

端子・コネクタ用銅合金 EFTEC[®]-97 の開発

High Performance Copper Alloy EFTEC[®]-97 for Connectors and its Properties

宇佐見隆行*

Takayuki Usami

平井崇夫*

Takao Hirai

栗原正明*

Masaaki Kurihara

大山好正*²

Yoshimasa Ohyama

江口立彦*³

Tatsuhiko Eguchi

概要 パソコンや携帯電話など、IT関連商品の外部機器接続用や基板接続用の小型コネクタに好適な新合金 EFTEC-97 を開発したので、その性能について報告する。EFTEC-97 はコルソン系合金 (Cu-Ni-Si 系) であり、高強度かつ中導電性といった強度と導電率のバランスの取れた合金である。また Zn, Sn, Mg の添加により、メッキ性、耐力緩和特性、バネ性、曲げ加工性等に優れた性能を示し、従来から使用されているリン青銅 (CDA: C52100) やベリリウム銅 (CDA: C17530) の代替が可能である。

1. はじめに

近年、パソコンや携帯電話などの IT 関連商品の需要が爆発的に増大し、そこで使用されているコネクタも増加の一途をたどっている。

これらコネクタには小型化・高密度化が求められ、また導電性の向上も要求されつつある。そこでコネクタ用材料としては、強度・導電性・加工性・バネ性等に優れることが要求され、信頼性の面からは耐力緩和特性、耐熱性も重要な特性である。また、有害元素による環境への影響も考慮する必要がある。

従来、これら電子機器用のコネクタにはリン青銅 (CDA: C52100) が多く用いられてきたが、最近ではベリリウム銅 (CDA: C17530) の使用量が増大しつつある。これは、部品の小型化により今まで以上に強度、バネ性、耐力緩和特性が必要となり、リン青銅では対応できなくなりつつあるためである。しかしこのベリリウム銅は高価であり、全体の生産量もさほど多くないことから供給難という問題が起こっている。またベリリウムの環境への影響を気にするメーカーも多く、ベリリウム銅代替材の開発が望まれている。

このような市場の要求に応えるべく、強度、導電性、バネ性、耐力緩和特性、耐熱性、環境性等に優れた、端子・コネクタ用新合金 EFTEC-97 を開発したので、その特性について報告する。

2. EFTEC-97 の開発コンセプト

EFTEC-97 は Cu-Ni-Si 系合金 (コルソン系合金) を基本としている。この Cu-Ni-Si 系合金は、高強度でありながら中導電性を示すという強度と導電性のバランスに優れた合金系である。更にこの合金系に副成分として、Zn, Sn, Mg を添加することでメッキ性や耐力緩和特性の向上を計っている。また、添加元素に関しては環境問題を考慮して選択している。その基本成分を表 1 に示す。

また、工程条件を変更することで、曲げ加工性が重視される質別から強度が重視される質別まで、複数の質別をラインアップしている。これにより、リン青銅からベリリウム銅まで各種合金の代替が可能となっている。

3. 特性評価項目及び評価方法

コネクタ材に要求される特性としては、強度や導電率以外にも、バネ性や曲げ加工性、耐熱性などが要求される。更には、信頼性の面からは耐力緩和特性やメッキ性、疲労特性が、また、耐環境性の面からは耐マイグレーション性や耐力腐食割れ性 (耐 SCC 性) 等が要求される。これらの特性について、C17530, C52100 との比較評価を実施した。各評価方法について以下に示す。

3.1 強度

JIS Z2241 に準じ、島津製作所製オートグラフ (AG-10TD) による引張試験を行った。試験片は JIS 5 号を使用し、引張試験の条件は、標点距離 50 mm、引張速度 10 mm/min である。

3.2 導電率

JIS H0505 に準じて測定した。試験片は圧延方向に平行に採取 (幅 10 mm、長さ 145 mm) し、室温にてダブルブリッジ法により測定した。

* メタル総合研究所 第一研究部 電子材料グループ

² メタル総合研究所 第一研究部

³ 金属カンパニー 日光伸銅工場 生産技術部 生産技術課

表1 化学組成と物理的特性
Chemical composition and physical properties

		EFTEC-97	C17530	C52100
化学組成 Chemical Composition	mass%	Cu-2.3Ni-0.55Si -0.5Zn-0.15Sn-0.1Mg	Cu-2.1 (Ni + Co) 0.3Be	Cu-8.0Sn-P
熱膨張係数 Coeff. of Thermal Expansion	$\times 10^{-6}/K$ (20 ~ 300)	17.7	17.6	18.2
熱伝導度 Thermal Conductivity	W/m · K	170	170	63
導電率 Electrical Conductivity	% IACS (at 20)	40	40	13
縦弾性係数 Modulus of Elasticity	GPa	132	127	110
密度 Density	g/cm ³	8.8	8.7	8.8

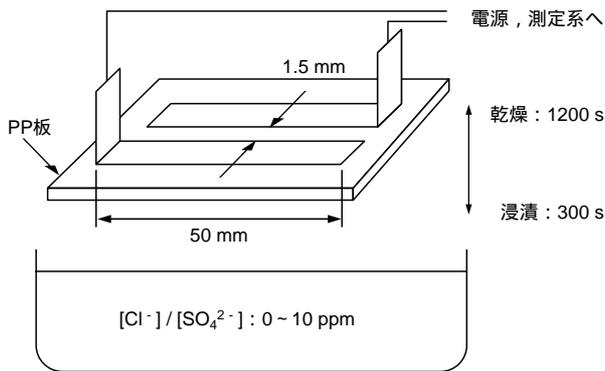


図1 マイグレーション実験設備
Schematic diagram of migration test method

3.3 バネ性 (バネ限界値)

アカシ製バネ限界値試験機 (APT) を用い、モーメント式にて測定した。

3.4 曲げ加工性

電子機器用途のみならず自動車用途も考慮に入れ、180°曲げ (密着曲げ)、90°V曲げ、90°W曲げを行った。

試験片の幅 (W) は0.44 mm、厚さ (t) は0.2 mmとした。また、曲げ半径 (R) は0 ~ 0.3 mmまで0.1 mm間隔で変更した。

評価は曲げ部分外側の表面をSEM観察し、良好 (A)、軽微なシワ (B)、シワ大 (C)、軽微なクラック (D)、クラック大 (E) までの5段階に区別し、C評価までの最小曲げ半径 (R) と板厚 (t) の比を R/t として定義した。この R/t の値が小さいほうが曲げ加工性に優れる評価となる。

3.5 耐熱性

ソルトバスを用いて300 ~ 800 で30分加熱後水冷し、JIS Z2244に準じ松沢製ピッカース硬度計により硬さの変化を測定した。硬度測定は、荷重300 gf (15 sec保持) で行った。

3.6 耐力緩和特性

日本電子材料工業会標準規格 (EMAS-3003) に基づいて行った。耐力の80%の負荷応力をかけ、150 のエアバス中に最長3000時間まで曝露 (ばくろ) し、一定時間毎の応力緩和率を算出した。

3.7 疲労特性

JIS Z2273に準じ、薄板バネ疲労試験を行った。両振り2 mmとし、表面最大応力を300, 400, 500 MPaとしたときのそれ

ぞれの破断までの回数を測定した。

3.8 耐マイグレーション性

図1¹⁾に示すように、試験片を幅10 mm長さ50 mmに切り出しPP板上に1.5 mm間隔で配置した。これに5 Vの直流電圧を印加し、塩素イオン又は硫酸イオンを10 ppm含んだイオン交換水中に300秒浸漬しその後乾燥を1200秒行うというサイクルを繰り返し、試験片間に流れたリーク電流を測定した。試験時間は6時間までとし、この間の最大リーク電流により比較を行った。なお、試験片は前処理としてアルカリ性電解脱脂、10%硫酸による酸洗を行った。

3.9 耐力力腐食割れ性

幅10 mm、長さ200 mm、厚さ0.2 mmの試験片に100 MPa及び200 MPaの引張荷重をかけ、アンモニア濃度を3 vol%とした雰囲気中に最長500時間まで放置した。評価は、破断に至るまでの時間により行った。

3.10 メッキ耐食性

Ni/Auメッキに対する耐食性を、塩水噴霧試験により評価した。塩水噴霧試験はJIS Z2371に準じ、温度35 で濃度5%のNaCl溶液を噴霧した雰囲気中に96時間放置した後のメッキ外観を観察した。

メッキ前処理としては、10 vol%硫酸若しくは10 vol%硫酸 + 1 vol%フッ酸の2種の酸洗処理を行った。また、メッキ厚はAu: 0.2 μ m、下地Ni: 1.0 μ mである。

外観評価は目視により行い、メッキ表面の腐食の激しいものを \times 、軽微な腐食が認められるものを \circ 、腐食していないものを \square とした。

4. 合金特性

4.1 物理的特性

表1に物理的特性を示す。導電率は40% IACSとC17530とほぼ同じ、C52100の約3倍の値を示す。また、ヤング率は132 GPaとC17530よりも高い値となっている。

4.2 機械的特性

表2に質別毎の機械的特性を示す。

質別HCは強度約690 MPa、伸び約15%、バネ限界値約550 MPaであり、C52100 (EH) とほぼ同等の性能を有する。この質別は、若干強度は低いが良い曲げ加工性を示し (後述)、複雑な曲げ加工が施されるコネクタ用途に最適である。

表2 機械的特性
Mechanical properties

合金 Alloy		EFTEC-97C		EFTEC-97S	C17530	C5210
		HC	EH	SH	HT	EH
引張強度 Tensile Strength	MPa	690	740	780	870	710
0.2%耐力 Yield Strength	MPa	600	660	750	790	660
伸び Elongation	%	15	10	3	12	12
ビッカース硬さ Vickers Hardness	Hv	205	225	235	250	225
パネ限界値 Bending Limit	MPa	550	600	650	470	600
導電率 Electrical Conductivity	%IACS	40			40	13

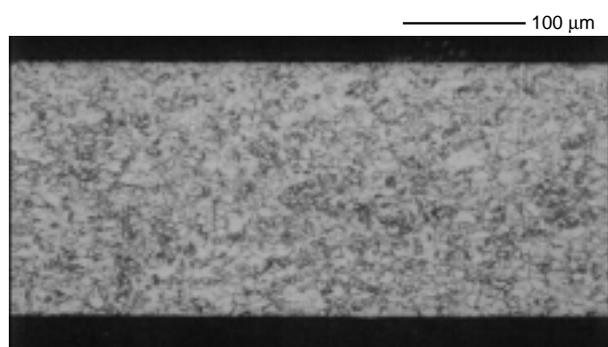


図2 光学顕微鏡で観察した断面ミクロ組織
Optical microscope image of cross sectional microstructure

質別SHは、強度が約780 MPaとC17530にせまる強度を有している。また、パネ限界値は650 MPaとC17530 (HT) の値を大きく上回り、C17530が使用されている領域の一部を代替することが可能である。

4.3 ミクロ組織

光学顕微鏡で観察した断面ミクロ組織を図2に示す。この観察方向は、圧延方向と平行な断面である。EFTEC-97のミクロ組織は5～10 μm程度の微細結晶粒であり、C17530やC52100と同等の組織である。

4.4 曲げ加工性

表3に各種曲げ加工性の評価結果を示す。質別HC及びEHは180°曲げでもR/tが0～0.5と良好な曲げ加工性を示している。また図3には、C17530、C52100との比較を引張強度と180°曲げ時のR/tの値との関係で示す。C52100はGoodway方向での曲げ加工性とBadway方向での曲げ加工性に大きな違いが見られ、曲げ加工性の異方性が顕著に表れている。これは、C52100では強度の向上を圧延加工のみで行っているためである。EFTEC-97、C17530ではGoodway方向とBadway方向での曲げ加工性の差(異方性)は小さく、良好な曲げ加工性を示している。特にコネクタではBadway方向での曲げ加工が施される場合が多く、このR/tの値が小さいということは重要な特性である。

表3 曲げ加工性 (板厚: 0.2 mm, 幅: 0.44 mm)
Bend properties (Thickness: 0.2 mm, Width: 0.44 mm)

合金 Alloy 質別 Temper	曲方向 Way	180°曲げ半径U-Bend Radius				R/t
		0	0.1	0.2	0.3	
EFTEC-97C HC	Good	C	C	B	B	0
	Bad	C	B	A	A	0
EFTEC-97C EH	Good	C	C	B	B	0
	Bad	D	B	A	A	0.5
EFTEC-97S SH	Good	D	D	D	C	1.5
	Bad	D	D	C	C	1.0

合金 Alloy 質別 Temper	方向 Way	90°曲げ半径V-Bend Radius				R/t
		0	0.1	0.2	0.3	
EFTEC-97C HC	Good	B	A	A	A	0
	Bad	A	A	A	A	0
EFTEC-97C EH	Good	B	B	A	A	0
	Bad	A	A	A	A	0
EFTEC-97S SH	Good	B	B	B	B	0
	Bad	C	B	B	A	0

合金 Alloy 質別 Temper	曲方向 Way	90°W曲げ半径W-Bend Radius				R/t
		0	0.1	0.2	0.3	
EFTEC-97C HC	Good	C	B	B	B	0
	Bad	B	A	A	A	0
EFTEC-97C EH	Good	C	C	B	B	0
	Bad	C	B	A	A	0
EFTEC-97S SH	Good	D	C	C	B	0.5
	Bad	C	C	B	B	0

評価

A: 良 B: シワ小 C: シワ大 D: クラック小 E: クラック大
A: Good B: Small wrinkle C: Wrinkle D: Small crack E: Crack

4.5 耐熱性

図4に各質別の耐熱性の比較を示す。各質別とも450℃までは軟化は起こらず、高耐熱性を示している。また、高質別(高強度)になるほど早く軟化する傾向を示しているが、これは加工の影響によるものである。

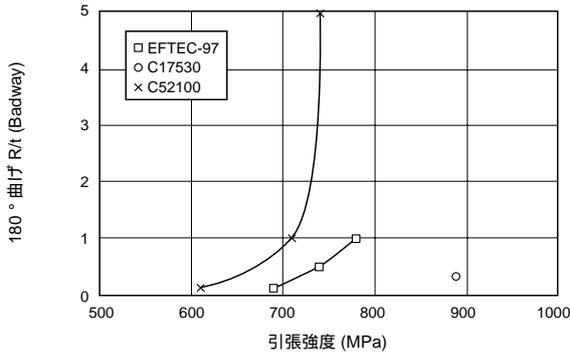
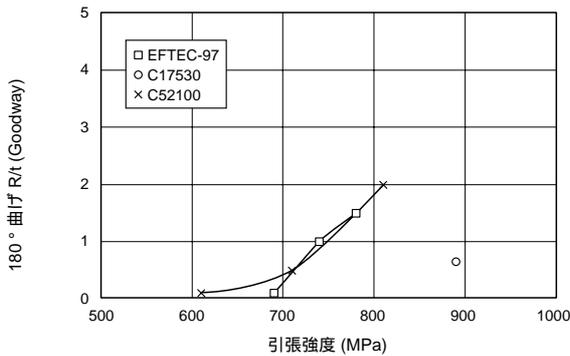


図 3 180° 曲げ加工性 (w/t = 50)
180° Bend properties (w/t=50)

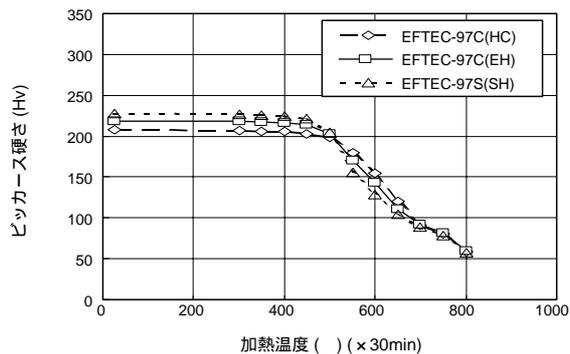


図 4 耐熱性 (1)
Softening curves (1)

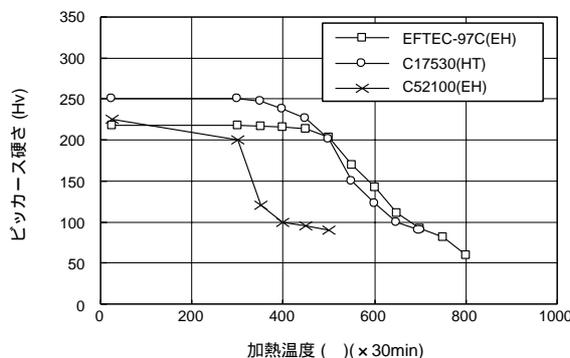


図 5 耐熱性 (2)
Softening curves (2)

図 5 に C17530, C52100 との比較を示す。EFTEC-97 は代表して質別 EH を示した。C17530 では 350 程度から徐々に軟化が始まり、450 以上で明瞭(めいりょう)な軟化が開始する。

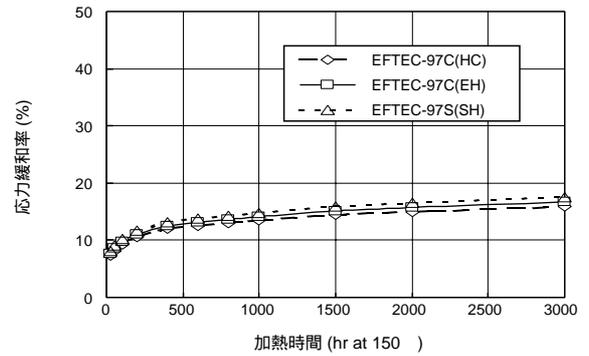


図 6 耐応力緩和特性 (1)
Stress relaxation properties (1)

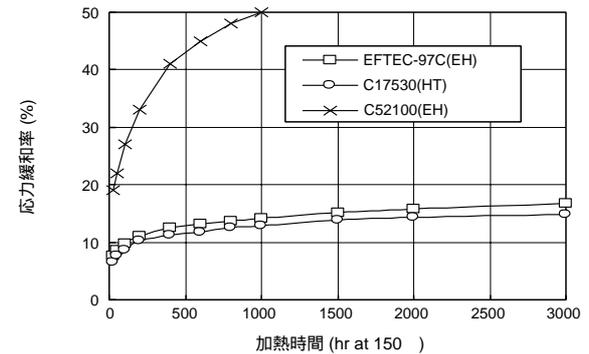


図 7 耐応力緩和特性 (2)
Stress relaxation properties (2)

一方、EFTEC-97 では 450 程度まではほぼ一定の硬さを示し、500 以上で軟化が進行する。C17530 と比較して、同等以上の耐熱性を有していると判断される。

4.6 耐応力緩和特性

図 6 に耐応力緩和特性の質別毎の比較を示す。高質別(高強度)になるほど耐応力緩和特性は低下する傾向を示すが、その差は 3000 hr 経過後でもわずか 3% 程度であり、実質的な差は認められない。

図 7 に C17530, C52100 との比較を示す。EFTEC-97 は代表して質別 EH を示した。C17530 との比較では、3000 hr 経過後で EFTEC-97 が約 15%、C17530 が約 14% とほとんど差は認められず同等性能を有していることがわかる。また、C52100 と比較すると非常に優れた耐応力緩和特性を有している。

この 150 × 3000 時間という条件は、エンジンルーム内の自動車用端子が実走行 10 年間で受ける熱履歴をシミュレートしていると言われており、EFTEC-97 の優れた耐応力緩和特性は自動車用端子での使用にも十分耐えうることを示している。

4.7 疲労特性

図 8 に疲労特性を示す。負荷応力が 500 MPa では各質別とも疲労寿命は約 5×10^4 回と差が無く、C52100 と同等の性能である。また、負荷応力が低くなるにつれ、高質別(高強度)ほど疲労寿命は向上する傾向を示し、負荷応力が 300 MPa の場合には、質別 SH では約 7×10^6 回と C17530 と同等の性能を示している。

4.8 耐マイグレーション性

図 9 に塩素イオン及び硫酸イオンを含んだ試験液における最

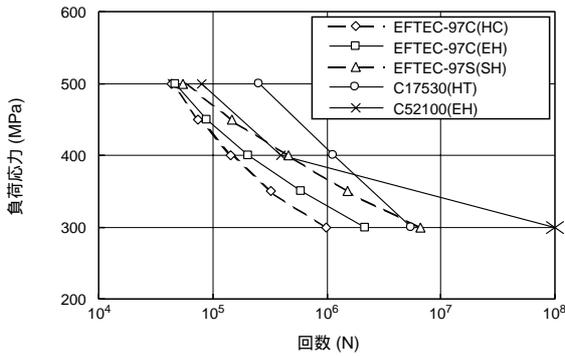


図8 疲労特性
Fatigue properties

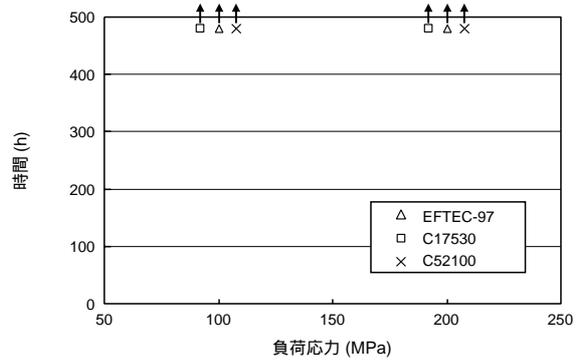


図10 応力腐食割れ特性
Stress corrosion cracking properties

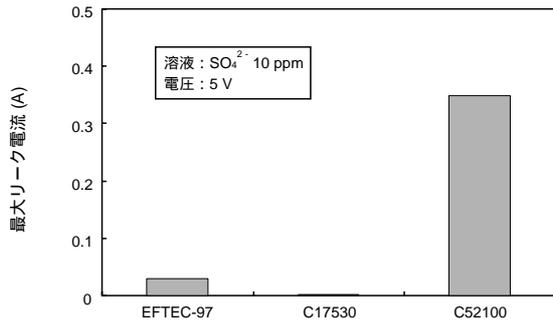
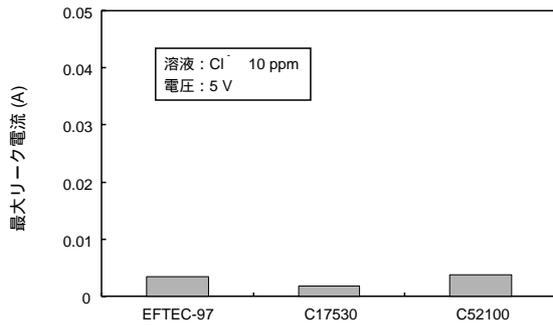


図9 マイグレーション特性
Migration properties

合金	前処理	耐食性 (塩水噴霧96時間)
EFTEC-97	A	×
	B	
C17530	A	×
	B	
C52100	A	
	B	

図11 メッキ耐食性
Corrosion resistance

大リーク電流値を示す。塩素イオン含有試験液では合金間の明瞭な差は認められないが、硫酸イオン含有試験液を用いた場合にはC52100だけが低い電流値を示している。これは、硫酸イオンが存在する場合に、C52100の合金成分であるSnが容易に溶出するためと推定される。EFTEC-97にもSnは含有されているが、その添加量は0.5%と少ないため溶出量も少なく、低いリーク電流値を保つものと考えられる。C17530同様、十分な耐マイグレーション性を有していると判断される。

4.9 耐力力腐食割れ性

図10に耐力力腐食割れ性を示す。EFTEC-97では500時間経過時点でも破断は観察されず、C17530やC52100と同等の耐力力腐食割れ性を有していると判断される。

4.10 メッキ耐食性

図11にメッキ耐食性を示す。C52100では、メッキ前処理方法によらず良好な耐食性を示している。一方、EFTEC-97やC17530では、硫酸だけの前処理ではメッキ表面に銅の腐食生成物が観察されている。これは、下地Niメッキの健全性が足

りない(ピンホールが多い)ため、母材の銅が腐食しメッキ表面に現れたものである。しかし、硫酸+フッ酸処理を行うことでこの銅の腐食生成物は見られなくなり、十分な耐食性を示すようになる。これは、EFTEC-97やC17530のような析出型の合金に共通してみられる現象であり、硫酸+フッ酸処理のような母材表面に存在する析出物を溶解させる処理を行うことで、ピンホールの少ない健全な下地Niメッキが得られ、耐食性が向上するものである。現状、C17530ではこのような前処理が行われており、EFTEC-97でも同じ処理を行うことでC17530と同等のメッキ品質が得られる。

5. まとめ

パソコンや携帯電話の外部接続部や基板接続部などの小型端子・コネクタ用途に好適なEFTEC-97を開発した。

EFTEC-97はコルソン系合金であり強度、パネ性、導電性、耐力力緩和特性、曲げ加工性の点でC52100(EH)より優れた特性を有している。また導電性、耐力力緩和特性、耐熱性においてはC17530(HT)と同等の性能を有する。C52100では強度、導電率、耐力力緩和特性が不足するような小型端子・コネクタ用途として最適であり、またC17530が使用されている一部分野の置き換えも可能である。

さらにはリレー、スイッチ、自動車用端子などの分野にも応用可能と考えられる。

参考文献

1) 荻原 他: 古河電工時報 No.91, 69-74 (1992)