

НЕВЕРОЯТНО! ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОЕ БЕССВИНЦОВОЕ ПАЯНОЕ СОЕДИНЕНИЕ!

«Это не похоже на бессвинцовую пайку! Паяное соединение выглядит практически так же, как привычное оловянно-свинцовое!». Такова реакция людей, которые в первый раз видят результат пайки волной бессвинцовым припоем ELSOLD TC07. И это только одна из причин, по которой многие начинают использовать этот припой.

Антон Большаков
materials@ostec-smr.ru

Удивительно, но смирившись с тем, что в отличие от привычного блестящего оловянно-свинцового бессвинцовое паяное соединение матовое, поражаешься, насколько эстетически красивыми, блестящими и гладкими выглядят галтели припоя ELSOLD TC07.

Исследуя бессвинцовые сплавы и процессы их кристаллизации, разработчики нового сплава обнаружили, что появление матовости на поверхности галтели связано с нарушением образования интерметаллического соединения Cu_6Sn_5 . Дальнейшее изучение процессов образования интерметаллических соединений показало, что атомы никеля, внедренные в структуру припоя, могут стабилизировать образование правильной кристаллической решетки интерметаллида Cu_6Sn_5 .

Эта гипотеза была подтверждена исследованиями, при которых добавление в сплав менее чем 1% никеля радикально изменило внешний вид паяного соединения. Припой и количество различных примесей в его составе являются определяющими факторами, от которых зависит качество и надежность паяных соединений. В таблице 1 приведен типовой состав припоя ELSOLD TC07 и предельно допустимое содержание примесей в ванне.

Химические Элементы	Обозначение	ELSOLD TC07 типовые
Олово	Sn	Остальное
Медь	Cu	0,6 ±0,1
Никель	Ni	< 0,1
Серебро	Ag	< 0,05
Алюминий	Al	< 0,001
Мышьяк	As	< 0,03
Висмут	Bi	< 0,03
Кадмий	Cd	< 0,002
Железо	Fe	< 0,02
Свинец	Pb	< 0,05
Сурьма	Sb	< 0,05
Цинк	Zn	< 0,001

Таблица 1 Типовой состав припоя ELSOLD TC07 и предельно допустимое содержание примесей в ванне

Однако сплав ELSOLD TC07 интересен не только внешней привлекательностью. Когда в 1999 году модифицированный сплав впервые испытали в установке пайки волной припоя, получили оше-

ломляющий результат. При температуре 255°C был достигнут уровень перемычек, сопоставимый с пайкой обычным оловянно-свинцовым сплавом. Поверхность галтелей была гладкая и блестящая и опровергала мнение о матовости бессвинцовых паек. Столь же положительные результаты были получены и при горячем лужении.

Примеры параметров процесса пайки приведены в таблице 2, рекомендуемое время контакта печатного узла с волной припоя 3-4 секунды.

Тип ПУ	Температура предварительного нагрева на верхней стороне ПУ	Температура в ванне припоя
Односторонние ПУ	100°C	250°C
Двусторонние ПУ	115°C	255°C
Многослойные ПУ	130°C	260°C

Таблица 2 Параметры процесса пайки

Говоря о бездефектности пайки, отсутствию перемычек, непропаев, неполном заполнении монтажных отверстий и форме галтелей, следует отметить, что благодаря присутствию в сплаве никеля, который препятствует преждевременной кристаллизации, припой ELSOLD TC07 имеет повышенную текучесть, и в результате отмечается более низкий процент перемычек и непропаев. Удивительно, но по сравнению с бессвинцовым сплавом олово-серебро-медь, где серебро присутствует, в том числе и для достижения полного заполнения монтажных отверстий и хорошей формы галтелей, припой ELSOLD TC07 обеспечивает такой же хороший результат, как и при пайке обычным сплавом олово-свинец.

Другая сложность при бессвинцовой пайке волной припоя – это выщелачивание меди с поверхности печатных плат. В результате появляется много проблем по контролю загрязнения припоя медью, постепенного увеличения шламообразования и эрозии ванн из нержавеющей стали.

Выщелачивание меди определяется скоростью, с которой медь растворяется с поверхности печатного узла в ванне с бессвинцовым припоем. Это особенно важно для печатных узлов с медной металлизацией с органическим защитным покрытием. Для бессвинцовых процессов более высокая температура ванны и более высокое содер-

жание олова увеличивает скорость растворения меди. В свою очередь, увеличение содержания меди увеличивает температуру жидкого припоя в ванне, и, соответственно, приходится увеличивать температуру ванны, увеличивая скорость растворения меди. И так по кругу.

Рисунок 1 иллюстрирует, что может случиться, если медь быстро растворяется с контактных площадок. Печатная плата находилась в контакте с бессвинцовым припоем в течение 3 секунд. Медь при пайке сплавом олово-серебро-медь была растворена настолько, что это может влиять на целостность паяного соединения.



Рис. 1 Микрошлиф контактной площадки с растворенной медью. (а) Sn3,0Ag0,5Cu (б) ELSOLD TC07

Для определения скорости растворения меди был проведен ряд лабораторных исследований с использованием сплавов олово-серебро Sn63/Pb37, олово-серебро-медь (SAC305) и ELSOLD TC07. В одном из тестов тонкая медная проволока диаметром 0,48 мм, находящаяся под контролируемым натяжением, погружалась в расплавленный припой при температуре 255°C, после чего измерялось время до его разрыва. По результатам, приведенным в таблице 3, можно видеть, что припой ELSOLD TC07 растворяет медь гораздо медленнее, чем остальные сплавы.

Тип сплава	Время до разрыва, мин	
	Опыт №1	Опыт №2
63/37 с примесью меди 0,00%	9	10
63/37 с примесью меди 0,17%	15	16
63/37 с примесью меди 0,25%	16	18
SAC305	25	25
ELSOLD TC07	50	45

Таблица 3 Скорость растворения медной проволоки

На рисунке 2 отражено, какое количество меди растворяется в припое при температуре 270°C за этот промежуток времени. Припой ELSOLD TC07 не только растворяет медь медленнее, чем другие бессвинцовые припои, но и медленнее, чем сплав олово-свинец 63/37.

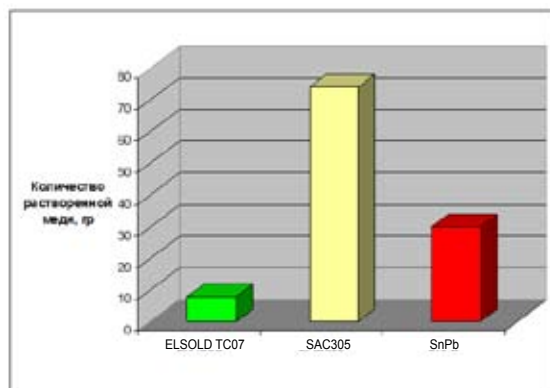


Рис. 2 Количество меди, растворяемой различными припоями в единицу времени

Надежность, одно из самых используемых в последнее время слов по отношению к бессвинцовой технологии, подразумевает способность изделия соответствовать требованиям условий, в которых оно будет эксплуатироваться в течение согласованного времени. При этом подразумевается как механическая надежность, так и электрическая функциональность. Испытания на ускоренное старение по стандарту IPC показали, что ELSOLD TC07 имеет лучшие характеристики, чем олово-серебро-медь SAC. Сравнение физических свойств сплавов приведено в таблице 4.

Сравнивая электрические свойства, интересный эффект обнаружили производители аудиотехники. Они отметили улучшение качества звучания, когда переключились на ELSOLD TC07. Конечно, оценка уровня звучания очень субъективное дело, но сплав ELSOLD TC07 имеет электрическую проводимость на 23% выше, чем сплав олово-свинец, что помогает поддержанию чистоты сигнала.

Стоимость работы с припоями ELSOLD TC07 и олово-серебро-медь SAC будет складываться из собственно стоимости припоя и стоимости обслуживания ванн.

Применение серебра в сплаве олово-серебро-медь SAC добавляет к стоимости 20 центов на каждый грамм припоя.

Шламообразование также влияет на экономические показатели работы установки. Уровень образования шлама будет зависеть от температуры припоя, интенсивности агитации, условий окружающей среды, степени частоты припоя и наличия компонентов, уменьшающих шламообразование. При всех прочих равных условиях при сравнении с сплавом олово-серебро-медь припой ELSOLD TC07 за счет содержания никеля обеспечивает экономию на шламе до 50% в зависимости от условий работы.

ФАКТЫ ОБ ELSOLD TC07

- Используется как в установках пайки волной припоя, так и горячего лужения.
- Лучшая замена обычного оловянно-свинцового сплава.
- Уменьшение количества непропаев и перемычек.
- Блестящая и гладкая поверхность галтели.
- Более экономичный по сравнению со сплавом олово-серебро-медь.
- Имеет минимальную скорость растворения меди.
- Более чем 1500 установок пайки волной припоя успешно работают по всему миру.

Тест		Тип сплава									Тестовый метод
Название сплава		96SC			ELSOLD TC07			SN63			
Сплав		Sn95,5/Ag3,8/Cu0,7			Sn/0,7Cu/Ni			Sn63/b37			
Температура плавления, °C		217			227			183			
Плотность, гр./см ³		7,5			7,4			8,4			
Удельная теплоемкость, Вт/м ³ *град		220			220			176			
Теплопроводность, Вт/м ³ *град		64			64			64			
Предел прочности на разрыв, МПа		52			32			44			10 мм/мин при 25°C
Относительное удлинение, %		27			48			25			10 мм/мин при 25°C
Коэффициент растекания, %	230°C	77			-			91			JIS Z 3197
	240°C	77			77			92			
	250°C	77			77			93			
	260°C	78			78			93			
	280°C	-			78			-			
Смачиваемость		T _a	T _b	F _{max}	T _a	T _b	F _{max}	T _a	T _b	F _{max}	Баланс смачивания Медная проволока 0,3x3,5x25мм T _a – время до появления положительного баланса T _b – время смачивания F _{max} – сила максимального смачивания
	250 °C	0,72	2,10	0,213	1,0	4,53	0,159	0,12	0,80	0,195	
	260 °C	0,37	1,46	0,213	0,86	2,79	0,181	0,11	0,64	0,200	
	280 °C	0,23	0,81	0,192	0,47	1,46	0,186	0,10	0,41	0,206	
	270 °C	0,21	0,48	0,192	0,31	0,8	0,192	0,07	0,31	0,211	
Электрическое сопротивление, мкОм		0,15			0,13			0,17			
Скорость эрозии меди при 260 °C		Около 2 минут			Около 2 минут			Около 1 минуты			Время до полной эрозии медного провода диаметром 1,8 мм
Предел текучести, время до разрушения	>300 часов	>300 часов			>300 часов			20 часов			145°C с нагрузкой 1 кг.
	>300 часов	>300 часов			>300 часов			3 часа			150°C с нагрузкой 1 кг.
	>300 часов	>300 часов			>300 часов			7 минут			180°C с нагрузкой 1 кг.
Термоудар		>1000 циклов			>1000 циклов			500-600 циклов			Минус 40°C /плюс 80°C каждый час
Электромиграция		>1000 часов			>1000 часов			>1000 часов			40°C при относительной влажности 95% и 85°C при относительной влажности 85% и
Тест на образование нитей олова		>1000 часов			>1000 часов			>1000 часов			50°C

Таблица 4 Сравнение физических свойств сплавов 96SC, ELSOLD TC07, SN63