

Пайка в среде азота. Азотные генераторы

Внедрение технологии пайки в среде азота позволяет повысить качество продукции и сэкономить на расходных материалах и обслуживании оборудования.

Евгений Липкин

lines@ostec-smt.ru

Качество и надежность производимой электронной продукции напрямую зависит от обеспечения оптимальных условий для всех технологических операций производства. Пайка является одной из таких операций. Сегодня существуют различные технологии: пайка волной, селективная пайка, пайка оплавлением. Как показывают многочисленные исследования и практический опыт производителей электроники, в каждом из этих случаев лучшие результаты могут быть достигнуты только в инертной среде, то есть при замещении воздуха азотом.

Преимущества пайки в инертной среде в основном определяются следующими факторами:

- уменьшается окисление;
- улучшается смачиваемость паяемых поверхностей.

Приведем результаты исследований пайки в инертной среде волной припоя и оплавлением.

Отличительные особенности выполнения операций пайки волной припоя в среде азота (аналогично и для селективной пайки волной припоя) от пайки в воздухе:

- Расширяется технологическое окно процесса, что сказывается, в том числе, на уменьшении зависимости от паяемости контактных площадок (это порой недооценивается производителями).
 - Уменьшается образование оксидных пленок, снижается образование перемычек припоя.
 - За счет уменьшения окисления увеличивается поверхностное натяжение, в результате чего создаются условия для улучшения смачивания и растекания припоя.
 - Появляется возможность использования флюсов с меньшей активностью, чем при пайке в воздухе.
 - Сокращается образование шлама, что существенно увеличивает коэффициент технического использования оборудования за счет сокращения времени и периодичности обслуживания (для удаления шлама). Это может привести к экономии на обслуживании до нескольких часов в день. Снижается расход материалов (образование шлама припоя уменьшается в 5–7 раз).
- Результаты пайки оплавлением в инертной среде:
- Использование азотной среды вместо воздуха в процессе пайки улучшает смачиваемость.

- Аналогичная смачиваемость достигается в инертной среде за меньшее время. При прочих равных параметрах это достигается благодаря тому, что время на достижение температуры ликвидуса может сократиться примерно на 16%. В свою очередь, это может существенно увеличить производительность за счет сокращения времени цикла пайки.
- Испытания паяльных паст показывают улучшение смачивания в среде азота независимо от максимальной температуры пайки.
- При работе в среде азота активность флюсов сохраняется при высоких температурах (испытания производились при температуре на 40 °C выше ликвидуса), которые предусматривает бессвинцовая технология. Это позволяет использовать малоактивные флюсы.
- Количество видимых остатков флюса значительно меньше после пайки в азоте. Это снижает необходимость отмывки.
- Для всех бессвинцовых компонентов установлено улучшение качества пайки в среде азота. Дефектов формы галтели, полученных при пайке в воздухе, можно избежать, если перейти на пайку в азотной среде. Для микросхем установлено увеличение высоты галтели на 30% (SO16) после перехода на пайку в среде азота.
- Пустот в паяных соединениях при пайке микросхем в корпусах BGA образуется значительно меньше, чем при пайке в воздушной атмосфере. Кроме того, при пайке в азоте повторяемость галтелей более высокая, чем при пайке в воздухе.

На рис. 1 приведены сравнительные данные по количеству дефектов на производствах компании Siemens. Соотношение числа дефектов в зависимости от типов корпусов меняется незначительно при переходе на пайку в азотной среде, а количество сокращается в несколько раз.

На рис. 2 представлены результаты исследования одной из российских компаний. Ничто не подтверждает эффективность и плюсы пайки в инертной среде так, как цифры, полученные на практике.

Рассчитаем экономию от сокращения образования шлама припоя при эксплуатации установок пайки волной припоя с азотным туннелем. Средняя стоимость килограмма бессвинцового припоя — 25 евро. Образование шлама в час — 0,5 кг. Сокращение

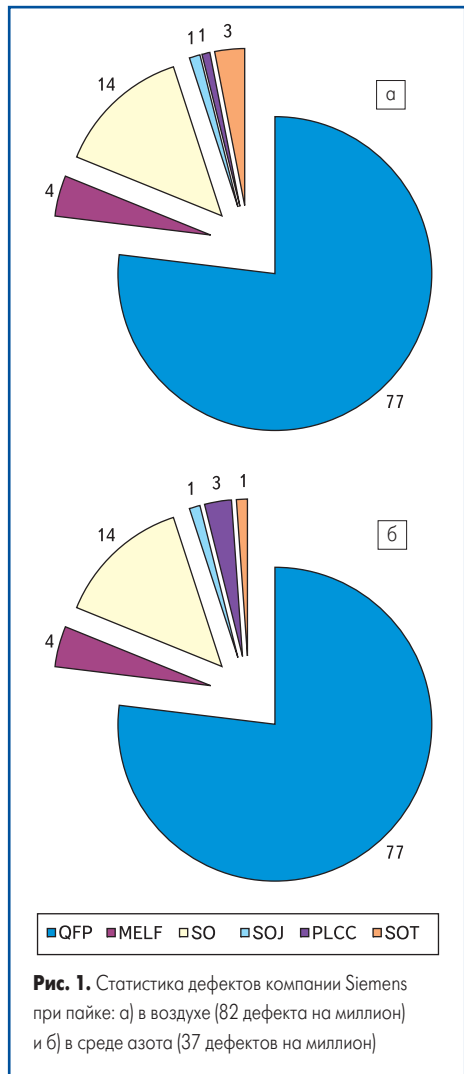


Таблица 1. Экономия от сокращения образования шлама припоя

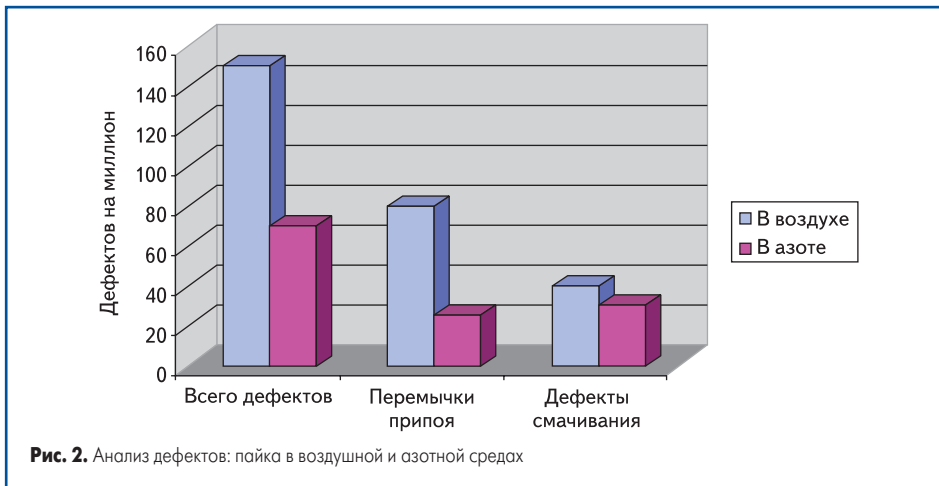
Время работы установки, часов в неделю	Образование шлама припоя, кг в неделю	Затраты на припой из-за образования шлама, евро в год*	Экономия при пайке в азоте, евро в год
5	2,5	3250	2600
10	5	6500	5200
15	7,5	9750	7800
20	10	13 000	10 400
30	15	19 500	15 600
40	20	26 000	20 800

* из расчета работы установки 52 недели в году.

образования шлама при использовании азота — 80%. Результаты расчетов сведены в таблице 1.

Таким образом, для производителей электроники, стремящихся к получению высококачественной продукции, выполнение операций пайки в среде азота должно стать необходимым условием. Переход на пайку в инертной среде поможет снизить затраты на технологические материалы, обслуживание оборудования и устранение дефектов пайки, тем самым уменьшая себестоимость продукции и повышая конкурентоспособность.

Усиление влияния окислительных процессов в связи с переходом к бессвинцовой технологии существенно возрастает. Переход на бес-



свинцовую технологию должен сопровождаться переходом к пайке в инертной среде.

При модернизации производственных мощностей в связи с переходом к бессвинцовой технологии на многих российских предприятиях сразу предусматривается возможность пайки в азоте.

Компании, переходящие на пайку в инертной среде, как правило, решают две задачи:

1. Установка оборудования, позволяющего осуществлять операцию пайки в инертной среде.
2. Установка источника азота и организация подачи газа.

Стоимость систем, позволяющих осуществлять пайку в азоте, примерно на 20% дороже «воздушных».

Некоторые производители имеют доступ к магистрали промышленного азота, но это скорее исключение, чем правило. Чаще приходится решать задачу получения азота.

В настоящий момент у предприятий, потребляющих азот, существует две принципиальные возможности его получения: производство с помощью собственной воздухо-разделительной установки и приобретение в жидком или газообразном виде у предприятия-поставщика.

В зависимости от чистоты газа и объема его потребления условно можно выделить шесть областей экономической целесообразности приобретения азота либо производства его своими силами (рис. 3).

Приобретение газообразного азота

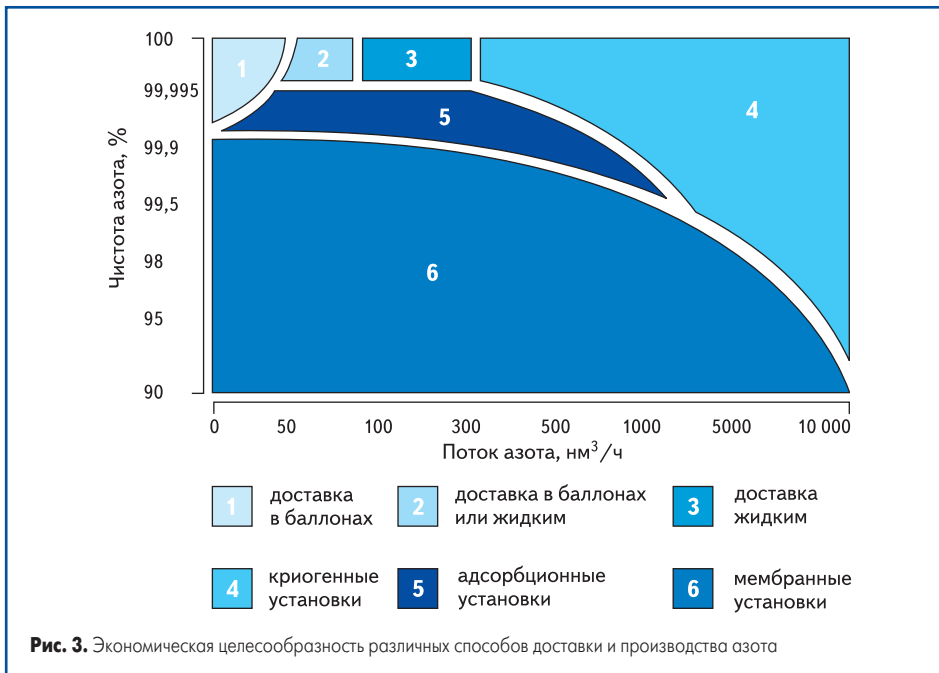
Приобретение азота в газообразном состоянии целесообразно с экономической точки зрения в случае потребления предприятием азота высокой чистоты (99,99–99,999%).

Недостатками данного способа являются:

- необходимость в транспортировке и хранении баллонов;
- зависимость предприятия-получателя от организации-продавца;
- себестоимость приобретаемого газообразного азота в 20–30 раз выше себестоимости газа, генерируемого азотными установками.

Приобретение жидкого азота

Метод поставки жидкого азота также оправдан в случае потребления предприятием газа высокой чистоты (99,99–99,999%). Основными недостатками способа поставки жидкого азота в сосудах Дюара являются:



- Коэффициент пересчета жидкого азота в газообразный (без учета потерь) равен 0,858, таким образом, при покупке 1000 л жидкого азота потребитель получит в результате газификации (без учета потерь) 858 м³.
- Вследствие низкой температуры кипения газа в процессе переливания, наполнения емкостей и газификации возникают неизбежные потери, что ведет к переплате за приобретаемый продукт.
- Требуется дополнительное приобретение дорогостоящего оборудования для хранения и газификации жидкого азота (сосуд Дюара и испаритель).
- Сосуд Дюара и испаритель устанавливаются снаружи помещения. Таким образом, требуется доставка газообразного азота к месту пайки по трубопроводу из нержавеющей стали, что требует дополнительных денежных затрат.
- Переливание жидкого азота из транспортной тары, наполнение им емкостей и последующее его хранение являются опасными процессами, и к данным работам предъявляются повышенные требования мер безопасности, а также требуются разрешающие документы надзорных органов.
- Имеется зависимость предприятия-получателя от организации-продавца. В силу обстоятельств возможны перебои в снабжении предприятия и остановка производства.
- Себестоимость приобретаемого жидкого азота минимум в 8–10 раз выше себестоимости газа, генерируемого азотными (криогенными, мембранными, адсорбционными) установками.

Сравнение альтернативных методов генерации азота

На данный момент в мире применяется 3 основных способа генерации азота: *криогенный, метод короткоциклового адсорбции и мембранный*.

Из таблицы 2 видно, что **криогенные установки** представляют собой самое сложное в обслуживании и управлении оборудование. В силу того, что в системе имеются сосуды, работающие под давлением, а также вследствие того, что установка генерирует кислород и накапливает ацетилен, это оборудование является взрывоопасным и требует высококвалифицированного обслуживания. Криогенные блоки требуют полной разморозки после полугодовой или годовой эксплуатации и последующего комплекса сервисных работ, а также периодических ремонтных работ. Монтаж криогенного блока представляет собой сложный комплекс строительных и инженерных работ, производимых высококвалифицированными специалистами. Эти работы составляют заметную часть от общей стоимости установок.

Мембранный способ генерации азота является наиболее простым, но он не дает высокой степени чистоты азота. Процесс эксплуатации мембранной установки безопасен, он полностью автоматизирован и не требует присутствия человека ни на одном из этапов работы. Мембрана не чувствительна к влаге и не требу-

Таблица 2. Сравнение основных методов генерации азота

Показатель	Метод генерации азота		
	Криогенный	Адсорбционный	Мембранный
Состояние продукта	Газообразное и/или жидкое	Газообразное	Газообразное
Диапазон чистоты получаемого продукта	99,9–99,999%	95,0–99,995%	90,0–99,95%
Расход продукта	300–30 000 нм ³ /ч	5–3000 нм ³ /ч	5–6000 нм ³ /ч
Принцип работы	Глубокое охлаждение воздуха с низкотемпературной ректификацией	Поглощение компонентов воздуха адсорбентом	Разделение компонентов воздуха с помощью мембраны при нормальных температурах
Расходные материалы	Модули системы предварительной очистки, оборотная вода	Фильтры предварительной очистки	Фильтры предварительной очистки
Эксплуатационные затраты	Значительные	Средние	Минимальные

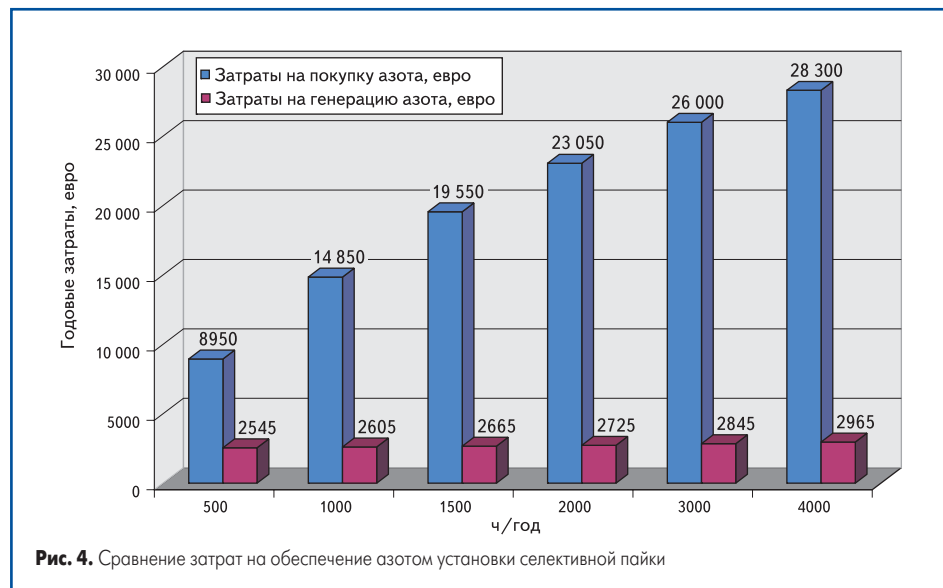


Рис. 4. Сравнение затрат на обеспечение азотом установки селективной пайки

ет высокой очистки воздуха, что позволяет работать оборудованию в условиях высокозагрязненного воздуха промышленных районов без снижения производительности (при круглосуточной загрузке 7 дней в неделю). Мембранная установка в силу отсутствия движущихся частей является высоконадежным оборудованием и не требует сервисных и ремонтных работ в течение всего периода эксплуатации. Обслуживание заключается в замене воздушных фильтров (2 раза в год при круглосуточной загрузке).

Адсорбционные генераторы азота — несколько более сложное в управлении и обслуживании оборудование по сравнению с мембранным. Приблизительно через каждые 10 лет (в зависимости от типа установки) требуется замена адсорбента. Данные установки генерируют азот высокой чистоты — до 99,995%.

Таким образом, выбор способа получения азота сводится к поиску компромисса между себестоимостью азота и требуемым качеством. Стоимость исправления последствий дефектов пайки умышленно не указана, так как в условиях среднесерийных и крупносерийных производств большое число дефектов может стать критическим фактором, т. е. ответ на вопрос «делать качественно или некачественно?» не стоит.

Себестоимость получаемого азота определяется множеством факторов, среди которых можно выделить наиболее весомые:

- Стоимость и амортизация оборудования, необходимого для получения требуемых объемов и чистоты азота.

- Цена азота (при покупке жидкого или газообразного азота).
- Стоимость подготовки коммуникаций и помещения, а также стоимость монтажа системы.
- Зарплата и другие затраты на персонал, задействованный в процессе.
- Затраты на периодическое техническое обслуживание оборудования и обеспечение его работы.
- Риски, которые могут быть связаны с недопоставкой азота или выходом оборудования из строя.

На рис. 4 приведены результаты экономических расчетов целесообразности генерации азота на предприятии, проведенных одной немецкой компанией.

Требуемое качество и количество азота полностью зависит от специфики и загруженности производства. Эти два фактора и определяют способ получения инертного газа.

По данным фирм-изготовителей печей пайки оплавлением и систем пайки волной, в том числе селективной, для обеспечения высокого качества работ требуется азот с чистотой 99,995%.

Одним из условий, необходимых для получения качественной продукции, является рассмотренная в данной статье технология пайки в инертной среде. Внедрение данной технологии сопряжено с решением ряда задач, связанных как с техническими вопросами, так и с организацией внутренних процессов компании, но может принести значительные дивиденды.