

Новая жизнь Haltec 2000

Рассмотрен процесс горячего лужения в ходе производства печатных плат. Представлено описание проблем, возникших из-за устаревания и износа оборудования. Предложено решение проблем своими силами, с использованием метода реверс-инжиниринга.

Федор Плотников

plotnikov@nicevt.ru

Виктор Афанасьев

avo@nicevt.ru

Haltec 2000 — это установка горячего лужения фирмы Laif Engineering (Германия), (рис. 1). Установка предназначена для нанесения олово-свинцового покрытия на контактные площадки и проводники печатных плат, с последующим выравниванием горячим воздухом¹, поступающим из щелевых форсунок, называемых воздушными ножами (рис. 2). В процессе этой операции формируется равномерное по толщине конформное покрытие, удаляются (сдуваются) излишки припоя. Установка используется в производстве печатных плат.

Работа установки основана на эффекте Коанда². Благодаря этому эффекту мощный ламинарный поток воздуха перемещается вдоль поверхности припоя, за счет сильного напора выравнивает его слой, удаляют излишки припоя и в конечном итоге обеспечивается ровный, без наплывов, слой припоя.

После 20 лет эксплуатации были обнаружены неудовлетворительные результаты работы оборудования. Как показал анализ работы установки, причиной неудовлетворительной работы стали воздушные ножи. У них была выявлена высокая степень износа

рабочих поверхностей³, неравномерность толщины щели и другие проблемы, которые вызывали формирование воздушного потока с локальными очагами турбулентности. А это, в свою очередь, приводило к получению некачественного припойного покрытия с наплывами и другими дефектами. Кроме того, турбулентности вызывают вибрации, которые также негативно сказываются на качестве поверхности припоя. И если на контактных площадках все эти эффекты носят точечный характер, то в зоне размещения полигонов, характеризующихся протяженностью площадей, эти явления становятся критическими. В любом случае подобные дефекты способны в дальнейшем создать серьезные проблемы при монтаже электронных компонентов, особенно в ходе автоматизированного поверхностного монтажа.

Все эти обстоятельства говорили в пользу того, что воздушные ножи подлежат замене. Однако проблема осложнялась тем, что Германия, страна происхождения установки, входит в число недружественных России стран и поставка оригинальных запчастей традиционным способом невозможна, а использование параллельного импорта — это дорого и долго.

Кроме того, на воздушные ножи как на запчасти у нас не было ни конструкторской документации (КД), ни какого-либо технического описания.

В сложившихся условиях было принято решение самостоятельно разработать КД, сформировать техническое задание и в отсутствие собственных производственно-технологических ресурсов (у воздушных ножей слишком большие габариты по длине) передать процесс изготовления воздушных ножей компании, специализирующейся на металлообработке. Другими словами, применить методы обратной



Рис. 1. Установка Haltec 2000

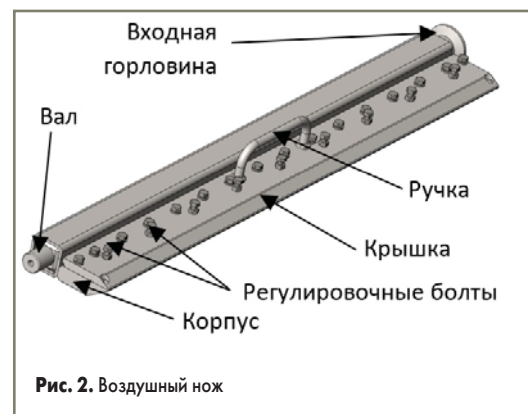


Рис. 2. Воздушный нож

¹ Технология HAL. От англ. Hot Air Leveling — выравнивание горячим воздухом.

² Эффект Коанда — физическое явление, описанное Анри Коанда, который в 1932 году обнаружил, что струя жидкости, вытекающая из сопла, стремится отклониться по направлению к стенке и при определенных условиях прилипает к ней. То же самое происходит и с газом (в том числе с воздухом).

³ Износ был вызван регулярным воздействием высокой температуры, эффектом абляции частиц материала ножей от набегающего горячего воздуха во внутренних трактах ножей, деградацией рабочих поверхностей из-за необходимости их постоянной очистки от налипающих частиц припоя и флюса.

разработки (или реверс-инжиниринга). Для этого была разработана схема, представленная на рис. 3.

С помощью рентгеноспектрального анализа был однозначно определен материал воздушных ножей. Таким материалом оказалась нержавеющая сталь 12X18H9 (рис. 4). Это высоколегированная коррозионностойкая и жаростойкая сталь аустенитного класса, из-за отсутствия в своем составе титана при сварке получаемый сварной шов подвержен межкристаллитной коррозии. Учитывая, что воздушные ножи представляют собой сварную конструкцию и они работают в агрессивной среде, это обстоятельство являлось критичным. Поэтому данная сталь была заменена на ее титаносодержащий аналог — сталь 12X18H10T.

Далее был проведен анализ конструкции воздушных ножей.

Рассматриваемые воздушные ножи представляют собой сварную конструкцию, состоящую из двух основных компонентов, представленных на рис. 5. Крышка крепится к корпусу болтами через отверстия А на резьбу в корпусе. Отверстия Б в крышке имеют резьбу. В эти отверстия вворачиваются регулировочные болты. При их закручивании, они упираются в корпус и по резьбе приподнимают крышку, обеспечивая тем самым возможность выставления необходимой величины зазора на выходе воздуха из ножа. В исходном состоянии щель должна быть закрыта по всей длине.

Воздух поступает во входную горловину ножа, затем попадает в общую распределительную камеру, а после распределяется по внутренним трактам (каналам) ножа, под высоким давлением, через щель выбрасываясь наружу, на печатную плату с уже нанесенным припоем. Щель формирует плоский ламинарный фронт воздуха, который, благодаря эффекту Коанда, прилипает к печатной плате.

Согласно принятой схеме необходимо было определить геометрические размеры ножей. В условиях отсутствия 3D-сканера размеры определялись с использованием традиционных контрольно-измерительных инструментов.

Одним из критичных требований к конструкции было требование к соосности вход-

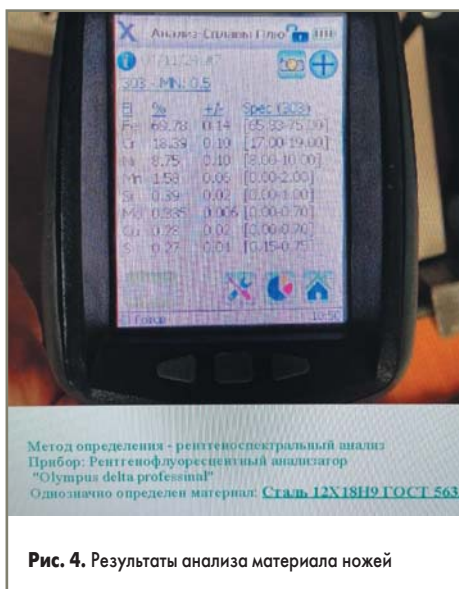


Рис. 4. Результаты анализа материала ножей

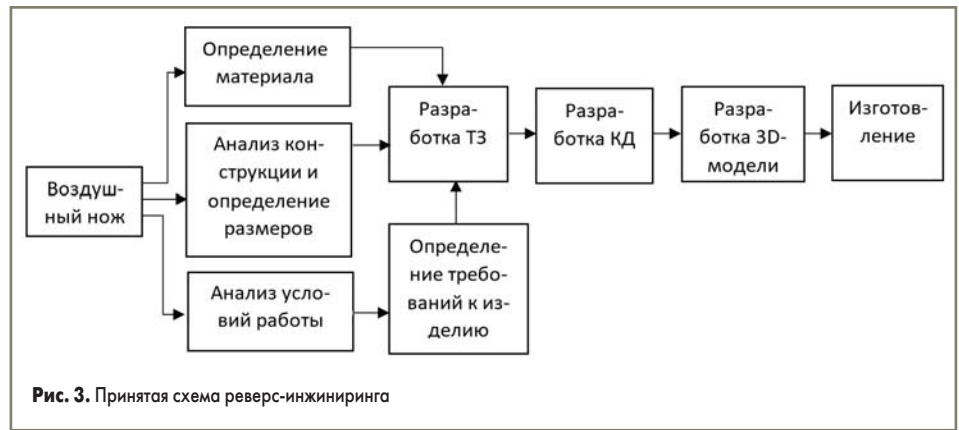


Рис. 3. Принятая схема реверс-инжиниринга

ной горловины и вала, поскольку они обеспечивают горизонтальность ножей относительно плоскости платы и перпендикулярность ножей к направлению перемещения платы (рис. 6).

На основании данной информации был разработан проект технического задания (ТЗ) для последующей разработки КД.

Анализ условий функционирования воздушных ножей привел к расширению ТЗ дополнительными требованиями. В частности, были разработаны следующие требования:

- минимальная шероховатость поверхности в трактах подачи воздуха, которые имеют диаметр 4 мм. Это требование необходимо

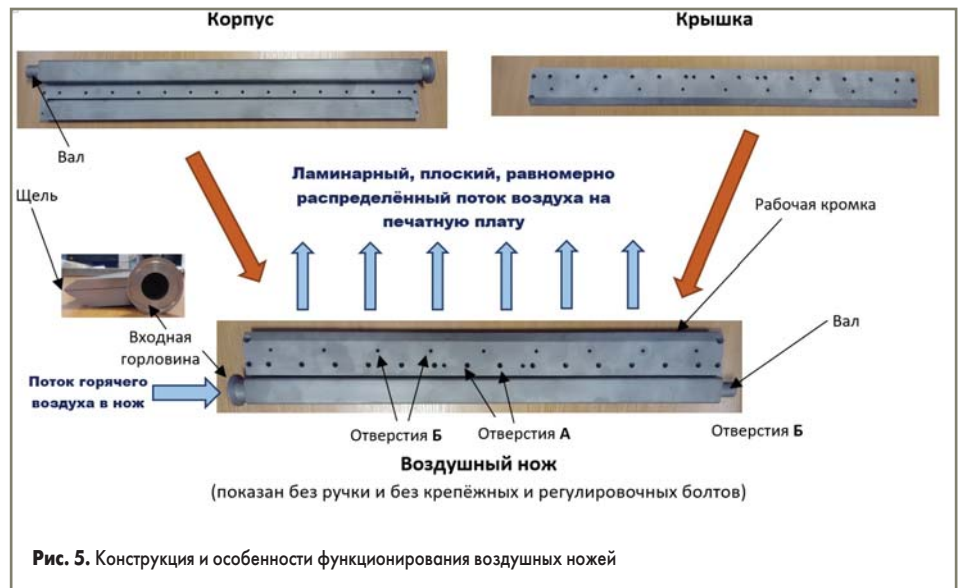


Рис. 5. Конструкция и особенности функционирования воздушных ножей

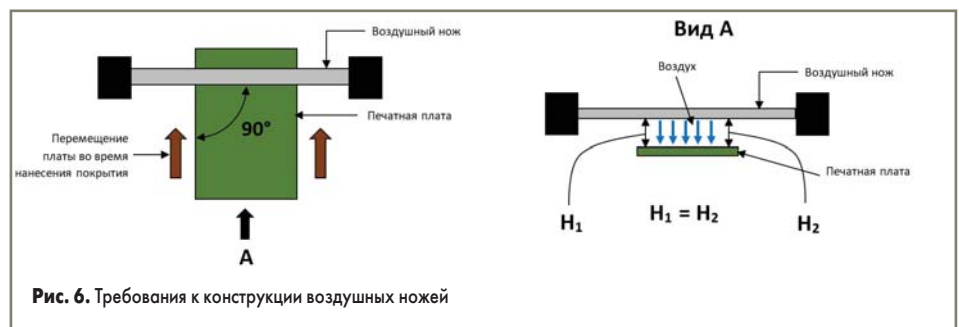


Рис. 6. Требования к конструкции воздушных ножей



Рис. 7. Влияние шероховатости на течение воздуха в трактах ножей

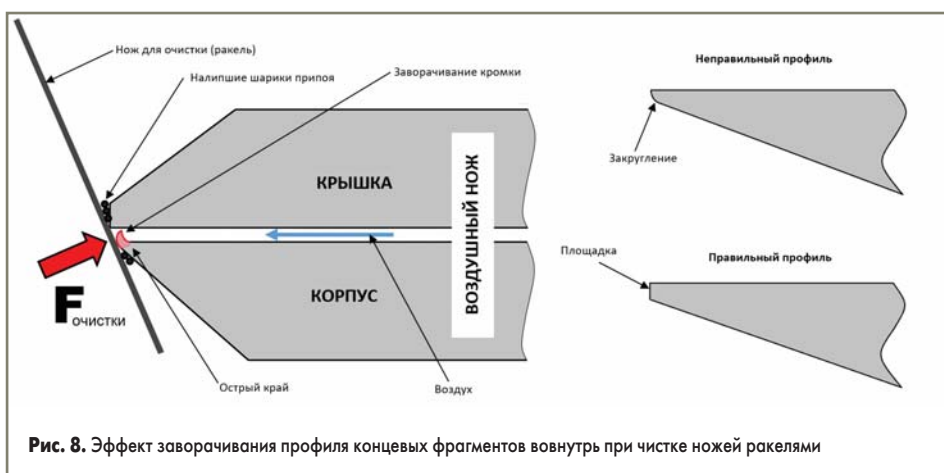


Рис. 8. Эффект заворачивания профиля концевых фрагментов вовнутрь при чистке ножей ракелями

для обеспечения ламинарного (без завихрений и флуктуаций)⁴ течения воздуха в базовом потоке и умеренно турбулентного в пограничных слоях (рис. 7);

- плоскостность рабочих поверхностей, которые при сборке воздушных ножей образуют щель. Это необходимо для получения равномерной по толщине щели после сборки ножей;
- четко сформированные площадки на концевых фрагментах обеих составных частей ножей (корпуса и крышки). Заостренный

профиль концевых фрагментов приводит к их заворачиванию вовнутрь при чистке ножей ракелями, со всеми вытекающими отсюда последствиями (рис. 8).

Воздушные ножи работают в условиях повышенных температур, воздействия агрессивных сред (флюс), на них налипают частицы припоя, остатки флюса, которые вследствие адгезии образуют аморфные наросты, препятствующие попаданию горячего воздуха на печатную плату. из-за этого ножи приходится регулярно изымать из установки и чистить рабочие по-

верхности ракелями. Поэтому использование высоколегированной коррозионностойкой и жаростойкой стали более чем оправдано.

На базе финальной версии ТЗ была разработана КД и затем 3D-модели всех составных частей воздушных ножей. Как и планировалось ранее, процесс изготовления воздушных ножей был передан в руки компании, специализирующейся на металлообработке.

Новые воздушные ножи были смонтированы в установку. Полученные результаты выполнения операции горячего лужения оказались сопоставимы с результатами выполнения операции при использовании оригинальных ножей немецкого производства. Это обстоятельство позволило говорить об успешном опыте применения реверс-инжиниринга в процессе изготовления изделий предприятия. Установка Haltec 2000 получила вторую жизнь.

Пойдя по пути реверс-инжиниринга мы не только смогли успешно и оперативно решить проблему, но и получили восстанавливаемый технологический ресурс: если аналогичная ситуация повторится вновь, мы будем знать, что делать.

⁴ Ламинарность или турбулентность потока жидкости или газа определяется критерием Рейнольдса (Re). При ламинарном течении критерий Рейнольдса Re менее 2300 включительно, при умеренно турбулентном — более 2300. Для упрощения Re для газа (у нас воздух) был взят равным Re для жидкости. При еще более значительных показателях Re поток переходит в турбулентный режим.