

Русские идут!

Невозможное возможно

Автоматизация
применения
отечественных
двухкомпонентных
материалов



Текст: **Андрей Петров**



Условия эксплуатации современных электронных изделий специального назначения требуют от разработчиков самого ответственного подхода к обеспечению защиты устройств от агрессивных воздействий окружающей среды. Здесь и заливка электронных блоков двухкомпонентными компаундами, и герметизация кабельных разъёмов, и нанесение герметиков на корпусные и установочные элементы, и заливка и пропитка трансформаторов, и применение теплопроводящих паст и клеев. Внедрение передовых импортных технологических материалов для решения данных задач хоть и вызывает большой интерес у технологов, но практически всегда затруднено по ряду причин на производствах специальной техники.



Технологам ничего не остаётся, как выстраивать и оптимизировать процесс с использованием отечественных технологических материалов, многие из которых разработаны ещё в 60-х годах прошлого века. Это и всем известные компаунды типа Виксинт, и эпоксидные компаунды типа ЭД-20, КДС-174, и клеи-герметики ВК-9, ВГО и другие.

О современном подходе к организации технологического процесса на базе отечественных материалов и пойдёт речь в этой статье.

Текущая обстановка на производствах России

Стоит отметить, что большинство отечественных двухкомпонентных материалов, разработанных в середине прошлого века, отнюдь не утратили своей актуальности, широко применяются и зачастую являются весьма конкурентоспособными с точки зрения конечных свойств (в изделии).

Однако «ахиллесовой пятой» клеев и компаундов отечественного производства является их нетехнологичность. Сюда можно отнести следующее:

- нестабильность свойств компонентов от партии к партии и широкий диапазон допуска по технологическим параметрам (например, динамическая вязкость, соотношение смешивания компонентов и др.);
- неудобные пропорции смешивания компонентов*;
- необходимость введения в компаунд твёрдых наполнителей (например, кварц, алюминиевая пудра) для придания дополнительных свойств.

* например, для получения готовой смеси компаунда Виксинт У-1-18 необходимо смешать пасту У-1 и катализатор №18 в соотношении 400 к 1 по массе. И это при колоссальной разности в вязкости. Большинство современных импортных материалов, напротив, имеет соотношение смешивания 1:1.



1 Типичная картина участка заливки компаундов на производстве специальной техники

Эти недостатки приводят к сложностям в построении стабильного технологического процесса, к большими отходами материала, растёт количество брака, а работники непосредственно контактируют с вредными компонентами при подготовке и смешивании компаундов.

На большинстве производств ручной технологический процесс заливки выглядит таким образом РИС 1: сначала на весах отмеряют необходимое количество компонентов; затем компоненты сливаются в общую тару, и происходит смешивание либо вручную, либо с использованием подручных бытовых приборов; далее приготовленный таким образом компаунд загружают в шприц (в простонародье «фунтик») из которого и производят дозирование непосредственно в изделие.

Такая организация процесса имеет серьезные недостатки:

- нередко нарушается пропорция смешивания из-за человеческого фактора и использования примитивных миксеров. Поэтому время отверждения материала плавают в широких пределах, а в ряде случаев материал вообще не отверждается РИС 2;
- при ручном смешивании в смесь нагнетается большое количество воздуха, который затруд-



2
Бракованная продукция после ручной заливки двухкомпонентных компаундов

няет точное дозирование и попадает в конечное изделие;

- сразу же после смешивания компоненты материала начинают реагировать. Это приводит к изменению вязкости во времени, то есть каждое изделие заливается фактически материалом с разной вязкостью.

В результате такого подхода предприятия сталкиваются с высоким уровнем брака. И самое главное в том, что полностью удалить из изделия неотверждённый компаунд крайне трудоёмко, а зачастую — практически невозможно. Соответственно невозможно и проведение повторной заливки.

При этом работа с большинством отечественных двухкомпонентных компаундов на современном импортном оборудовании до недавнего времени была невозможной.

Отечественные материалы в Германии и Швейцарии



Для преодоления сложившейся ситуации специалисты ООО «Остек-Интегра» вместе с признанным мировым

лидером в области дозирующего оборудования, компанией DOPAG (Германия/Швейцария), приняли решение о проведении тестирования наиболее популярных российских материалов и серии опытно-проектных работ в области двухкомпонентных систем дозирования.

Мы выбрали и обеспечили испытания наиболее распространённых и востребованных отечественных



3
Партия российских материалов в лаборатории в Германии

материалов рис 3 в лабораториях DOPAG в Германии и Швейцарии.

1. Висксинт К-68
2. Висксинт ПК-68
3. Висксинт У-1-18
4. Висксинт У-2-28
5. Висксинт У-4-21
6. ВК-9
7. КДС-174
8. КДС-174 +Алюминиевая пудра (в качестве наполнителя)
9. КДС-174 + Кварц пылевидный (в качестве наполнителя)

Методика проведения испытаний

Прежде всего, происходит загрузка компонентов материала в систему подготовки смешивания и дозирования. Далее происходит вакуумирование компонентов в баках установки.

После этого на установке задаётся требуемое соотношение смешивания компонентов по объёму, выставляется объём разовой дозы.

После этих приготовлений происходит дозирование, при этом компоненты забираются из отдельных магистралей в отдельные стаканы до попадания в смеситель.

Далее содержимое стаканов взвешивается, и определяется фактическое соотношение смешивания компонентов. Это параметр сравнивается с заданным изначально. На базе десяти измерений вычисляется фактическая абсолютная погрешность коэффициента смешивания компонентов.

Например, для материала Висксинт К-68 фактическая абсолютная погрешность коэффициента смешивания компонентов составила 1,08%.

Если перевести это в массовые доли, то получается, что соотношение смешивания лежит в диапазоне 100:5,027 — 100:4,973 (при заданном 100:5).

После этих измерений производится 10 контрольных доз через смеситель. Спустя необходимое для штатного отверждения компаунда время проверяется однородность отверждения в объёме. Для этого залитые образцы нарезаются.

1. ВИКСИНТ К-68 И ВИКСИНТ ПК-68

Особенностью силиконовых материалов, представленных в таблице, является большой разброс в коэффициенте смешивания — компоненты должны смешиваться в пропорции от 100:6 до 100:4 по массе при сравнительно низкой вязкости.

Для тестовых работ с этими материалами компания DOPAG предложила установку DOPAG Eldomix 103 рис 4 с высокоточными шестеренчатыми насосами и сменным вращающимся статическим смесителем (Rotary-Static), сочетающими преимущества динамического и статического миксеров. Данный тип миксера обеспечивает отличное смешивание компонентов материала и при этом не требует дорогостоящей промывки растворителем.

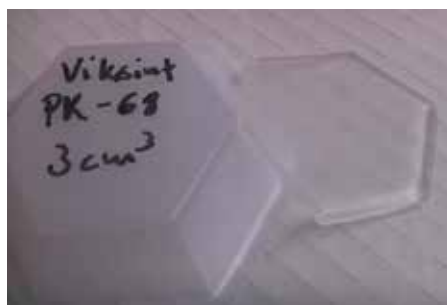


4
Лабораторная установка DOPAG Eldomix 103

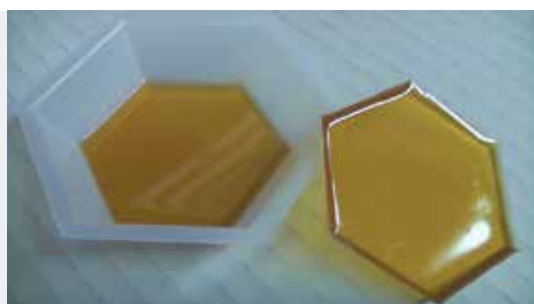


Основные характеристики компонентов Висксинт К-68 и Висксинт ПК-68

Материал	Тип	Вязкость компонента А, мПа*с	Вязкость компонента В, мПа*с	Плотность компонента А, г/см ³	Плотность компонента В, г/см ³	Соотношение смешивания компонентов по массе
Висксинт К-68	Кремнийорганический	~80000	~0,7	1,1	1	100:5
Висксинт ПК-68	Кремнийорганический	~30000	~0,7	1	1	100:5



5
Образцы доз материала Виксинт К-68 и ПК-68



6
Образцы отверждённых материалов ВК-9 и КДС-174

Коэффициент смешивания установки может быть отрегулирован в широком диапазоне. Для подачи смешанного материала со стабильными характеристиками был выбран вакуумируемый бак для основного компонента.

В результате опытных работ получено стабильное качество смешивания и дозирования материалов Виксинт К-68 и Виксинт ПК-68 для соотношений смешивания компонентов от 100:6 до 100:4 по массе.

Фактическая погрешность коэффициента смешивания для Виксинта К-68 составила 1,08%.

Фактическая погрешность коэффициента смешивания для Виксинта ПК-68 составила 0,83%.

Компоненты материала смешаны до однородной гомогенной массы, произошло полное отверждение материала рис 5.

Подобные результаты являются отличным показателем. Установка DOPAG Eldomix 103 полностью отвечает требованиям к работе с материалами Виксинт К-68 и ПК-68.

2. ВК-9 и КДС-174

Данные материалы на эпоксидной основе широко распространены в России. Их особенностью является достаточно большой разброс в вязкости между компонентами. Испытания этих материалов проводились также на системе дозирования DOPAG Eldomix 103.

Для материала ВК-9 использовались вакуумируемые баки под оба компонента, для КДС-174 — только для компонента А.

Фактическая погрешность коэффициента смешивания для ВК-9 составила 0,96%.

Фактическая погрешность коэффициента смешивания для КДС-174 составила 1,40%.

Компоненты материала смешаны до однородной гомогенной массы, произошло полное отверждение материала рис 6.

Подобные результаты являются отличным показателем. Установка DOPAG Eldomix 103 полностью отвечает требованиям к работе с материалами ВК-9 и КДС-174.

3. ВИКСИНТ У-1-18, ВИКСИНТ У-2-28, ВИКСИНТ У-4-21

Эти материалы активно используются на производствах ещё с 60-х годов прошлого столетия и, зачастую, жёстко закреплены в конструкторской документации. Одно из применений этих материалов — герметизация кабельных разъемов рис 7.

На фото отчетливо видно, что заполненный вручную разъем содержит большое количество полостей и пузырей, что является результатом ручного смешивания и дозирования. Неполное либо пористое заполнение корпуса разъема может привести к «натягиванию» влаги внутрь и, как следствие, коррозии электрических соеди-

Основные характеристики компонентов ВК-9 и КДС-174

Материал	Тип	Вязкость компонента А, мПа*с	Вязкость компонента В, мПа*с	Плотность компонента А, г/см ³	Плотность компонента В, г/см ³	Соотношение смешивания компонентов по массе
ВК-9	Эпоксидный	~50 000	~15 000	1,2	1	2:1
КДС-174	Эпоксидный	~15 000	~70	1	1	10:1

нений в местах пайки, токам утечки. Автоматизированное применение компаунда позволяет заполнять разъем гомогенным материалом без воздушных пузырей.

Требуемый коэффициент смешивания для материала Виксинт У-1-18 составляет 400:1.

Такому показателю удивились даже много повидавшие за свою жизнь швейцарские инженеры. Дополнительным "отягчающим" фактором является такая же огромная разница в вязкости основного компонента по сравнению с вязкостью катализатора.

В качестве базы для построения системы дозирования выбрали установку Dorag Metadis рис 8. Данная установка доработана с учётом технологических особенностей материала, была внедрена система специально разработанных высокоточных дозирующих клапанов. Особенностью установки является забор основного компонента прямо из заводской тары объемом 30 литров, а также использование стандартного статического смесителя.

Установка может быть использована как для заливки непосредственно изделий, так и в качестве станции подготовки и смешивания компаундов для дальнейшего заполнения картриджей и их локального применения. Доступно также мобильное исполнение установки (мобильная платформа на колёсах).

Фактическая погрешность коэффициента смешивания для Виксинт У-1-18 составила 3,08%.

Фактическая погрешность коэффициента смешивания для Виксинт У-2-28 составила 2,76%.

Фактическая погрешность коэффициента смешивания для Виксинт У-4-21 составила 2,89%.

Компоненты материалов смешаны до однородной гомогенной массы, произошло полное отверждение материала рис 9.

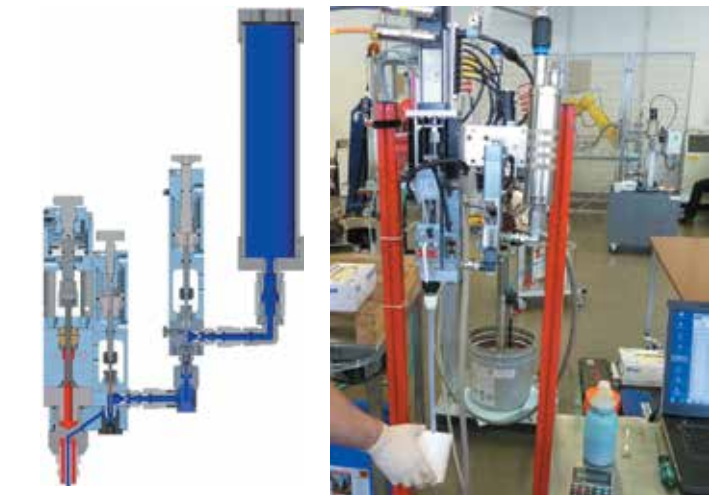
Подобные результаты являются отличным показателем. Достигнуть подобной повторяемости при ручном смешивании практически невозможно. Установка Dorag Metadis полностью отвечает требованиям к работе с материалами Виксинт У-1-18, Виксинт У-2-28, Виксинт У-4-21.

4. КДС-174 С ВВЕДЕНИЕМ НАПОЛНИТЕЛЕЙ (КВАРЦ, АЛЮМИНЕВАЯ ПУДРА)

Ещё одной особенностью отечественных материалов является то, что на ряде производств в состав смеси вводятся дополнительные твёрдые наполнители для



7 Пример применения двухкомпонентного компаунда Виксинт У-2-28



8 Установка подготовки, смешивания и дозирования двухкомпонентных высоковязких компаундов Dorag Metadis



9 Образцы смешанного компаунда Виксинт У-1-18

придания специальных свойств отверждённому материалу. В большинстве случаев твёрдые наполнители вводятся в эпоксидные компаунды. Мы проведём испытания на примере эпоксидного компаунда КДС-174.

Для отработки этого процесса компания DOPAG предложила установку DOPAG Metamix рис 10. Конструкция дозирующих поршневых насосов этой установки позволяет уверенно работать с абразивными наполнителями, например, кварцем с частицами до 100 мкм,

Основные характеристики компонентов Виксинт У-1-18, Виксинт У-2-28, Виксинт У-4-21

Материал	Тип	Вязкость компонента А, мПа*с	Вязкость компонента В, мПа*с	Плотность компонента А, г/см3	Плотность компонента В, г/см3	Соотношение смешивания компонентов по массе
Виксинт У-1-18	Кремнийорганический	> 500 000 (не текучий)	-0,7	2,2	1	100:0,25
Виксинт У-2-28	Кремнийорганический	> 500 000 (не текучий)	-0,7	2,2	0,97	100:2
Виксинт У-4-21	Кремнийорганический	-90 000	-0,7	1,35	1	100:2,5



10

Система подготовки смешивания и дозирования двухкомпонентных компаундов DOPAG Metamix

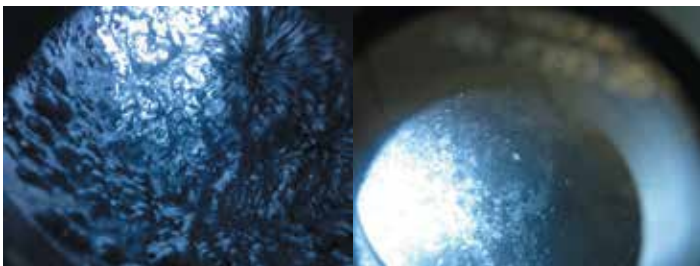
а индивидуально управляемый серво-привод каждого насоса — гибко выставлять требуемые коэффициенты смешивания. Использован вакуумируемый бак компонента А рис 11 для удаления большого количества воздуха из смеси после введения наполнителя. В бак А также встроена система агитации (помешивания) смеси и рециркуляции для предотвращения расслоения смеси и выпадения твёрдого осадка. Использован стандартный сменный статический смеситель.

Фактическая погрешность коэффициента смешивания для компаунда КДС-174 (с введённой алюминиевой пудрой 30% по массе) составила 1,45%.

Фактическая погрешность коэффициента смешивания для компаунда КДС-174 (с введённым кварцевым песком (частицы до 60 мкм) 30% по массе) составила 1,24%.

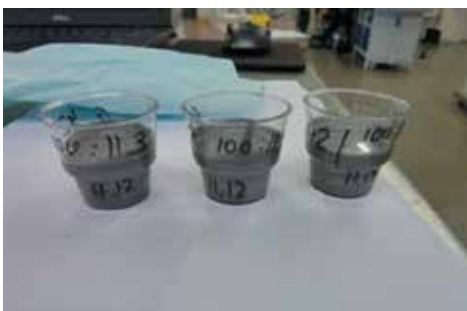
Компоненты материалов смешаны до однородной гомогенной массы, произошло полное отверждение материала рис 12.

Данные показатели признаны отличным результатом.



11

Процесс вакуумирования смолы КДС-174 после введения твердого наполнителя



12

Образцы отверждённого материала КДС-174 с введёнными твёрдыми наполнителями

Заключение

Результаты проведённых тестов признаны чрезвычайно успешными. Теперь можно смело говорить о том, что применение рассмотренных в статье отечественных материалов может быть эффективно автоматизировано.

Внедрение современных систем подготовки смешивания и дозирования двухкомпонентных клеев и компаундов позволит российским предприятиям совершить качественный прорыв в области производства специальной техники.

Рассмотренные принципы автоматизации применения двухкомпонентных материалов, а также подходы к проектированию дозирующего оборудования и его основных узлов, позволяют решать большинство задач в области автоматизации применения клеев, герметиков и компаундов. В результате внедрения рассмотренных или аналогичных решений производственные предприятия могут получить контролируемый, стабильный технологический процесс заливки и повысить качество продукции.

Еще раз подчеркнем: автоматизация технологического участка заливки позволит добиться стабильно высокого качества продукции, повысить производительность, обеспечить точность смешивания и дозирования, минимизировать человеческий фактор и снизить технологические потери материала. ▣