

ICリードフレーム用“YEF42”合金

“YEF42” Alloy for IC Lead Frames

日立金属株式会社では、ICリードフレーム材として、めっき性が良く、かつ打抜き加工やボンディング工程の際、変形の小さい材料を目標に表面形態と残留ひずみの低減に及ぼす製造工程上の因子について検討を行なった。その結果、金めっきの耐熱性と表面性状の関係、及び銀めっきふくれを起こす表面欠陥の減少に及ぼす製造上の管理ポイントが明らかとなった。また、条材の残留ひずみに及ぼすスリッピング条件とひずみ取り焼鈍の影響を調査し、加工性を害さずに残留ひずみを小さくする条件が判明した。その結果を製造工程にフィードバックし、高品位で安定した特性をもつ“YEF42”合金を生産するに至っている。

乾 勉* Tsutomu Inui
 佐々木 計* Hakaru Sasaki
 坂本大司* Daiji Sakamoto
 仙田嘉美** Yoshimi Senda

1 緒 言

ICリードフレームは、図1に示すような形状の金属製リボンで、ICチップのマウント部、ワイヤボンディング部、外部リード部及び連結部から構成されている。

リードフレーム材料の歴史をみると、IC初期には素子を外部環境から保護する外圍器にセラミックを使用したため、セラミックと熱膨張特性がよく一致するコバル合金(29Ni-17Co-Fe)が用いられた¹⁾。その後、パッケージの主流が樹脂モールドに移行したことをはじめ、ボンディング法の多様化、素子の高出力化、あるいはCo価格の高騰したこともあり、現時点では42合金(41Ni-Fe)と銅合金が約50%ずつ材料特性に応じて使い分けられている。大略、MOS(Metal Oxide Semiconductor)用には強度、熱膨張の面から42合金が、バイポーラには熱放散の点で銅合金が使用されている。

素材メーカーから出荷されたストリップは、図2に示すような工程を経て最終製品となるが、スタンピングあるいはIC製造メーカーから見たとき、(1)めっき欠陥を起こさない表面をもつ材料、(2)貴金属の高騰に伴いめっき厚みを減少させても、従来と同じ機能を果たすめっきが付く材料、(3)めっき前

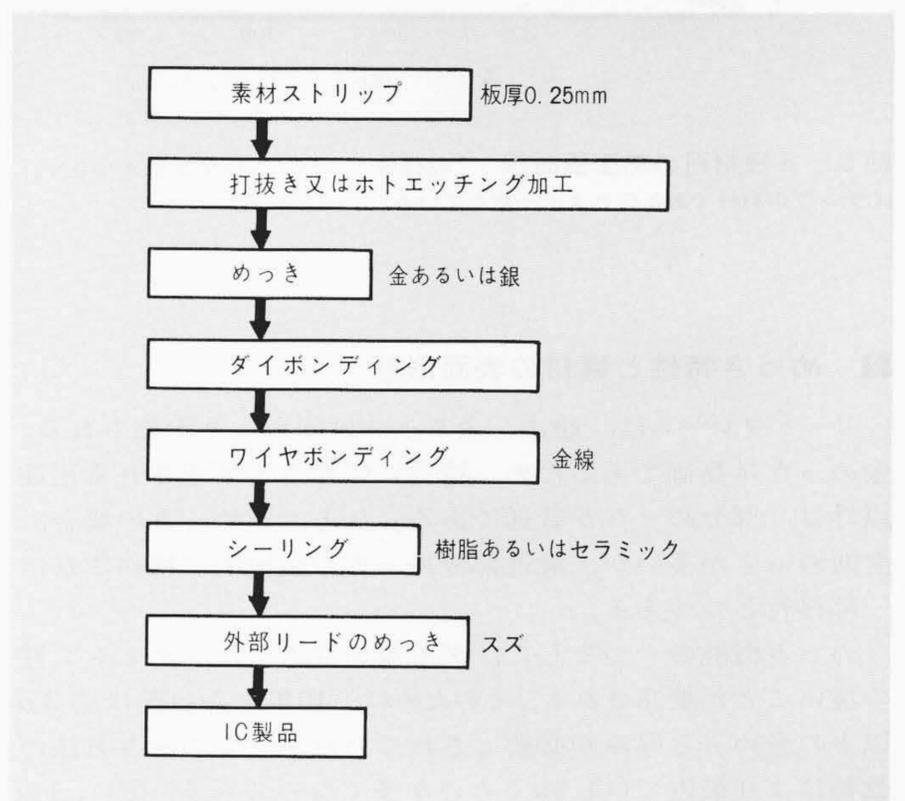


図2 ICリードフレーム材の工程 素材ストリップがリードフレームに成形され、ICに組み込まれて最終製品となるまでに至る工程を示す。

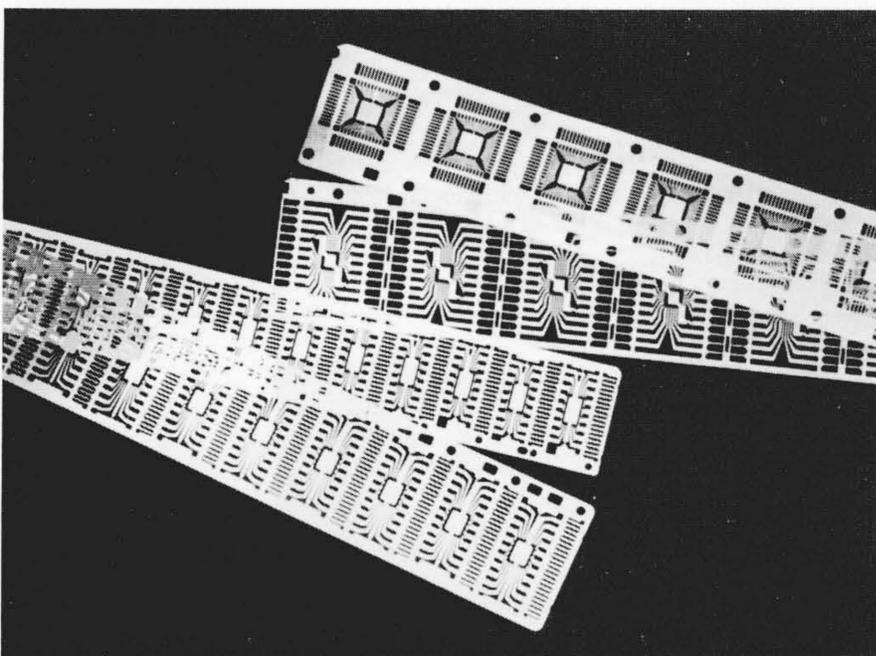


図1 リードフレームの形状(一例) リードフレーム中央の島部に、ICチップがマウントされる。

処理を簡略化しても、めっき性が良い材料及び(4)打抜き加工やパッケージング工程での局部加熱で変形を起こさない材料であることが要求される。

42合金自体は1930年代にガラス封着合金として開発された材料〔U.S. Pat. 2065404(1936)〕であるが、日立金属株式会社はリードフレーム用として上記要求項目に関連して表面性状と残留ひずみに着目し、“YEF42”合金の開発を行ない、現在溶解から冷間圧延まで一貫した品質管理のもとで生産するに至っている。

“YEF42”合金はキュリー点以下の温度で大きい正磁歪をもつため、熱膨張が小さく図3に示すようにICチップであるSiとほとんど同じ挙動を示す。そのため、チップはAu-Siの共晶合金法で直接リードフレームに強固に溶着することができる。表1に、“YEF42”合金の諸特性を銅合金を代表する194合金と対比して示す。

* 日立金属株式会社安来工場冶金研究所 ** 日立金属株式会社安来工場帯鋼工場

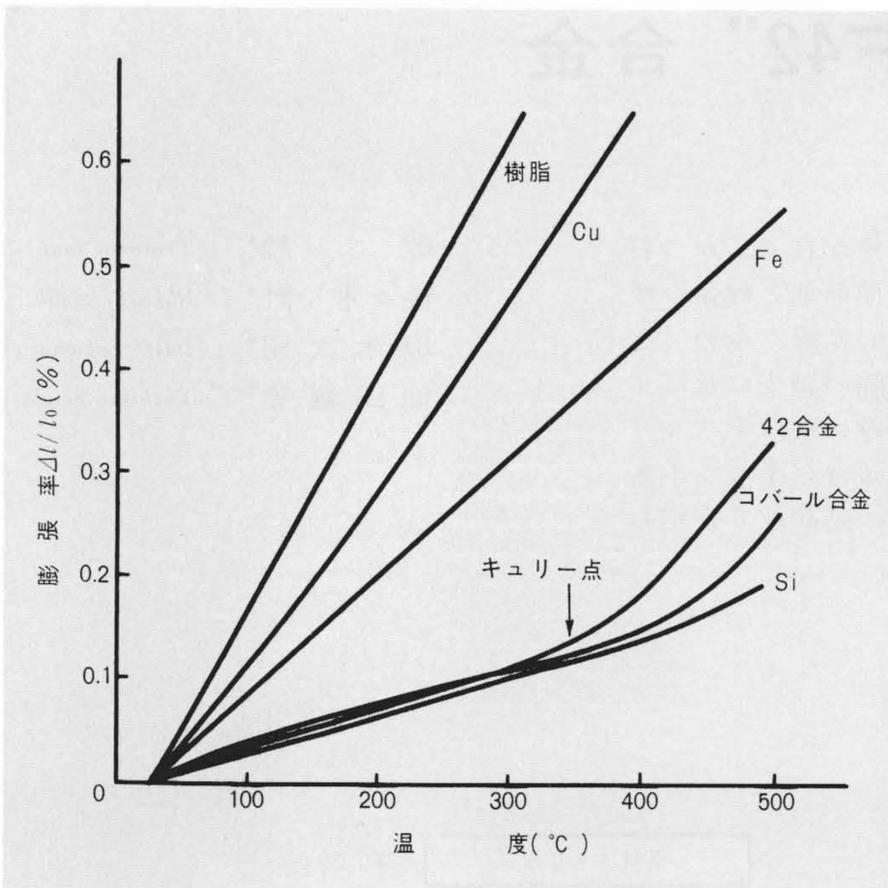


図3 各種材料の熱膨張曲線 42合金、コバル合金は熱膨張が小さく、ICチップの材料であるSiとよく一致している。

2 めっき特性と素材の表面形態

リードフレームは、通常、金あるいは銀めっきが施される。金めっきは高価であるため、特別に信頼性を要求される用途以外は、部分めっきが普通である。一方、銀めっきの場合、全面めっきが多いが、最近部分めっきが積極的に検討され、一部移行しつつある。

めっき機能の一つとして、ダイ及びワイヤボンディング性の良いことが要求される。そのために、10年ぐらい前は約3μ以上の金めっき厚みが必要とされていたが^{2),3)}、めっき方法の改善により最近では1.5μぐらいが多くなっている。更に、1μ以下でも同等の機能を果たすめっきが素材表面を含め検討されている。また、銀めっきの厚みも以前の7μぐらいから約半分ぐらいまで減少してきている。一方、めっき前処理の点からみると、以前は加工された材料の表面には、加工異常層や酸化物が形成されており、めっき性を害するものとして、例えば酢酸系の光沢酸洗液で表面層を1~2μ除去することが多かった。しかし、最近では環境問題を含めて、単純な酸処

表1 “YEF42”合金及びCA194合金の各種特性 “YEF42”合金は熱膨張が小さく高強度であること、銅合金は電気伝導が良いことが特長である。

特 性		“YEF42合金”	CA194合金
物理的性質	比 重	8.2	8.9
	固有抵抗 (μΩ・cm)	58	2.7
	平均熱膨張係数 (/°C) (30~300°C)	43×10 ⁻⁷	174×10 ⁻⁷
	変 移 点 (°C)	330	—
機械的性質	引張強さ (kg/mm ²)	65	45
	伸 び (%)	6	2
	ビッカース硬さ (l)	210	140
	降 伏 点 (kg/mm ²)	60	43

理だけで済ます事例も多く、めっき特性に及ぼす素材表面の影響はますます大きくなってきている。

2.1 金めっき性と素材表面

金めっきは42合金に対し密着性が非常に良く、外観上の欠陥であるめっきふくれ、はがれをほとんど生じない。主に機能面のボンディング性に関連して、めっきの耐熱性、すなわち大気中480°Cぐらいに加熱したとき、金めっきが変色しないことが要求される。

そのため日立金属株式会社は、耐熱性と素材表面性状の相関を調べるため、最終の焼鈍及び圧延条件を変え、図4に示すような表面をもつストリップを製造した。同図は典型的な事例を示したものであるが、試料Aは若干凹凸があり、結晶粒界が観察されるのに対し、試料Bは粒界が観察されない特徴を示す。これらの試料を脱脂、塩酸処理後1μの部分めっき(めっき液：テンペレックス702、温度：70°C、電流密度：5 A/dm²)を施し大気中加熱したところ、試料Aのめっきは黄金色のままであるのに対し、試料Bは茶色に変色してしまった。このときの金めっき表面、及び裏面の写真を表2に示すが、試料Aでは、地金の表面組織が転写された形態でめっきが付着しているのに対し、試料Bでは、粒状に付着している。そして加熱すると粒界が乱れ、同表で金めっき裏側の白く見える粒界部を分析するとFeが検出される。すなわち、42合金中の酸素と親和力の強いFeがめっき粒界を拡散して、表面で酸化したため変色を起こしたものである。したがって、素材表面としては試料Aのように、表面結晶粒が大きく、粒界が観察されるタイプが望ましい。また、めっき0.5μで実験した場合にも同様の結果が得られた。

日立金属株式会社はこのような表面はだが焼鈍条件(温度・

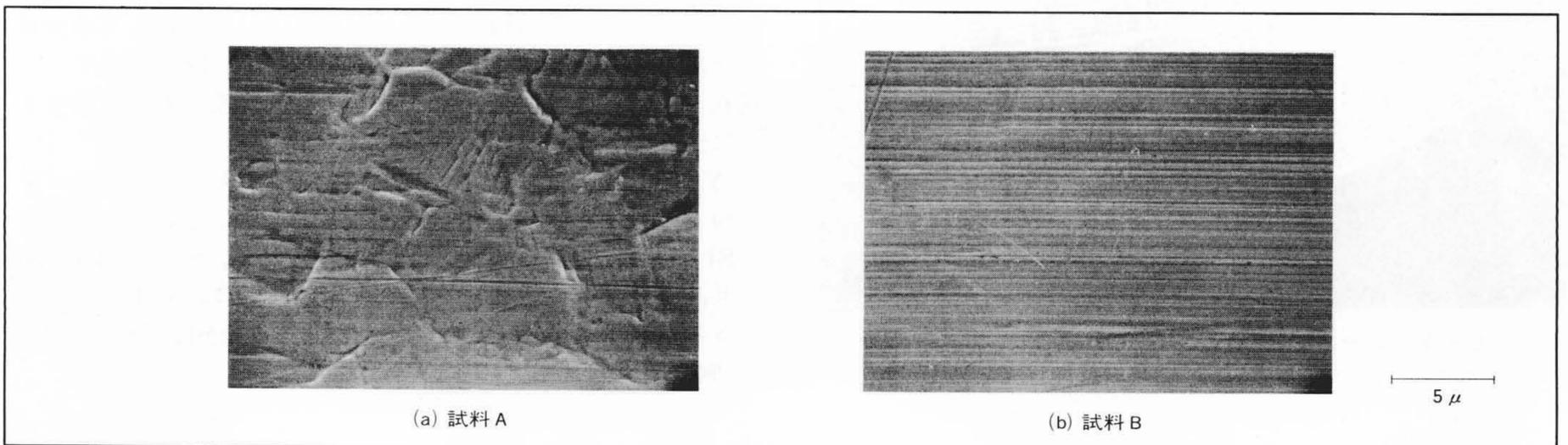
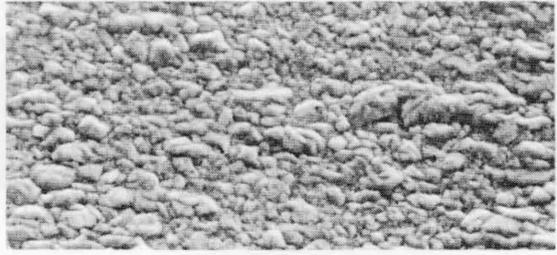
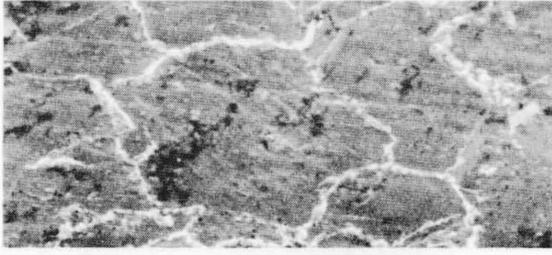
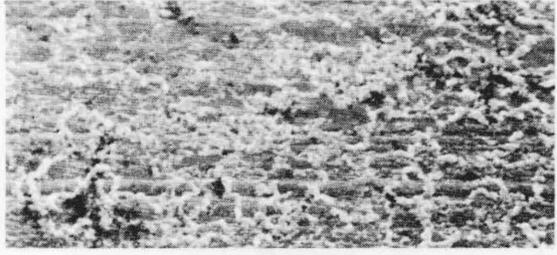


図4 供試材の表面形態 試料Aは結晶粒界が観察されるが、試料Bではそれが観察されない。

表2 金めっき表面及び裏面の形態(加熱: 480°C × 3 min 大気中)

試料Bは金めっきの粒子が細かく、加熱により酸化される面積比が大きい。めっき裏面の粒界の白い部分には、Feが検出される。

状態	観察部	試料	
		A	B
加熱前	金めっき表面		
	金めっき表面		
加熱後	金めっき裏面		

5 μ

時間・雰囲気露点)と圧延条件(ロール面粗度・圧延油・圧延速度など)の組合せで得られることを確認し、“YEF42”合金の製造にフィードバックしている。

2.2 銀めっき性と素材表面

銀めっきは下地銅めっきの上にめっきされるのが一般的であるが、金めっきに比べ密着性の点で劣っている。したがって、外観上の欠陥であるめっきふくれを生じやすい。これは、めっき後400~500°Cに加熱したとき、多くは直径0.05~0.1mmのふくれを生ずる現象である。原因としては、めっき前処理を含めためっき工程による場合も多い⁴⁾が、素材の表面欠陥に起因することも多い。

素材の表面欠陥は、(1)はがれ、かぶり、異物の付着及びすりきずのように外来的なもの、(2)材料内部に存在する非金属介在物が表面に出現するような材質的なものに分けられる。外来的なきずは熱間圧延後のスケール除去と冷間圧延・中間焼鈍サイクルの間に形成される。

日立金属株式会社は脱スケール方法、中間焼鈍条件、酸洗方法などを適切に組み合わせることによって、板厚0.25mmの最終製品に仕上げたとき、長さ50μ以上の外来きずを大幅に減少させることができた。一方、非金属介在物については、特殊精錬による真空溶解法を行なうことによって、“YEF42合金”の介在物レベルを極めて低く管理することが可能となっている。

3 フレームの変形と残留応力

打抜きあるいはホットエッチング加工のときの変形やICボンディング加工のときの変形は、材料の残留ひずみに起因する。

現在、ダイ及びワイヤボンディングはほとんど自動化され、しかも、高速化、多ピン化の傾向にあるため、リードフレームの形状、寸法に対する仕様はしだいに厳しくなっている。

3.1 スリッティングの影響

リードフレームに打抜き加工される条材は、通常板厚は0.25mmで、板幅は多様であるが、大体14~16ピンで25mm、24~28ピンで40mmぐらいである。そして、条材の残留ひずみに及ぼす因子としては、圧延条件を含めて数多く考えられるが、経験的にスリッティング条件が大きな影響をもつことが知られている。

最近、打抜きひずみに関してリードとチップを接着させるパッドとのコープラナリティ(同一面内性)を問題にするケースが多く、仕様のには板幅の5%以内が多いとみられる。そして、リードフレームでのコープラナリティは、条材でのディッシュ(板幅方向の極状曲り)とも相関がある。条材では、**図5**に示すようにエッチングで長手方向に沿ってスリッティングしたときの脚の広がり及び形状から定性的に評価できる。

スリッティング条件としては、(1)クリアランス、(2)ラップ量、(3)板押えの有無、(4)切断速度、(5)カッタ材質と刃先形状などが挙げられる。条材のディッシュは、これらの条件によって変化する。例えば、**図6**に示すようにディッシュを最小にするために、クリアランスを狭い範囲で管理しなければならない。

3.2 ひずみ取り焼鈍の影響

圧延及びスリッティング条件をかなり厳重に管理しても、残留ひずみの分布にある程度の不均一性は避けられず、特に幅40mm以上の多ピンで問題となる。そのため、仕様によっては更にひずみ取り焼鈍を行なって、ひずみを低減させる必要がある場合がある。

残留ひずみをX線による(311)面の半価幅、及び**図5**のようにスリットしたときの最大そり(カール量)で表わしたとき、残留ひずみは焼鈍温度によって**図7**に示すように変化する。条材の硬さは打抜き性からビッカース硬さで190以上が一般

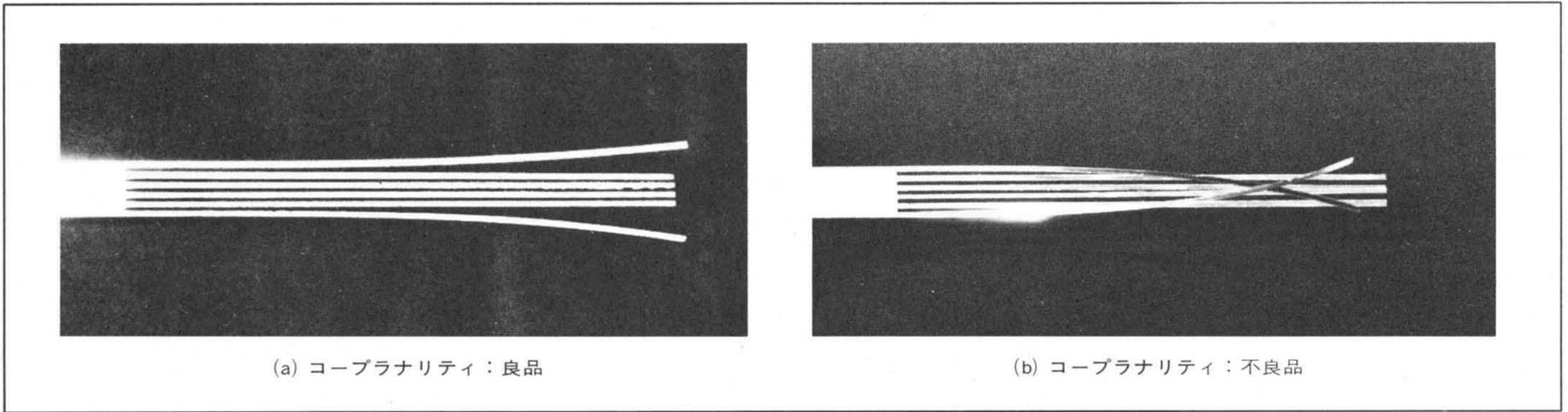


図5 エッチングによるスリット品の形状と打抜きひずみの関係(板厚0.25mm×幅25mm) スリット品の両端の脚が内側に曲がるものは、打抜き後のコープラナリティが悪い。

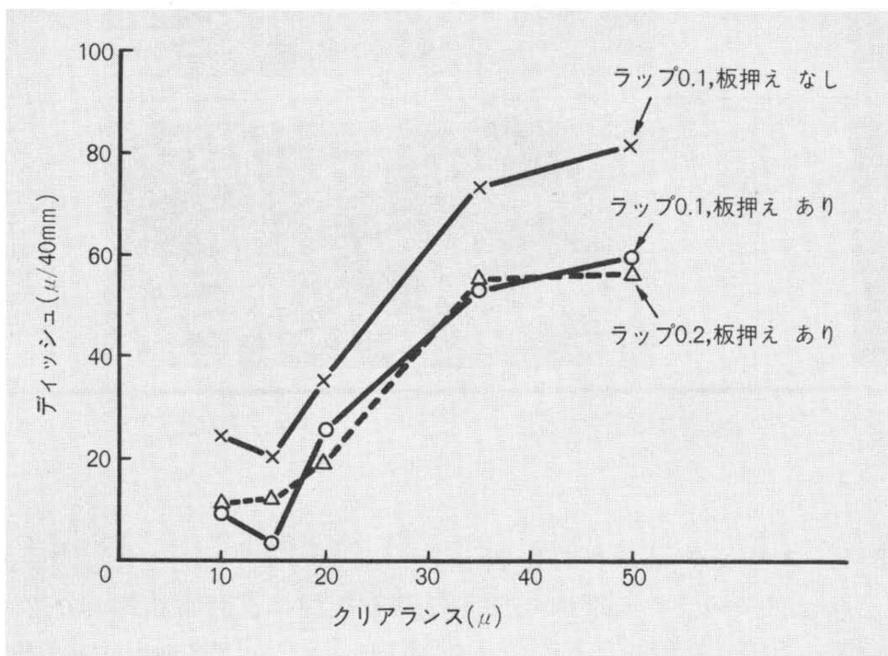


図6 クリアランスとディッシュとの関係 ディッシュには、ラップや板押えの有無よりもクリアランスの影響が大きい。

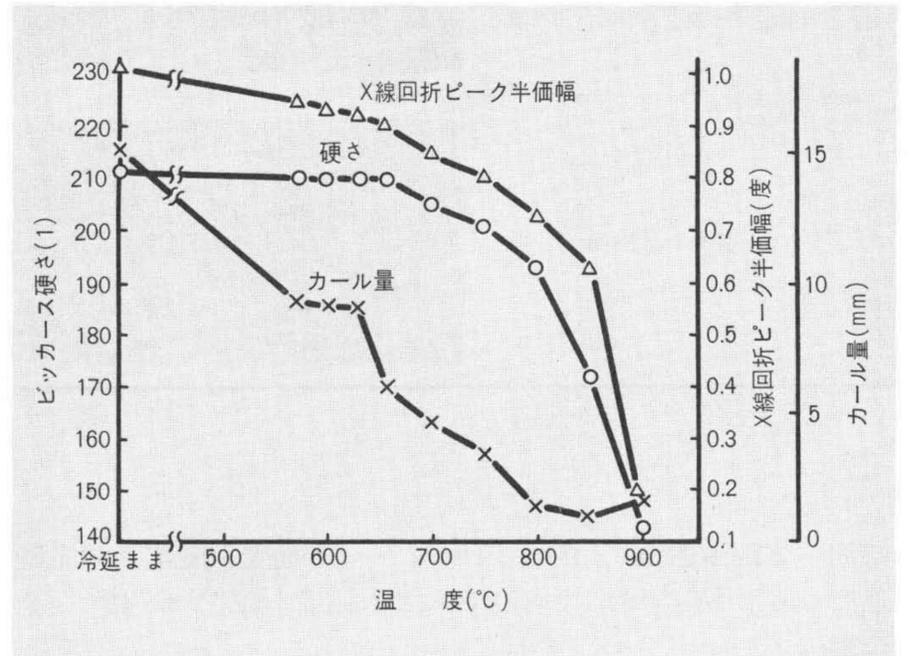


図7 ひずみ取り焼鈍温度と残留ひずみ、硬さとの関係(加熱保持時間: 2 min) 適切なひずみ取り焼鈍を行なうことにより、硬さを下げずにカール量を減らすことができる。

的に要求されており、硬さと残留ひずみの低減度合から焼鈍温度の設定を行なっている。

“YEF42”合金は、特に、(1)「HCミル」*1)による仕上圧延条件、(2)スリッティング条件及び(3)ひずみ取り焼鈍条件を管理することによって残留ひずみが小さく、しかも均一となっている。

4 製造工程と品質管理

リードフレーム材として要求される特性を安定して得るためには、各製造工程で厳しい品質管理が必要である。以下特に重要な溶解と冷延工程の管理ポイントについて述べる。

(1) 溶解

“YEF42”合金は2枚はがれのような重大欠陥を防止するため、精選された原料を真空誘導炉で特殊精錬し、極めて低い介在物品位に管理している。また、熱膨張係数のばらつきを最小に抑えるため、多元素同時分析装置で炉中分析を行ない、成分を厳重に制御している。

(2) 冷延工程

表面欠陥及び残留ひずみの低減に対する製造上のポイント

については、2、3章で報告したので、ここでは検査について述べる。表面欠陥は従来目視によっていたが、現在ではレーザーによる自動化を検討している。また、残留ひずみについては、特にディッシュ、カール、蛇行にポイントをおいて管理している。

5 結 言

めっき性と表面形態及び残留ひずみの低減に対する製造工程因子の影響を調査し、“YEF42”合金の生産にフィードバックすることができた。得られた主な事柄は以下に述べるとおりである。

- (1) 金めっき厚みの低減に対し、表面に結晶粒界が観察される材料は耐熱性が良く、焼鈍及び仕上圧延条件の影響が大きい。
- (2) 銀めっきふくれの原因となる表面欠陥は、脱スケール法、中間焼鈍及び酸洗方法の組合せで大幅に低減できる。
- (3) 残留ひずみはスリッティング及びひずみ取り焼鈍条件の組合せで、打抜き加工性を害さずに低減できる。

参考文献

- 1) 鈴木：電子材料, 10, 154 (1971-8)
- 2) 浅香：ボンディング技術, p.73 日刊工業新聞社 (1970-3)
- 3) 本多, 外：電子材料, 11, 152 (1972-12)
- 4) 本郷：表面処理ジャーナル, 2, 12 (1970-11)

*1) HCミル (“Hitachi High Crown Control Mill”)