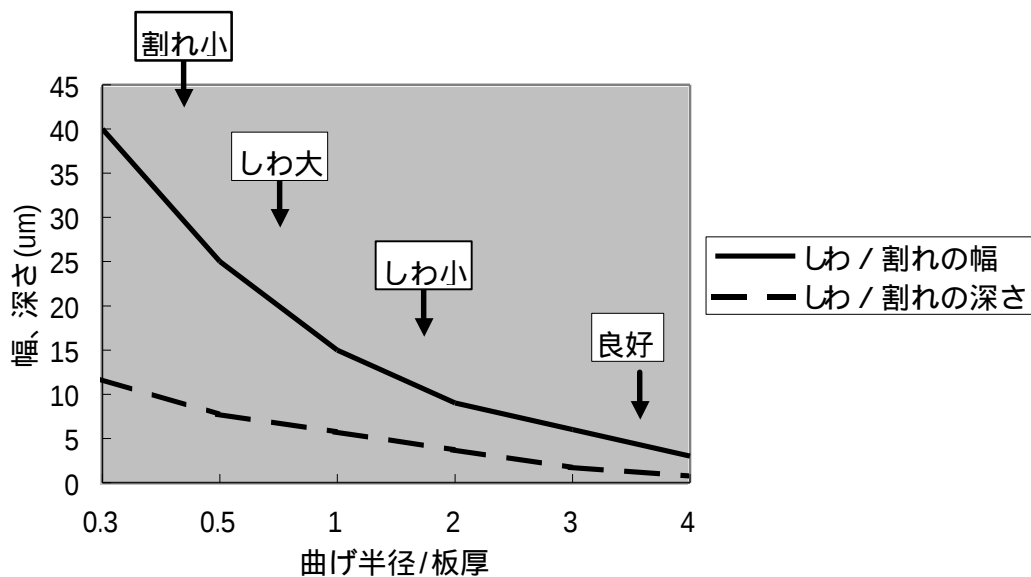
解説表1 各分類における割れ及びしわの（最大）幅、（最大）深さの参考値（ μm ）

分類	（最大幅）しわ / 割れの幅	（最大深さ）しわ / 割れの深さ
A：良好	10以下	5以下
B：しわ小	10～20	5～10
C：しわ大	20～30	5～10
D：割れ小	30程度	10以上
E：割れ大	30～100	10以上

* 試験片：C5191-H 0.3mm

* 引張り強さ = 623N/mm² 伸び = 16.8% 硬さ(Hv) = 207

* T.D.試験片を用いた Bad Way 曲げ試験による。



解説図 1 曲げ条件としわまたは割れの最大幅、最大深さとの関係（参考）

電子部品用銅合金標準化委員会
曲げ加工性評価方法原案作成専門委員会 構成表

委員長	株式会社神戸製鋼所 長府製造所 銅板製造部 製板室	川口雅弘(第1回～6回委員会)
	株式会社神戸製鋼所 長府製造所 銅板研究室	磯野誠昭(第7回～11委員会)
副委員長	三菱伸銅株式会社 開発センター	鈴木和彦
委員	三菱伸銅工業株式会社 開発センター	松本勝彦
	住友金属鉱山伸銅株式会社 三重事業所 品質保証室	大谷淳一
	同和鉱業株式会社 金属加工事業部 金属材料研究所	宇田岩男
		菅原 章
	日鉱金属株式会社 倉見工場 技術部 研究課	三宅淳司
	株式会社原田伸銅所 品質保証グループ	山中 登
	日立電線株式会社 システムマテリアル研究所 第一部	佐々木元
	古河電気工業株式会社 金属事業本部	徳永 新
	三井金属鉱業株式会社 圧延加工事業部	
	技術開発部 研究開発課	山崎周一
	三菱電気メテックス株式会社 製造統括部 技術部	栗田敏広
	ヤマハメタニクス株式会社 技術部 材料技術課	津金容造
		佐々木史明
事務局	日本伸銅協会 技術部	藤沢 裕

(社名 50 音順)