

ТЕХПОДДЕРЖКА

Чистота — залог припоя: рекомендации по выбору материалов для групповой пайки



Текст: **Денис Поцелуев**



Поводом для написания статьи послужила проблема, возникшая на участке селективной пайки у одного из клиентов. Вернее, проблем было несколько: высокое шламообразование, большое количество брызг припоя, повышенное количество перемычек и непропаев. Совокупность этих факторов приводила к большому числу дефектов после пайки, что прямым образом влияло на снижение количества выхода годных изделий и увеличение себестоимости. На практическом примере в статье мы рассмотрим роль и особенности применения технологических материалов в процессе групповой пайки, а также дадим рекомендации по выбору материалов и оптимизации технологического процесса селективной пайки.

Технологии волновой и селективной пайки нашли широкое применение на отечественных производствах радиоэлектронной аппаратуры. Основные материалы, которые применяются для групповой пайки на установках пайки волной и селективной пайки, — припой и флюс. В частных случаях используется латексный паяльный резист для временной защиты печатного узла. Из применяемых в процессах групповой пайки материалов наиболее значимую роль играет припой. Самым распространенным является свинцовосодержащий сплав Sn63/Pb37.

На первый взгляд может показаться, что припои разных производителей для пайки волной и селективной пайки ничем не отличаются. Поэтому естественно, что при выборе припоя чаще всего ориентируются на его стоимость. Однако практика показывает, что такой подход является ошибочным или, по меньшей мере, заслуживает более детального изучения. Актуальность и значимость применения качественных технологических материалов подтверждаются в нашем практическом примере.

Прежде чем перейти к описанию проведенных техническими специалистами Остека работ на производстве заказчика, необходимо сделать теоретическое отступление и описать ключевые этапы оценки технологического процесса групповой пайки.

1. Оценка припоя. Припой должен оцениваться как по внешним параметрам, так и по химическому составу.

Самый простой метод оценки припоя — визуальный. Выбирая припой для групповой пайки, первое, на что следует обратить внимание, — внешний вид припоя (форма (в брусках), диаметр проволоки, качество намотки) и упаковки (качественная тара и маркировка). Бруски правильной формы, ровная намотка проволоки свидетельствуют о том, что припой был изготовлен в заводских условиях с точной повторяемостью процесса. Также на бруске припоя или катушке с припо-

ем обязательно должна присутствовать маркировка. Полное или частичное отсутствие описанных признаков ставит под сомнение происхождение материала, что несет существенные риски для производства, так как не гарантирует, что следующая партия припоя по своему химическому составу, весу и размерам будет полностью соответствовать предыдущей. А это, в свою очередь, ставит под угрозу стабильность производства и гарантию качества.

Химический состав припоя может оцениваться несколькими способами. Самый простой — на основе информации из сертификата на припой. Поставщик обязан по требованию покупателя на каждую партию припоя предоставить сертификат соответствия, в котором указывается химический состав и процентное содержание примесей. Добросовестные поставщики качественных материалов отправляют такие сертификаты с каждой поставкой продукции.

Второй способ оценки припоя для групповой пайки — химический анализ припоя на содержание примесей. Этот показатель регламентируется стандартами DIN1707 и ГОСТ 4 Г0.054.267. Чем меньше содержание примесей в припое, тем лучше. Если процентное содержание примесей в припое выше допустимых значений **T 1**, качество пайки может быть существенно ниже, а количество дефектов — выше. Этот способ более затратный как по времени, так и финансово. Чтобы получить точные данные по химическому составу, требуется специализированное дорогостоящее оборудование. При его отсутствии на предприятии необходимо обращаться в специализированную лабораторию для исследования образца припоя. Рекомендуется сравнивать данные по химическому составу припоя из сертификата соответствия с вышеуказанными стандартами или установленными требованиями предприятия.

2. Оценка параметров установки селективной пайки. На этом этапе проверяется предварительный нагрев печатного узла, измеряется темпера-

T 1
Допустимое содержание примесей в припое для групповой пайки и влияние превышения ПДК примесей на качество пайки

Наименование примесей	ПДК примесей в ванне припоя, %		Содержание примесей в высококачественных припоях Elsold, %	Влияние превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) примесей в припое на качество пайки
	По ГОСТ 4Г 0.054.267	По DIN1707		
Медь	0,50	0,005	0,0029	Припой более вязкий, поверхности паек зернистые, увеличивается время смачивания, припой прилипает к ПП. Повышенное оксидообразование в ванне
Железо	0,02	0,05		Зернистая поверхность пайки, образуется FeS ₂
Алюминий	0,008	0,001	-	Повышается температура плавления, зернистая и тусклая поверхность пайки, увеличивается скорость окисления поверхности расплавленного припоя, снижается коэффициент растекания припоя
Цинк	0,008	0,001	<0,0001	
Кадмий	0,008	0,001	<0,001	
Висмут	1,0	0,01	0,0082	Потускнение припоя и поверхности паяного соединения



Разбрызгивание припоя на участке селективной пайки ¹

тура припоя в ванне, проверяется наличие подачи азота и поднятия миниволны (при селективной пайке), расход флюса, а также ряд других параметров.

3. Оценка качества пайки. На этом этапе визуально, в том числе с применением микроскопа, оценивается спаянный печатный узел на наличие дефектов: перемычки припоя между соседними выводами компонента, смачиваемость монтажных отверстий, непропаи, остатки флюса.

А теперь вернемся на производство и подкрепим теорию практикой. Изучив участок селективной пайки и проанализировав существующий технологический процесс согласно вышеописанному алгоритму, специалисты Остека получили следующие данные:

1. Оценка припоя. При визуальном осмотре продукции на этикетке катушки с проволокой номер сплава, тип сплава, диаметр припоя были нанесены маркером, что уже ставило под сомнение происхождение припоя. В листе с технической информацией на используемый припой не было указано процентное содержание примесей, сертификат на поставленную партию отсутствовал. Провести химический анализ на месте не представлялось возможным, поэтому ограничились визуальным наблюдением. При визуальной оценке расплавленного припоя было выявлено большое количество образованного шлама после двенадцати часов работы **рис 1**, **рис 2**, в зоне пайки наблюдалось сильное разбрызгивание припоя. За дневную смену образовывалось до 4 кг шлама — это более 30 % от общего объема ванны. Допустимым расходом считается 1-2 % шлама в день от объема всей ванны припоя.



² Шлам



3 Неправильная форма миниволны при пайке на окисленных волнообразователях

2. Оценка параметров установки селективной пайки.

Производство заказчика оснащено современной установкой селективной пайки с двойным конвейером для одновременной пайки двух печатных узлов. Оборудование включает три функциональных модуля: модуль флюсования, модуль предварительного нагрева для активации флюса и прогрева печатного узла и модуль пайки. Технические характеристики установки приведены в Т2.

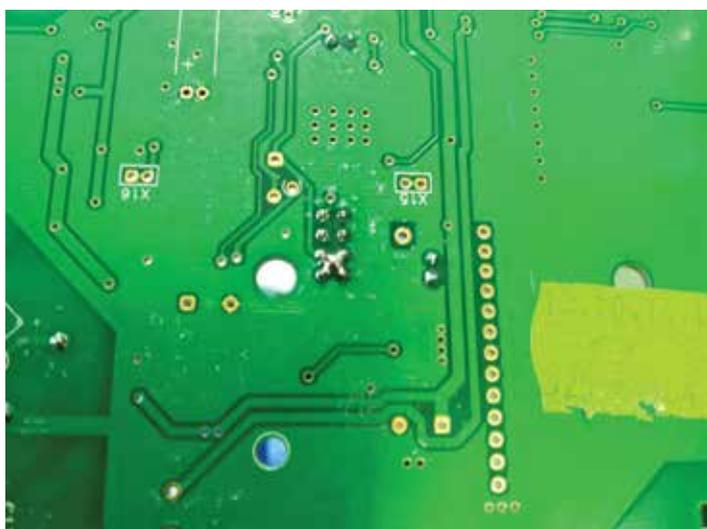
По результатам оценки параметров установки селективной пайки были получены следующие данные:

- отключен предварительный нагрев печатного узла с нанесенным флюсом перед пайкой;
- высокая температура припоя в ванне (295 °С);
- нарушение подачи азота (некачественные силиконовые прокладки);
- сбиты настройки по координатам в программе флюсования (происходит флюсование мест, пайка которых не производится);

- отсутствие поднятия миниволны на волнообразователях;
- неправильная форма миниволны при пайке вследствие быстрого окисления волнообразователей РИС 3;
- высокий расход флюса вследствие неправильно настроенных параметров флюсователя.

3. Оценка качества пайки. При визуальной оценке качества паяных соединений были обнаружены следующие дефекты:

- перемычки припоя между соседними выводами РИС 4;
- непропаи;
- отсутствие поднятия припоя с обратной стороны переходного отверстия на выводах штырьевых компонентов;
- белый налет на поверхности печатного узла РИС 5;
- большое количество мокрых остатков флюса.



4 Перемычки припоя между соседними выводами



5 Белый налет на поверхности печатного узла

Т 2

Технические характеристики установки селективной пайки на производстве заказчика

Угол наклона конвейера	0°	
Ширина ПП: одиночный конвейер двойной конвейер	63,5 – 406 мм (опционально: 508 мм) 60 – 204	
Длина ПП	127 – 508 мм	
Скорость конвейера	0,2 – 10 м/мин	
Максимальный вес ПП	5 кг	
Модуль флюсования	Тип флюсователя	высокоточный, перемещаемый по осям x/y
	Емкость бака флюсователя	2 литра
	Скорость позиционирования	2 – 400 мм/сек.
	Скорость флюсования	2 – 20 мм/сек.
	Точность позиционирования	± 0,25 мм
	Ширина струи с флюсом	2 – 8 мм (диаметр сопла 130/270 мкм)
Модуль пайки	Тип модуля пайки	модуль из нержавеющей стали, перемещаемый по осям x/y/z
	Минимальный внешний диаметр сопла	4,5 мм
	Максимальная высота волны припоя в волнообразователе	5 мм
	Объем припоя	14 кг (Sn63Pb37)
	Максимальная температура припоя	320 градусов
	Скорость позиционирования по: осям x/y осям z	2 – 200 мм/сек. 2 – 100 мм/сек.
	Скорость пайки	2 – 100 мм/сек.
	Точность позиционирования	± 0,15 мм
	Модуль предварительно нагрева	Тип нагревателя
Мощность		12 кВт
Диапазон нагревателей		0 – 200°

Очевидно, что качество пайки не соответствовало стандартам J-STD-001E «Требование к пайке электрических и электронных сборок» и IPC-A-610D «Критерии качества электронных сборок». Проанализировав полученные данные, технические специалисты Остека приступили к отладке технологического процесса селективной пайки печатных узлов.

1. Припой для селективной пайки заменен на высокочистый припой Elsold (Sn63/Pb37). Практика свидетельствует, что какое бы оборудование ни использовалось и как бы идеально ни были настроены параметры, при низком качестве припоя практически невозможно получить качественный результат.

2. Оптимизированы параметры установки селективной пайки и технологического процесса флюсования печатных узлов:

- настроены координаты в программе флюсования;
- уменьшено количество подаваемого флюса для нескольких видов компонентов;
- изменены настройки предварительного нагрева

Т 3, РИС 6, РИС 7

Т 3

Настройки предварительного нагрева на установке селективной пайки

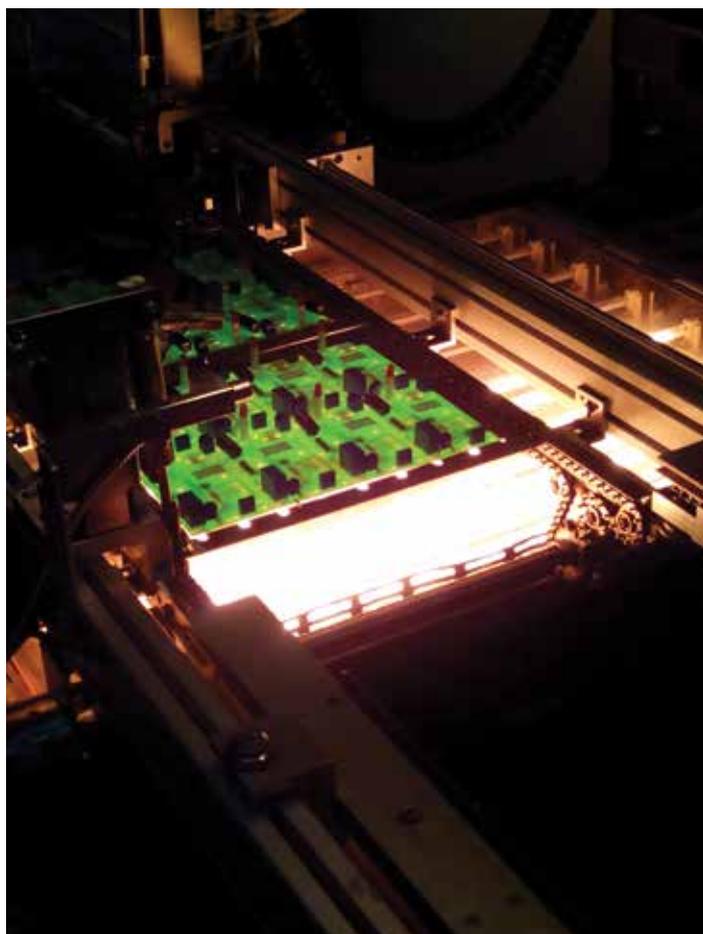
Первоначальные настройки		Скорректированные настройки	
Мощность нагрева	Время нагрева	Мощность нагрева	Время нагрева
50 %	20 сек	60 %	20 сек
70 %	20 сек	80 %	20 сек
90 %	20 сек	90 %	20 сек
Температура печатного узла составила 90 °С. Печатный узел не прогревается до температуры активации флюса (110 °С)		Температура печатного узла (120 °С) соответствует рекомендациям производителя флюса (110-130 °С)	

- удалены окислы с волнообразователей;
- даны рекомендации по замене силиконовых прокладок в зоне подачи азота;
- даны рекомендации использовать азот с чистотой 99,999 %;
- даны рекомендации по применению деоксиданта.

3. Проведено техническое обучение операторов: технология пайки волной, контроль параметров процесса, обзор дефектов и методы их устранения, важность применения качественных материалов, применение деоксиданта.

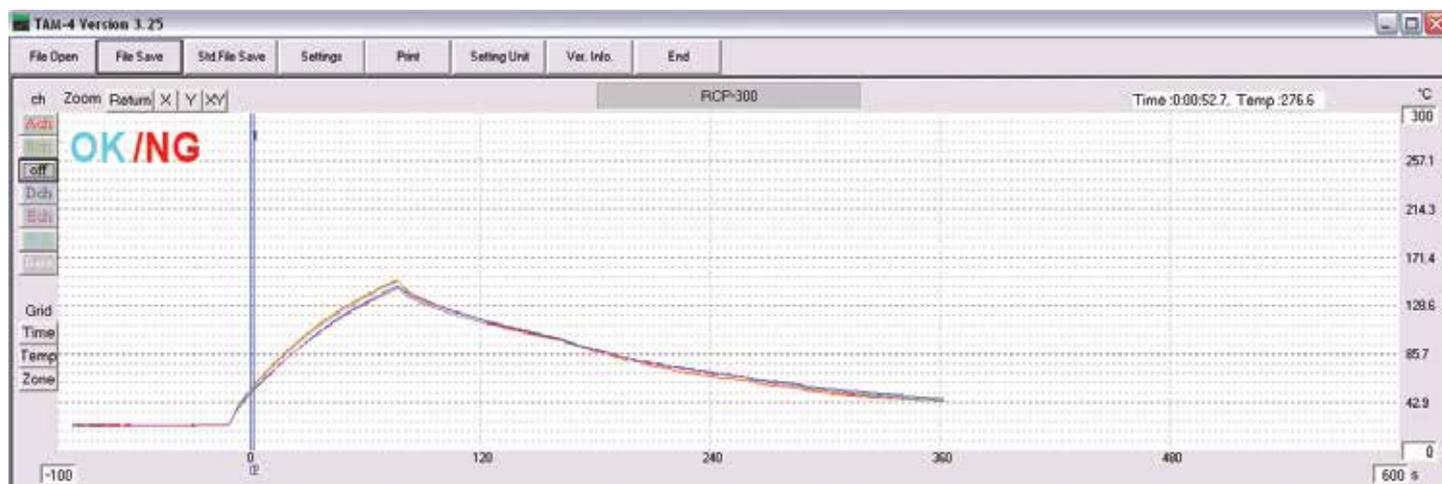
В результате проведенных работ по оптимизации технологического процесса селективной пайки были получены следующие результаты:

- При визуальной оценке расплавленного припоя не обнаружено образованного шлама после двенадцати часов работы. Далее образование шлама оставалось в пределах допустимых норм — не более 1 % от загрузки ванны в день.
- Производительность пайки волной увеличилась на 25 % за счет отсутствия простоев на очистку ванны от шлама.
- Достигнута существенная экономия припоя благодаря решению проблемы с чрезмерным шламообразованием: количество шлама сократилось более чем в 30 раз, ежемесячный расход припоя уменьшился на 93 кг (высокий показатель при объеме ванны припоя 12 кг).
- Количество дефектов в виде непропаев и перемычек снижено на 75 % за счет качественного припоя (более низкая вязкость припоя за счет отсутствия примесей, следовательно, хорошее заполнение монтажных отверстий; припой не липнет на паяном соединении; оксидообразование волнообразователя происходит медленнее).
- Отсутствие белого налета на плате **рис 8** и мокрых остатков флюса.



6 Измерение температуры печатного узла при предварительном нагреве при помощи регистратора температуры Malkom

- Пройдя обучение, оператор понимает причину образования того или иного дефекта и готов самостоятельно ее устранить и предотвратить появление в будущем.



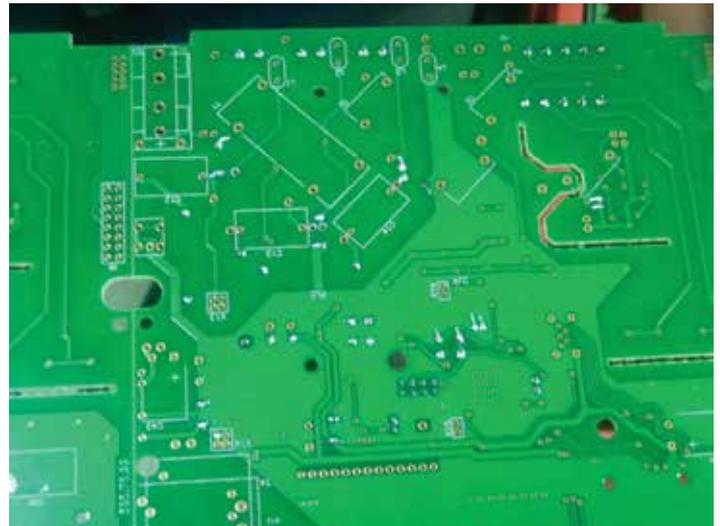
7 Измерение температуры печатного узла при предварительном нагреве при помощи регистратора температуры Malkom

После того как основная проблема заказчика была решена, был сформирован ряд общих рекомендаций по организации процесса групповой пайки и выбору технологических материалов для групповой пайки:

1. Использовать качественные припои с минимальным количеством примесей от производителей, успешно зарекомендовавших себя в области электроники. Так, припои Elsold широко известны и востребованы во всем мире благодаря сплавам высокой чистоты и минимальному присутствию примесей. Также припои Elsold легированы другими химическими элементами (Ni, Ge, P, Co), что способствует повышению качества пайки, образованию блестящих паяных соединений, снижению шламообразования и количества дефектов пайки.

2. Применять деоксиданты для снижения шламообразования и расхода припоя, а также для повышения качества пайки. Содержание фосфора в припое способствует снижению шламообразования благодаря тому, что на поверхности расплавленного припоя образуется тонкая пленка фосфора, которая препятствует проникновению кислорода в припой и дальнейшему его окислению. Высокочистые припои Elsold для волновой и селективной пайки уже содержат фосфор в небольшом количестве (менее 1%), но со временем концентрация фосфора в ванне падает в результате химической реакции с кислородом и оксидами в припое. Пример снижения концентрации фосфора приведен на рис 9. Для того чтобы поддерживать оптимальную концентрацию фосфора в ванне, рекомендуется добавлять таблетки деоксиданта Elsold, который может поставляться в вариантах как для свинцовой, так и для бессвинцовой технологии.

3. Соблюдать параметры технологического процесса групповой пайки: флюсование, предварительный нагрев,

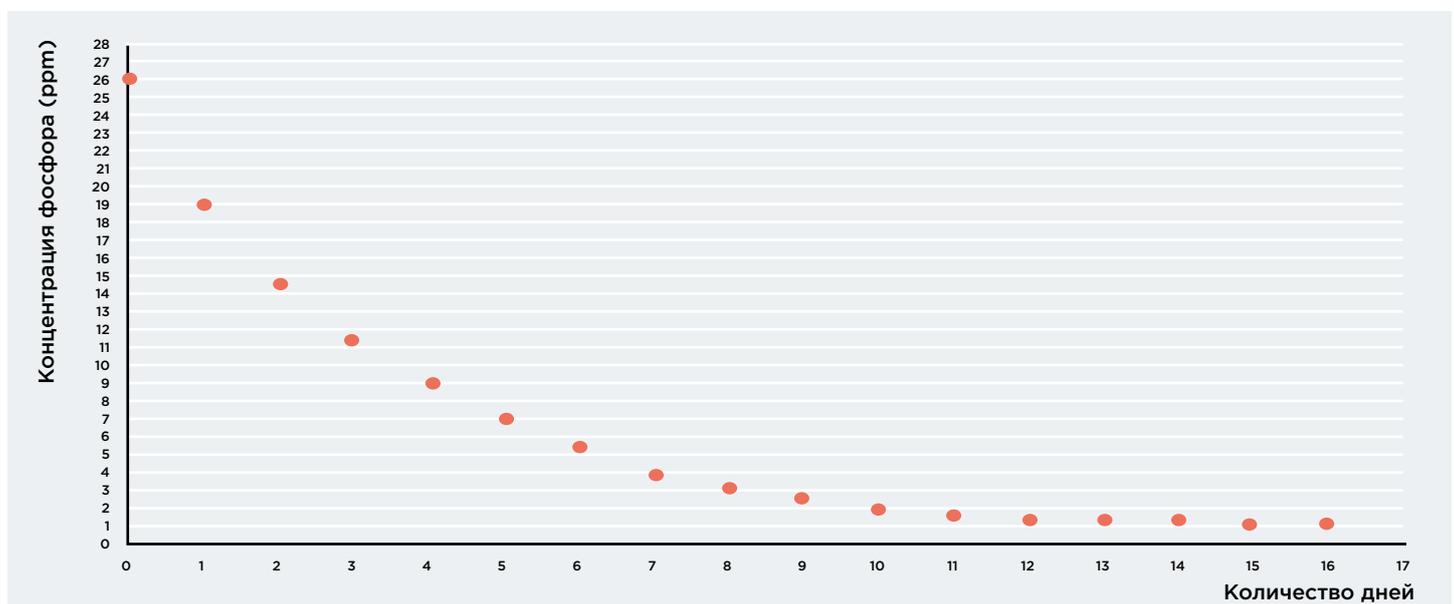


8 Печатная плата после устранения дефектов

поддержание температуры в ванне с припоем, правильное волнообразование, подача азота, время пайки, отсутствие оксидов на волнообразователе.

4. Проводить регулярный химический анализ припоя в ванне (не реже одного раза в месяц). На основе полученной информации делать выводы о состоянии припоя в ванне, необходимости его полной или частичной замены. Для получения информации о правилах корректного забора образца припоя для проведения химического анализа необходимо обратиться к специалистам.

Тесное сотрудничество, открытость и оперативное взаимодействие представителей заказчика и специалистов Остека позволили решить проблему в кратчайшие сроки и зафиксировать положительный эффект, полученный в результате оптимизации технологического процесса селективной пайки.



9 Динамика снижения концентрации фосфора в припое

Приведенный в данной статье пример наглядно показывает, какую значимую роль играют технологические материалы в процессе производства. Свойства материалов оказывают непосредственное влияние не только на качество конечного изделия, но и на его себестоимость, срок службы оборудования, трудозатраты, культуру производства. Применительно к процессам групповой пайки при использовании некачественного припоя высока вероятность возникновения таких дефектов, как: перемычки, непропаи, зернистая поверхность паек, потускнение поверхности паяного соединения. Также увеличивается оксидообразование в ванне, вследствие чего припой на волнообразователе начинает гореть, образуется шлам. Возникает необходимость несколько раз в час очищать ванну припоя от шлама, что приводит к потерям припоя в несколько десятков килограммов в день и повышенным трудозатратам. Применение качественных материалов, правильно выстроенная технология, контроль процессов — все это залог получения качественной продукции, минимизации дефектов и рисков в процессе производства.

Внимательно следует относиться и к выбору поставщика технологических материалов, что подразумевает: предоставление необходимых сертификатов на каждую партию продукции, содержащих данные по химическому составу припоя; наличие на складе; ассортимент; уровень технологической поддержки (наличие в штате технических специалистов, глубокое знание и понимание технологических процессов и оборудования, оперативное реагирование, индивидуальный подход к заказчику, обучение персонала, аудит производства). Своевременная и грамотная работа специалистов технической поддержки формирует добавленную стоимость продукта. Здесь весьма уместно привести фразу миллионера Уоррена Баффета, который известен своей чрезмерно высокой бережливостью, переходящей в скупость: «Вы платите цену, а получаете стоимость». Низкая цена — это еще не все. Ключевое преимущество — это добавленная стоимость, которую обеспечивает поставщик материалов. Сравнивая продукцию и поставщиков, нужно учитывать не цену за единицу продукции, а затраты или стоимость достижения результата. ▣