

プレス性改善材 EFTEC®-64T-C

EFTEC®-64T-C Alloy with Improved Stampability

平井 崇夫*
Takao Hirai

栗原 正明*
Masaaki Kurihara

江口 立彦*2
Tatsuhiko Eguchi

吉村 考史*2
Takafumi Yoshimura

概 要 リードフレーム用銅合金 EFTEC®-64T のプレス性改善材 EFTEC-64T-C を開発した。本報では、プレス打ち抜き加工性改善の考え方と、開発合金のプレス性をはじめ各種特性を従来合金と比較し解析した結果について報告する。

EFTEC-64T-C は、プレス打ち抜き性を改善するために、微量 Si を添加し、サブミクロン～ミクロンレベルの Cr 又は Cr-Si 化合物の析出物を析出分散させる手法を採用し、EFTEC-64T と比べて大幅な打ち抜き性改善を達成したプレス専用材である。その他主要な特性は、基本的に EFTEC-64T と同等であり、最近の QFP, TQFP, TSOP などのパッケージに好適に使用できる。

1. はじめに

1999 年度の半導体市場は、98 年度の谷を脱し、各社大幅に生産量を増やしている。市場的に伸びているのは、携帯電話に代表される小型情報端末であり、これら機器には、CSP などのリードフレームを使用しないタイプのパッケージが使用されている。これらハイエンドタイプの半導体実装方式がエリアレイ化するに伴い、リードフレームを使用するパッケージの動向は高信頼性と低廉化に集約されてきている。リードフレームを使用するパッケージの低廉化は、プレス加工で製造されるフレームの比率を高め、結果として、プレス性の劣る素材はリードフレーム市場の中での大幅なシェアアップは困難な状況になりつつある。

当社の主力リードフレーム材 EFTEC-64T は、優れた特性バランスから、高信頼性リードフレーム材として認知され、QFP, SOP などの市場で多く用いられている。QFP, SOP は今後も数量が拡大していくため、EFTEC-64T の需要も増加していくと思われる。しかしながら、EFTEC-64T はプレス打ち抜き加工性に劣り、スタンピング加工メーカーからは、打ち抜き性改善が強く望まれていた。

このような背景下、EFTEC-64T の特性バランスを継承しつつ、EFTEC-64T の打ち抜き性の改善を図るべく、検討を行ってきた。

平成 8 年には、プレス性改善材 EFTEC-64TC を開発したが²⁾、改善効果は充分で無く、更なる改善が必要であった。

2. プレス性改善の考え方

プレス打ち抜きは、金属学的な観点からは、せん断加工による破壊現象と捉（とら）えることができ、より破壊し易（やす）い材料へと改質する必要がある。

今回の開発においては、破壊の起点となる分散物を銅マトリックス中に分散させることによって、打ち抜き性を改善することを目指し、検討を行った。

先に開発した EFTEC-64TC は、Pb を微量添加することによって打ちぬき性改善を図っている。Pb は銅中には殆（ほとん）ど固溶せず、添加したほぼ全量が晶出物として銅マトリックス中に分散する。このように、晶出物を分散させる手法は、分散量を添加量のみでしか制御することが出来ない点と、基本的に分散物のサイズが制御不可能である点から、より一層の打ち抜き性改善には不適であると判断した。

今回の開発においては、EFTEC-64T に含まれる Cr に着目し、更に微量の Si を添加することによって、Cr 又は Cr-Si 化合物を析出分散させる手法を採用した。

通常の EFTEC-64T にも析出強化相としての Cr 析出物は存在しているが、そのサイズは数ナノメートルであり、このサイズの析出物では EFTEC-64T の例から明らかなように、打ち抜き性改善に寄与しないと言える。

破壊の起点として有効に作用するには、少なくともサブミクロンからミクロンレベルのサイズが必要であり、有効なサイズの分散物を適量分散させなければならない。

EFTEC-64T-C では、その製造条件を最適化することでこれを実現し、プレス打ち抜き性を向上させている。

プレス性改善に寄与する析出物の分散状態の代表的な観察写真を写真 1 に示す。写真 1 は $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ で 30 秒浸漬溶解後の表面状態を SEM で観察した結果であり、EFTEC-64T と比較して示した。

* メタル総合研究所 第一研究部

*2 金属カンパニー 日光伸銅工場 生産技術部 生産技術課

3. 特性評価項目

プレス打ち抜き加工性のほか、リードフレーム材に要求される一次、二次特性の評価を行った。

主要な特性の評価方法は、既報に記述しており、省略する。ここでは、プレス打ち抜き加工性の評価方法、Agメッキ加熱膨れ性の評価方法のみを説明する。

3.1 プレス打ち抜き加工性

古河精密金属工業（株）所有の64ピンQFP金型を使用し、10,000ストロークのプレスを行い、プレス後のフレームにて打ち抜き破面の状態を観察した。比較材として、通常のEFTEC-64Tも同様の評価を行った。

3.2 Agメッキ性評価

供試材を前処理した後、シアン浴にてAgストライクメッキ0.1 μm 、その上に5 μm 厚のAgメッキを施した。Agメッキ後、大気中400℃及び450℃で10分間加熱処理し、加熱後のAgメッキ表面を実体顕微鏡で観察し、膨れの有無を確認した。

メッキ前の前処理は、表面溶解無しと表面溶解の二種類で試験した。表面溶解無しは、 H_2SO_4 にて酸洗を行うのみであり、表面溶解有りは、 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ にて0.1 μm の表層を溶解した。

4. 合金特性

4.1 プレス打ち抜き性

リードフレームのピン数の増加や、フレームのマトリックス化により、近年のリードフレームのプレス打ち抜きは益々（ますます）高度な技術が必要になってきている。特に多ピンフレームでは、インナーリードの位置精度への要求が厳しく、粗大なバリの発生や、リードの捻（ねじ）れや横方向へのシフトを極力抑えることが重要である。スタンピングメーカーの素材への要求は、バリ発生量が少ないこと、打ち抜き時に銅粉が発生しないこと、金型のクリアランス変化などに対して許容範囲が広いことなど多岐に渡っている³⁾。

打ち抜き後フレームのインナーリード先端をSEM観察した結果を写真2に示す。写真から明らかなように、EFTEC-64Tは靱（じん）性に富むため、せん断面が長く伸び、板厚中に占める破断面の比率は極度に小さくなっている。対してEFTEC-

64T-Cは破断面の比率も高く、せん断部/破断部の境界も鮮明かつ直線的であり、良好な破面形状を示している。また、写真中の矢印で示したように、バリの発生量も大幅に低減している。

また、10,000ストロークプレス時の金型内の銅粉発生や、金型クリアランスが変化したときの破面の安定性も大幅に改善されており、C194合金と比べても同等以上である。このように、EFTEC-64T-Cは近年の厳しいプレス打ち抜き加工にも充分に適応できる。

4.2 物性

EFTEC-64T-Cの物性を、EFTEC-64Tと比較し表1に示した。

EFTEC-64T-Cはプレス打ち抜き性改善のため、Siを微量添加している。その他の物性は、EFTEC-64Tと同等である。

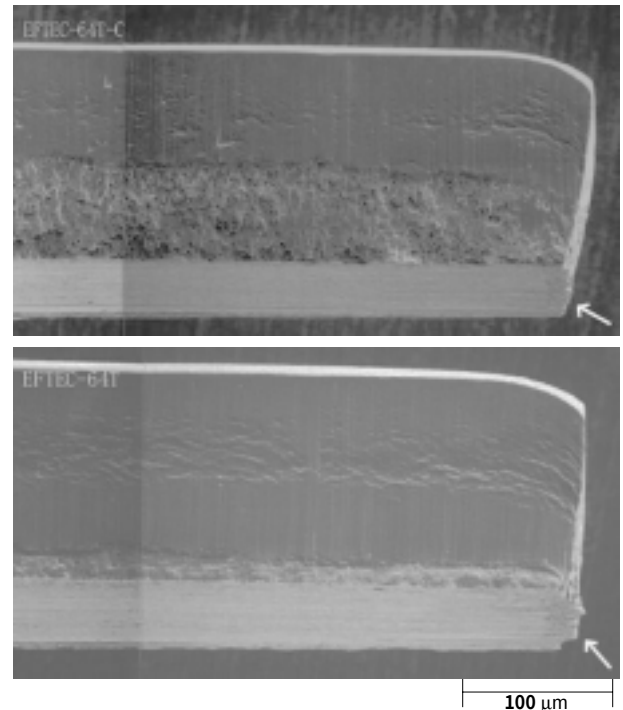


写真2 打ち抜き加工後の破面
Fractured surfaces after stamping

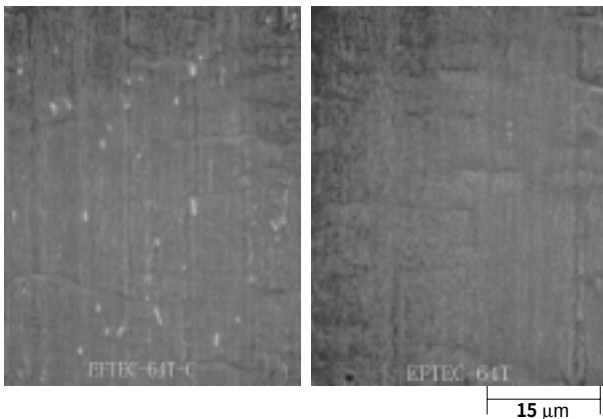


写真1 酸溶解後の表面状態（SEM観察）
SEM photographs of etched surface conditions

表1 化学組成と物理的特性

Chemical composition and physical properties

	EFTEC-64T-C	EFTEC-64T
化学組成 wt%	0.25~0.35Cr 0.23~0.27Sn 0.18~0.26Zn 0.01~0.04Si	0.20~0.30Cr 0.23~0.27Sn 0.18~0.26Zn
融点 K	1354	1354
熱膨張係数 /K	17.0×10^{-6}	17.0×10^{-6}
熱伝導率 W/(m・K)	301	301
体積抵抗率 $\mu\Omega \cdot \text{m}$	0.023	0.023
透磁率	1.000012	1.000012
比重	8.9	8.9
縦弾性係数 N/mm ²	127000	127000

4.3 機械的特性

EFTEC-64T-Cの機械的特性を、EFTEC-64Tと比較して、表2に示した。

EFTEC-64T-Cはプレス打ち抜き性を改善するため、伸びを若干小さくしている。その他の機械的特性は、EFTEC-64Tと同等である。

4.4 曲げ加工性

表3には90°W曲げ試験の評価結果を示した。

EFTEC-64T-Cの伸びは、EFTEC-64Tよりも小さいものの、曲げ加工性に両者の差は認められなかった。板厚以下の半径での曲げ加工が可能であり、良好な曲げ加工性を示している。

4.5 スプリングバックの異方性

90°V曲げ加工後のスプリングバック量を図1に示す。Bad WayよりGood Way曲げのほうがスプリングバック量は僅（わず）かに大きいですが、Good Way, Bad Wayの差は1°以内と異

表2 機械的特性
Mechanical properties

	EFTEC-64T-C 1/2H	EFTEC-64T 1/2H
引張り強さ N/mm ²	490~588	490~588
伸び %	≥5	≥10
硬さ Hv	160~195	160~195
導電率 %IACS	≥71	≥71

表3 90°W曲げ加工性評価結果
90°W-Bending formability

試料 板厚:0.15 mm, 板幅0.4 mm

	方向	曲げ半径 R(mm)				R/t
		0	0.1	0.15	0.2	
EFTEC-64T-C	G.W.	C	B	B	A	0
	B.W.	D	B	A	A	0.7
EFTEC-64T	G.W.	C	B	B	A	0
	B.W.	D	B	A	A	0.7

評価基準 A:良好 B:しわ小 C:しわ大 D:クラック小

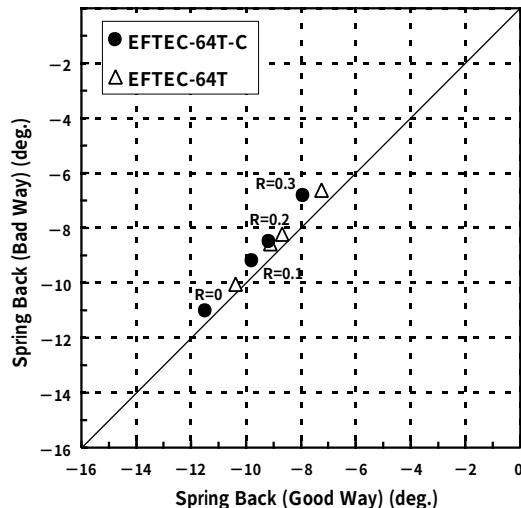


図1 曲げ成形におけるスプリングバックの異方性
Anisotropy of spring back in the bend-forming

方性は小さく、QFPなどのパッケージに好適に使用できる。また、EFTEC-64Tと比較しても、同等の特性を示しており、EFTEC-64TからEFTEC-64T-Cに切り替えた場合にも、同等の曲げ角度を確保できる。

4.6 耐熱性

リードフレーム材には、リードフレームの製造中やパッケージ組立て中に加わる熱によって、極度に軟化が生じない程度の耐熱性が要求されている。これら工程中に加わる熱は、高く450℃、時間にして数秒～数分であることが多く、この範囲での耐熱性を調査した。結果を図2に示す。

EFTEC-64T-Cの短時間等温軟化特性は、EFTEC-64Tと同等であり、優れた特性を示している。ただし、450℃を超える温度で30分の長時間処理を行った場合には、EFTEC-64Tよりも軟化し易い傾向にあり、特にプレス後の歪（ひずみ）取り焼鈍を施す場合には、EFTEC-64T-Cに合った条件を見出す必要がある。

4.7 Agメッキ性

通常リードフレームには、インナーリードへのAgメッキ、アウターリードへの半田メッキが施されるが、特にAgメッキにおいて、膨れなどメッキ不良が発生すると、ワイヤーボンディング時に重大な故障を来す恐れがある。過去、種々の合金において、銅母相中に存在する介在物がAgメッキ性を低下させた例があり^{4),5)}、Agメッキ性へ与える析出物の影響は重要な評価項目である。2章で述べたとおり、EFTEC-64T-Cの組織中にはサブミクロンからミクロンレベルの析出物が多数存在しており、メッキ前の前処理によって、それら析出物が表面に露出する場合があり、これらCr系化合物のAgメッキ性への影響を調査した。

表4に結果を示す。EFTEC-64T-Cは、何（いず）れの前処理によっても、Agメッキの加熱膨れは認められず、EFTEC-64T同様優れた特性を示している。

このことから、母相中に存在するCr又はCr-Si化合物の析出物は、実用上Agメッキ性に悪影響を及ぼさないとと言える。

4.8 酸化膜密着性

パッケージ製造工程中、エポキシ樹脂とダイパッドで剥離

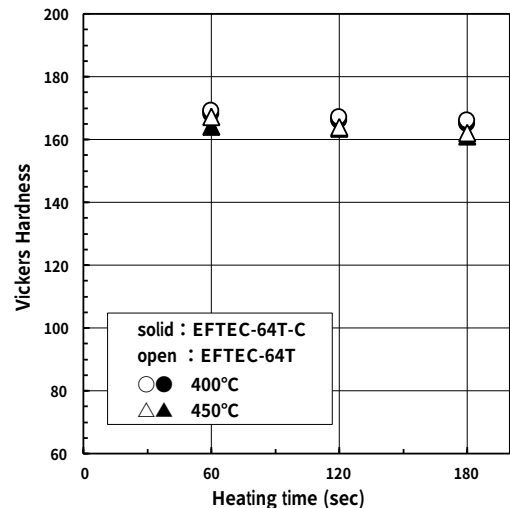


図2 短時間等温軟化特性
Isothermal softening behaviors in short time

表4 Agメッキ加熱膨れテスト結果
Results of heat-blister tests of the Ag-plate

前処理	条表面溶解無し (酸洗のみ)		表面溶解 0.1 μm	
Temp.(°C ×10 min)	400	450	400	450
EFTEC-64T-C	A	A	A	A
EFTEC-64T	A	A	A	A
C194	A	A	A	A
C7025	A	B	B	C

前処理 表面溶解無し…H₂SO₄

表面溶解 …H₂SO₄+H₂O₂

Agメッキ 5 μm-Agメッキ シアン浴

評価 A: 膨れ無し B: 膨れ少 C: 膨れ多数

表5 テープ剥離試験による酸化膜の密着性の比較
Comparison of adhesiveness of oxide scale by tape peeling test

合金		64T-C			64T			C194		
加熱時間 (分)		1	3	5	1	3	5	1	3	5
加熱温度 (°C)	200	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	250	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	300	A	A	A	A	A	A	A	B	B
	350	A	B	B	A	B	B	B	B	B
	400	B	C	C	B	C	C	B	C	C

評価基準 剥離面積 A: 0% B: <10% C: <50% D: >50%

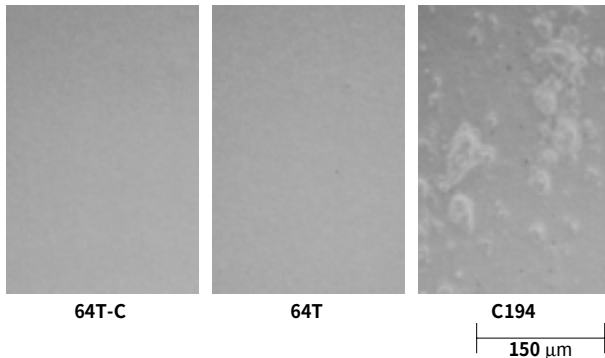


写真3 半田めっき加熱後（170℃×100 hr）表面性状
Solder-plate surfaces conditions after aging

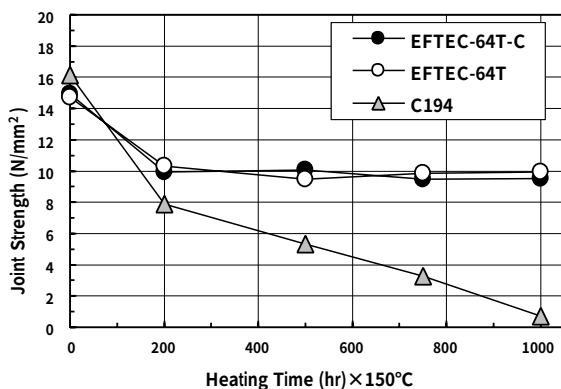


図3 半田接合強度の加熱経時劣化（150℃）
Aging behavior of solder joint strength

（はくり）するいわゆるデラミネーションは、一般にリードフレーム基材の酸化膜密着性が関与していると考えられている⁹⁾。EFTEC-64Tは酸化膜密着性の良い合金であるが、EFTEC-64T-Cでは、酸化性のSi元素を含んでおり、本特性への影響が懸念される。

テープ剥離試験により評価した結果を表5に示す。Siの影響は確認できず、EFTEC-64T-Cの酸化膜密着性は、EFTEC-64T同様優れている。

4.9 外装半田メッキ性

外装半田メッキ性として、条表面をH₂SO₄+H₂O₂溶液で酸洗後に半田メッキを施し、170℃×100時間加熱処理後の表面性状を観察した。結果を写真3に示す。

比較材として評価したC194では、加熱処理後に多数のノジュールが確認された。EFTEC-64T-C、EFTEC-64Tでは、加熱前後でメッキ状態に変化は認められず、良好な特性を示した。

4.10 半田接続信頼性

半田接続部の経時劣化を調査するため、150℃大気中最大1000時間加熱後の半田接続強度を測定した。結果を図3に示す。

EFTEC-64T-Cの半田接続強度変化は、比較材として示したC194合金よりも優れた特性を示し、半田接続部の信頼性も高いと言える。

5. おわりに

EFTEC-64T-Cの特性についてまとめる。

- 1) 従来のEFTEC-64Tの優れた特性バランスを損なうことなく、プレス打ち抜き性を大幅に改善したEFTEC-64T-Cを開発した。
- 2) 本合金は、破断面の安定性、バリの発生量、金型クリアランスとの感受性、打ち抜き加工時の銅粉発生において、従来のEFTEC-64Tより優れており、C194同等以上の打ち抜き加工性を示す。
- 3) 曲げ加工性、Agメッキ性、半田付け性などは、EFTEC-64Tと同等優れた特性を示す。
- 4) プレス性に優れたEFTEC-64T-Cはより安価なリードフレーム製造に貢献でき、最近のQFP、TQFP、TSOPなどのパッケージに好適に使用できる。

参考文献

- 1) 大山好正，谷川徹，他：電子機器用銅合金EFTEC-64及び64Tの特性，本誌，80，（1987），111。
- 2) 江口立彦，平井崇夫，他：高性能電子機器用銅合金EFTEC-64TCの特性，本誌，99，（1996），9
- 3) 原田，飯島：リードフレームスタンピング加工から見た伸銅材への要望，伸銅技術研究会誌，32，（1993），22
- 4) 磯野誠昭，中島安啓，他：銀めっきの局所析出に及ぼす銅合金中の不純物元素の影響，伸銅技術研究会誌，35，（1996），52。
- 5) 森哲人，鈴木竹四，他：銅合金における銀めっき突起物発生調査，伸銅技術研究会誌，38，（1999），234。
- 6) Chai Tai Chong, Alan Leslie: Investigation on the Effect of Copper Leadframe Oxidation on Package Delamination, ECTC, 45, (1995), 463.