

ОПТИМИЗАЦИЯ

Автоматизация смешивания и дозирования отечественных силиконовых компаундов – миф или реальность?

Текст: Александр Савельев
Денис Поцелуев

”

Производители электроники и электротехники, работающей в жестких условиях, непрерывно ищут пути механизации и автоматизации процессов смешивания и заливки компаундов. Поскольку большинство отечественных компаундов было разработано и продолжает производиться без учета требований по автоматизации процесса их применения, многие потребители сталкиваются с серьезными трудностями при подборе и эксплуатации автоматизированного смесительно-дозировочного оборудования. В статье мы рассмотрим ключевые характеристики отечественных силиконовых компаундов и их влияние на решение задач по автоматизации, расскажем о том, с какими сложностями может столкнуться производитель, и возможно ли в принципе качественно автоматизировать процесс смешивания и дозирования таких компаундов.

Ключевые характеристики материалов и их влияние на возможность автоматизации

Большинство отечественных силиконовых компаундов было разработано во времена, когда требования к автоматизации применения этих продуктов были крайне низкими или отсутствовали вовсе. Под автоматизацией мы подразумеваем подготовку, смешивание и дозирование компонентов компаунда при помощи специализированного оборудования, которое позволяет загружать исходные компоненты в бак, а на выходе получать готовую смесь с определенной скоростью подачи и размером дозы. Параметры соотношения смешивания, производительности и объема дозирования контролирует система управления оборудованием. Поскольку любое технологическое оборудование имеет ограничения по ключевым параметрам и технологическому окну процесса, то и оборудование для смешивания и дозирования не является исключением. В нашем случае ограничениями являются параметры входящего сырья, а именно физические характеристики компонентов компаунда. К наиболее важным из них относятся:

- соотношение смешивания компонентов;
- вязкость компонентов и ее отклонение от номинального значения;
- плотность каждого компонента и отклонение от номинального значения;
- взаимная растворимость компонентов;
- химическая агрессивность;
- абразивность (наличие наполнителей с относительно крупными частицами и высокой твердостью по Шкале Мооса).

У каждой характеристики или параметра есть наиболее предпочтительные значения или диапазоны, соблюдение которых позволяет автоматизировать процессы смешивания и дозирования в стандартных режимах на типовом оборудовании. При изучении характеристик отечественных силиконовых компаундов, заявляемых производителем, мы нередко встречаем крайние значения по ряду параметров. Практика показывает, что наличие крайнего значения хотя бы одного из перечисленных параметров делает автоматизацию довольно затруднительной или вообще невозможной (Т 1).

Рассмотрим более подробно каждый параметр и то, какое влияние и в какой степени каждый из них оказывает на возможность автоматизации силиконового компаунда.

Вязкость компонентов

Вязкость отдельно взятого компонента является одной из определяющих характеристик при выборе насоса. Если вязкость слишком низкая, то далеко не каждый насос сможет точно дозировать этот компонент. Например, современные шестеренчатые насосы стабильно дозируют жидкости с вязкостью примерно от 20 сПз. Если это значение ниже, то рассчитывать на нормальную работу насоса не приходится. А неправильный коэффициент смешивания компаунда может непрогнозируемо исказить конечные свойства силиконового компаунда после отверждения (рис 1). Слишком высокая вязкость компонента, напротив, не позволяет подавать материал в насос и прокачивать его без вспомогательного оборудования. Так, для компонен-

Т 1

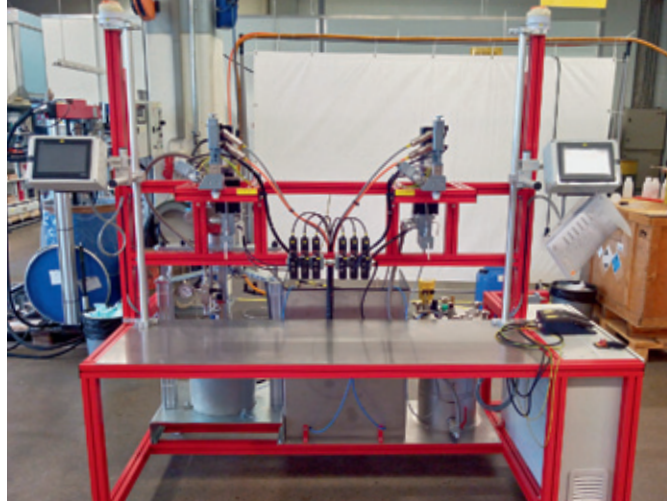
Ключевые характеристики силиконовых компаундов для автоматизации процесса

ХАРАКТЕРИСТИКА	ТИПОВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОМПАУНДОВ	ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
Соотношение смешивания	100:0,25 – 100:6	100:10
Вязкость компонента А (основа), сПз	500-2 500 0000	500-1 000 000
Вязкость компонента В (катализатор), сПз	1-10	50-500
Относительное отклонение вязкости от номинального значения	50-1000 %	10 %
Взаимная растворимость компонентов	Плохо – удовлетворительно	Хорошо – отлично
Соотношение плотности компонентов А/В	1:1 – 2,5:1	1:1 – 1,5:1
Соотношение вязкости компонентов А/В	10 ⁴ :1 – 10 ⁶ :1	10 ¹ :1 – 10 ³ :1
Химическая агрессивность	Средняя – высокая	Низкая или отсутствует
Абразивность, ед. по шкале Мооса	5-9	3-7
Размер частиц наполнителя	До 100 мкм	До 10 мкм



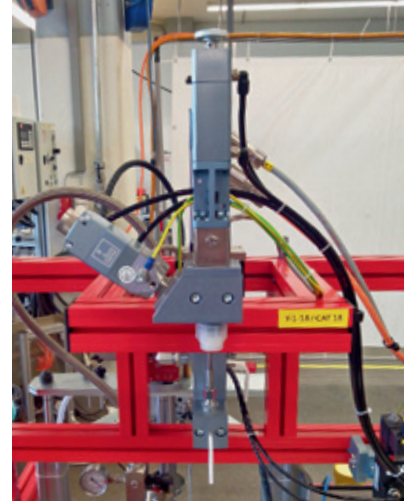
1

Неправильно заполимеризовавшийся компаунд в драйвере из-за нарушения пропорции смешивания, вызванной слишком низкой вязкостью катализатора (смешивание и дозирование в оборудовании)



2

Система смешивания и дозирования Dopag Metamix special 2K со статическим смесителем – пример автоматизации Виксинт У-1-18



тов с вязкостью выше 1 000 000 сПз придется использовать специальный ведерный (бочковой) насос, что приведет к заметному увеличению стоимости оборудования. Практика и опыт наших клиентов показывают, что большинство отечественных силиконовых компаундов могут иметь разброс вязкости в два и более раза, а в некоторых случаях – до 10 раз. И если для ручного смешивания это не столь критично, то при автоматизации повторяемость процесса может оказаться под угрозой.

Также важно учитывать разницу в вязкости смешиваемых компонентов. Некоторые отечественные силиконовые материалы готовятся из компонентов, разница в вязкости которых достигает шести порядков: компонент А имеет вязкость около 2 000 000 сПз, а компонент В – около 10 сПз. Только очень узкий спектр оборудования способен смешивать компоненты с такими характеристиками.

В качестве примера можно привести задачу по автоматизации трехкомпонентного силиконового герметика Виксинт У-2-28:

- соотношение смешивания компонентов А:В:С = 100:2:2;
- размер минимальной возможной дозы от 1 мл;
- вязкость компонентов А более 1000000 сПз, В до 5 сПз, С до 5 сПз;
- плотность компонентов А 2,2 г/см³, В ≈ 1 г/см³, С ≈ 1 г/см³.

Для решения была выбрана система Dopag Metamix special 3K со статическим смесителем. Точность смешивания и дозирования компонентов достигалась в пределах +/-3 %. Для подачи высоковязкого компонента А использовался экструдер Dopag P30.

Соотношение смешивания

Это наиболее важная характеристика для двухкомпонентных компаундов, которая определяет удобство смешивания компонентов конечным пользователем продукта. Современные производители силиконовых компаундов уже давно выбрали два наиболее популярных соотношения смешивания: 1:1 по массе и 10:1 по массе. Это позволяет легко приготовить смесь как ручным способом, так и при помощи технологического оборудования.

К сожалению, большинство силиконовых компаундов отечественного производства имеет соотношение смешивания, сильно отличающееся от вышеуказанного. Наиболее часто встречаются пропорции 100:3, 100:5, 100:2.5, а для некоторых продуктов даже 100:0.25, что по факту означает – 400:1. Оборудование в стандартном исполнении, предназначенное для смешивания материалов со стандартными коэффициентами смешивания, не сможет качественно смешать компоненты в таких пропорциях. В ряде случаев приходится проводить тесты в лаборатории производителя оборудования Dopag (Hilger и Kern), чтобы предлагать заказчикам оборудование для автоматизации компаундов даже с нестандартными и очень неудобными коэффициентами смешивания.

Dopag Metamix special 2K (рис 2) со статическим смесителем может смешивать и дозировать двухкомпонентный силиконовый герметик Виксинт У-1-18 со следующими характеристиками:

- соотношение смешивания А:В = 400:1;
- размер минимальной возможной дозы от 1 мл;
- вязкость компонентов А более 500000 сПз, В до 10сПз;
- плотность компонентов А 2,2 г/см³, В ≈ 1 г/см³.

Точность смешивания и дозирования компонентов на оборудовании не выходит за пределы $\pm 3\%$.

Абразивность и наполнители

Наиболее важными характеристиками наполнителей являются размер частиц и абразивность (твердость по шкале Мооса). Размер частиц наполнителя определяет вязкость, теплопроводность, прочность и другие характеристики смеси и полимеризованного компаунда. В мировой практике размер частиц наполнителя более 10 мкм используется крайне редко. Пороговым значением является размер 100 мкм. По нашим данным в ряде отечественных силиконовых продуктов могут содержаться частицы наполнителя размером более 300 мкм.

Содержание в компаунде высокоабразивных наполнителей (например, оксида кремния с твердостью по шкале Мооса около 7 ед.) может привести к высокому износу деталей насосов, клапанов, трубопроводов и смесителей и даже вывести оборудование из строя (рис 3). Для нормальной работы оборудования с крупными и высокоабразивными наполнителями производитель вынужден использовать специальные версии насосов, клапанов и других узлов. В поставляемой нашей компанией номенклатуре оборудования есть специализированное решение для автоматизации высоконаполненных компаундов – Vectomix TC (рис 4).

Установка Vectomix TC способна дозировать такие материалы, как двухкомпонентный теплопроводящий силиконовый компаунд Momentive TIA 219R со следующими характеристиками:

- соотношение смешивания А:В 100:100;
- размер минимальной возможной дозы от 1 мл;
- вязкость компонентов $A \approx 9000$ сПз, $B \approx 7000$ сПз;
- плотность компонентов А и В $\approx 2,7$ г/см³;
- наполнитель на основе оксида алюминия, твердость по шкале Мооса -9 единиц;
- точность смешивания и дозирования компонентов находится пределах $\pm 3\%$.

Для повышения износостойкости трущиеся детали плунжерных насосов и клапанов выполнены из карбида вольфрама. Ресурс машины составляет около 1000 часов непрерывной работы. Все смачиваемые детали и магистрали сделаны из нержавеющей стали, что исключает возникновение нежелательных химических реакций.

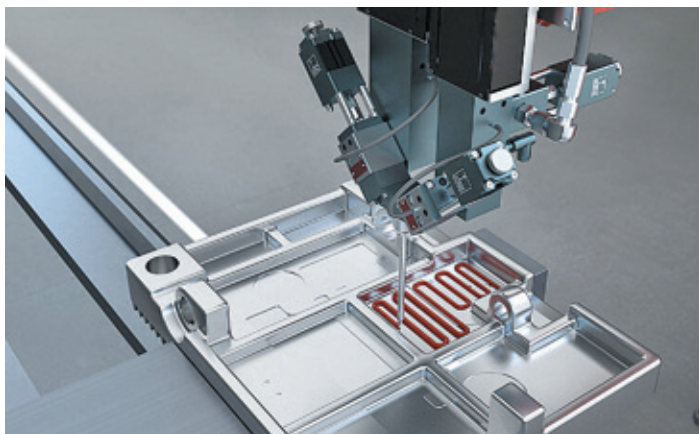
Химическая стабильность и агрессивность

Большинство силиконовых компаундов, произведенных в РФ, имеет в своем составе катализатор, который основан на аминсилане. Он может оказывать разрушающее воздействие на резиновые уплотнители и иные полимерные детали в составе оборудования. При решении задачи по автоматизации все уплотнители и иные полимерные детали установки Dopag Eldomix (рис 5)



3

Сломанная деталь насоса. Наполнитель заблокировал насос, в результате чего нагретая стальная пластина корпуса лопнула



4

Vectomix TC: специализированная система для дозирования и смешивания теплопроводящих материалов



5

Установка смешивания и дозирования двухкомпонентных материалов Dopag Eldomix 100

ТЗ

Сравнение возможностей систем дозирования

МАТЕРИАЛ		СООТНОШЕНИЕ СМЕШИВАНИЯ	МИНИМАЛЬ- НАЯ ВОЗМОЖ- НАЯ ДОЗА, МЛ	ПОГРЕШНОСТЬ СМЕШИВАНИЯ/ ДОЗИРОВАНИЯ	СКОРОСТЬ ПОДАЧИ, МЛ/МИН
Виксинт У-2-28, Виксинт У-1-18	Оборудование Dorag	100:2:2, 100:0,25 (400:1)	1	+/-3 %	10-100, 10-100
	Оборудование компании А	Не реализуемо	Не реализуемо	Не реализуемо	Не реализуемо
Виксинт К-68 Виксинт ПК-68	Оборудование Dorag	100:3- 100:5	0,4	+/-3 %	10-1000
	Оборудование компании А	От 100:5	5	+/-10 %	От 500

были изготовлены из специальной химически стойкой резины.

Пожароопасность

Температура вспышки катализаторов многих отечественных компаундов не превышает 30 °С, что означает их принадлежность к ЛВЖ. А это значит, что при проектировании оборудования необходимо принять дополнительные меры безопасности. Специалисты ГК Остек и производитель оборудования Dorag внимательно изучают все свойства компонентов и их смеси до начала проектирования установки. При обнаружении признаков пожароопасности в конструкцию машины закладываются соответствующие

компоненты и алгоритмы работы, чтобы исключить возникновение аварийных ситуаций.

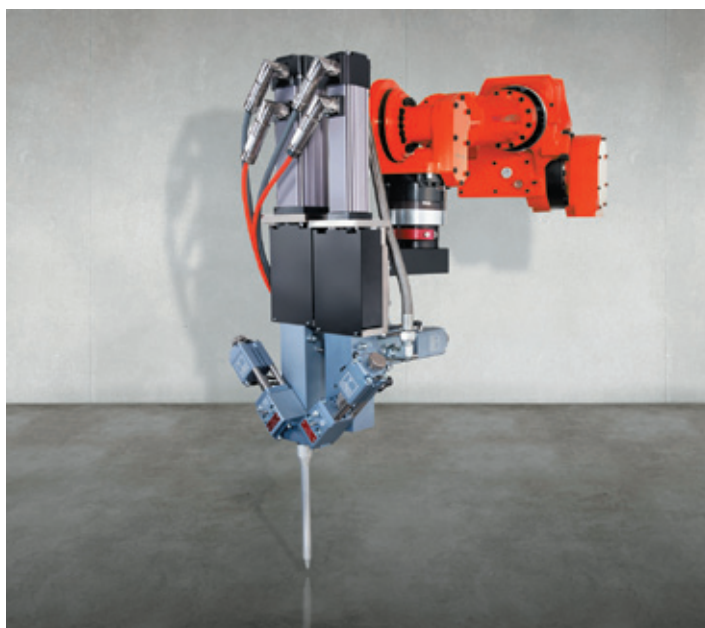
Катализатор одного из самых распространенных отечественных силиконовых компаундов Виксинт К 68 имеет точку вспышки ≈ 25 °С. В процессе производства установки Dorag Eldomix для смешивания и дозирования этого компаунда были применены следующие меры безопасности:

- система выравнивания потенциалов;
- система насыщения бака В осушенным азотом;
- электронные компоненты во взрывозащищенном исполнении (Ex);
- защитные перегородки;
- система запрета работы при отсутствии вентиляции на рабочем месте.

Характеристики оборудования

При автоматизации столь непростых отечественных компаундов ключевую роль играет правильно выбранное оборудование. На первый взгляд, установки смешивания и дозирования различных производителей схожи по принципу работы, могут незначительно отличаться рядом характеристик и стоимостью. Но опыт работы с клиентами и материалами показывает, что дьявол кроется в мелочах. Неправильно выбранное под материал и задачу оборудование, его конфигурация, тип насосов, система смешивания могут совсем не соответствовать ожидаемым результатам в процессе эксплуатации. И этому есть подтверждения, когда заказчик выбирал оборудование по цене, не погружаясь в нюансы смешивания и дозирования нестандартных материалов. В итоге – существенная погрешность смешивания или дозирования, низкая повторяемость, ограниченная или нестабильная скорость подачи. Пример сравнения возможностей систем дозирования приведен в ТЗ.

Команда Остека обладает обширными знаниями по автоматизации отечественных силиконовых компаундов и уже более 10 лет успешно справляется с подобными задачами. В перечень реализованных в России проектов вхо-



6

Установка смешивания и дозирования двухкомпонентных материалов Dorag Vectomix

Т 4

Примеры автоматизации отечественных материалов на оборудовании Dorag

МАТЕРИАЛ	ЗАДАЧА	ОБОРУДОВАНИЕ	СООТНОШЕНИЕ СМЕШИВАНИЯ	МИНИМАЛЬНО ДОСТУПНАЯ ДОЗА, мл	СКОРОСТЬ ПОДАЧИ, мл/мин	ПОГРЕШНОСТЬ СМЕШИВАНИЯ/ ДОЗИРОВАНИЯ
Виксинт У-1-18	Герметизация разъемов	Dorag Metamix	100:0,25 (400:1)	1	10-100	+/-3 %
Виксинт К-68	Герметизация электронных узлов	Dorag Vectomix	100:3	2	30-100	+/-3 %
Силагерм 2113	Заливка источников питания	Dorag Eldomix 100	100:15	3	100-750	+/-3 %
Пентэласт 722	Герметизация радиопередатчика	Dorag Vectomix	100:3	5	40-300	+/-3 %
Виксинт ПК-68	Заполнение оболочки кабеля	Dorag Eldomix 600	100:3	10	120-1000	+/-3 %

дят системы дозирования таких материалов, как Виксинт У-1-18, У-2-28, У-4-21, К-68, ПК-68, а также Силагерм и Пентэласт (рис 6, Т 4). Наши специалисты нашли решение по автоматизации сложных материалов с наполнителями, включая кварцевую муку и оксид алюминия, вспененных материалов, материалов с коэффициентом смешивания от 100:100 до 100:0,25.

Если у вас есть задачи по автоматизации смешивания и дозирования компаундов, импортных или отечественных, любого уровня сложности – доверьте дело

профессионалам! Наши специалисты предоставят консультации по любым вопросам, окажут помощь в подготовке технического задания, проведут демонстрацию оборудования в демозале ГК Остек, а также испытают ваш материал для подтверждения работоспособности оборудования и решения поставленных задач.

Заявки направляйте по электронной почте dispensing@ostec-group.ru или по телефону 8 (495) 788-44-44, ООО «Остек-Интегра».

