

# КЛЕИ. ГЕРМЕТИКИ. ТЕХНОЛОГИИ

АО «ОНПП «Технологии»  
им. Л. П. Ромашина  
научно-техническая  
библиотека СИФ  
ИНВ. №

**2018**



ИЗДАЕТСЯ С ИЮЛЯ 2004 Г.

# КОЛЕИ, ГЕРМЕТИКИ, В ТЕХНОЛОГИИ 1 2018

АО «ОНПП «Технология»  
им. А.Г. Ромашина

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ БИБЛИОТЕКА СИФ  
И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ

**Орган Института химической физики им. Н.Н. Семёнова РАН**

Рекомендован ВАК для публикации результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук  
Журнал вошел в Russian Science Citation Index (RSCI) на базе Web of Science

## Редакционная коллегия:

**Главный редактор**

академик РАН А.А. Берлин

**Заместители главного редактора:**

А.П. Петрова, д-р техн. наук, проф.,

Г.В. Мальшева, д-р техн. наук, проф.

**Члены редколлегии:**

Аниховская Л.И., канд. техн. наук

Аронович Д.А., канд. хим. наук

Бабаевский П.Г., д-р техн. наук, проф.

Войтович В.А., канд. техн. наук

Гладков С.А.

Морозов Ю.Л., д-р техн. наук, проф.

Новиков И.А., академик РАН

Осинич В.С., д-р техн. наук

Резниченко С.В., д-р техн. наук, проф.

Семцов-Емельянов И.Д., д-р техн. наук, проф.

Степанов О.В., д-р техн. наук



С 2007 г. журнал переводится на английский язык и выпускается издательством "Pleiades Publishing, Ltd" как приложение к журналу "Polymer Science, Series D", распространение которого осуществляет издательство "Springer".

Переводная версия журнала входит в международные реферативные базы данных систем цитирования (индексирования): Academic OneFile, Chemical Abstracts Service (CAS), El-Compendex, Expanded Academic, Google Scholar, INSPEC, OCLC, PASCAL, SCImago, SCOPUS, Summon by Serial Solutions.

## СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

**Мухаметов Р.Р., Ахмадиева К.Р.** Лестничные полимеры и возможность создания термостойких композитов на их основе . . . 2

**Романов С.В., Панов Ю.Т., Ботвинова О.А.** Влияние количества жестких блоков на физико-механические свойства герметиков и покрытий на основе полимочевины. . . . . 11

**Лискарев М.С., Гильман А.Б., Кечекиян А.С., Кузнецов А.А.** Адгезионные свойства пленок полипиромеллитимида, модифицированных в разряде постоянного тока . . . . . 16

**Мяделец В.В., Касперович А.В.** Исследование влияния модификации поверхности измельченного вулканизата на характер взаимодействия с эластомерной матрицей. . . . . 20

## ТЕХНОЛОГИЯ

✓ **Харитонов Д.В., Анашкина А.А., Моторнова М.С., Шмидт Л.А.** Технологические аспекты приготовления кремнийорганического герметика Виксинт У-2-28НТ для использования в силовых конструкциях керамических изделий . . . . . 26

## ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

**Лукин В.И., Кондрашов Э.К., Саморуков М.Л., Гриднев Ю.М.** Герметизирующие антикоррозионные пасты для контактной точечной сварки алюминиевых сплавов . . . . . 32

## ИНФОРМАЦИЯ

Конференция Олигомеры-2017. . . . . 38

Новости литературы . . . . . 40

В  
Н  
О  
М  
Е  
Р  
Е

УДК 666.266.6

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОГО ГЕРМЕТИКА ВИКСИНТ У-2-28НТ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИЛОВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Д.В. Харитонов<sup>1</sup>, д-р техн. наук, А.А. Анашкина<sup>1</sup>, канд. техн. наук, М.С. Моторнова<sup>1\*</sup>, Л.А. Шмидт<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина» (249031, Калужская обл., г. Обнинск, Киевское шоссе, д. 15; \*e-mail: motornovamariya@gmail.com)

<sup>2</sup>VMA-GETZMANN GMBH (51580, Germany, Reichshof, Euelerhammerstraße 13; e-mail: Lilli.Schmidt@vma-getzmann.de)

Статья поступила 08.10.2017

Приведен обзор существующего лабораторного оборудования для перемешивания высоковязких сред. Показано, что стабильную дозировку компонентов герметика Виксинт У-2-28НТ и его однородность при перемешивании обеспечивают устройства DISPERMAT AE фирмы VMA-GETZMANN. Разработанная автоматизированная технология перемешивания кремнийорганического герметика Виксинт У-2-28НТ с использованием установки DISPERMAT AE03С, которая включает фрезу со скребком особой конструкции и вакуумную систему CDS. Технология внедрена в серийное производство керамических изделий, где герметик Виксинт У-2-28НТ используют в соединениях металл—керамика.

**Ключевые слова:** герметик Виксинт У-2-28НТ, соединения металл—керамика, однородное перемешивание, устройства для однородного перемешивания, автоматизированная технология перемешивания, вакуумная система CDS, специальная фреза

Герметик Виксинт У-2-28НТ был разработан ВИАМ во второй половине XX века и предназначался главным образом для герметизации клепаных, болтовых и сварных соединений конструкций и приборов. Герметик представляет собой пастообразный уплотнительный материал розового или белого цвета, обладающий способностью переходить из пастообразного в резиноподобное состояние после перемешивания с катализатором № 28 и гидрофобизирующей жидкостью 136—41 при комнатной температуре [1].

В конце прошлого века герметик Виксинт У-2-28НТ стали использовать не только для герметизации изделий, но и для обеспечения достаточной прочности в силовых конструкциях керамических изделий. Во втором случае герметик выполняет роль эластичного адгезива между поверхностями металла и керамики.

Долгое время вопрос соединения керамической и металлической частей конструкции

оставался открытым. Прodelывание отверстий для болтовых соединений в керамическом материале затруднительно, поскольку любые нарушения его целостности приводят к появлению локальных напряжений, которые существенно снижают прочность изделия. Оптимальным решением данной проблемы стало соединение керамики и металла через слой кремнийорганического герметика.

В данном случае важное значение имеет соблюдение точной рецептуры приготовления герметика и равномерность перемешивания его компонентов, поскольку данные факторы влияют непосредственно на силовые характеристики изделий: малейшие неточности могут значительно снизить прочность клеевого соединения, что приведет к получению на выходе продукции ненадлежащего качества.

В связи с тем, что в керамических изделиях предусматривается использование герметика Виксинт У-2-28НТ в виде силовой части конструкции, возникает вопрос об оценке дан-

ного эффекта. В качестве контролируемого параметра, характеризующего качество приготовленного герметика, была выбрана прочность клеевого соединения при сдвиге ( $\tau_{сдв}$ ). Под прочностью при сдвиге понимается касательное напряжение, вычисленное как отношение разрушающей нагрузки, сдвигающей одну половину образца относительно другой, к площади, по которой происходит сдвиг:

$$\tau_{сдв} = P/S,$$

где  $P$  — разрушающая нагрузка, кгс;  $S$  — площадь склеивания, см<sup>2</sup>.

Сами образцы для испытаний представляют собой плоские металлические пластины, склеенные слоем герметика с керамической призмой (рис. 1). Одна партия включает в себя 6 образцов. Конечная прочность клеевого соединения при сдвиге определяется как среднее значение по шести образцам. До недавнего времени приготовление герметика Виксинт У-2-28НТ при производстве керамических изделий осуществляли вручную: оператор соединял компоненты суммарной массой 350—450 г в керамической чашке и затем перемешивал их металлическим шпателем в течение 5—8 мин. В связи с высокой вязкостью пасты (более 1200 Па·с) и малым содержанием остальных компонентов (не более 4% (мас.)) равномерно перемешать герметик представляется затруднительным. Отсутствие равномерного перемешивания приводит к наличию градиента физико-технических свойств по объему герметика, что может являться причиной снижения надежности клеевого соединения керамики и металла.

Таким образом, ручной способ перемешивания не исключает вероятность ошибки при дозировании компонентов и, кроме того, не обеспечивает их равномерное перемешивание. Последний факт наглядно демонстрирует рис. 2, на котором показаны данные по разбросу значений прочности клеевого соединения при сдвиге в рамках каждой отдельной партии образцов, изготовленных, в свою очередь, из партий герметика, произ-

веденного на предприятии за 2-месячный период с использованием ручного перемешивания. Видно, что величина относительного стандартного отклонения достигает 20%.

Кроме того, если посмотреть на средние значения прочности по различным партиям герметика Виксинт У-2-28НТ, которые были взяты в работу в течение года, можно увидеть, что прочность и разброс варьируются от партии к партии (табл. 1).

Таким образом, одной из основных задач на пути к стабильному и успешному производству керамических изделий является автоматизация процесса приготовления герметика Виксинт У-2-28НТ, а именно процессов дозирования и перемешивания его компонентов.

Казалось бы, в мире существует большое количество перемешивающих устройств для различных материалов. Однако такие факто-

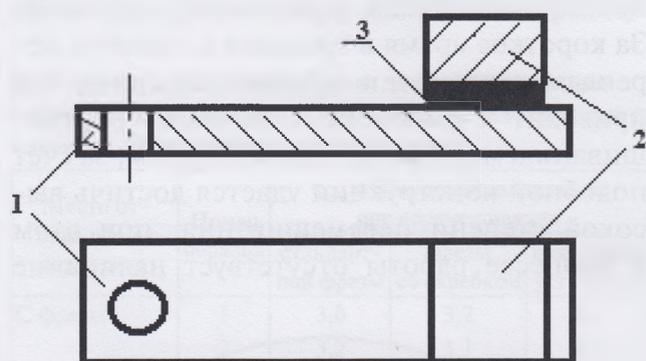


Рис. 1. Образец для испытаний на прочность при сдвиге клеевого соединения металл—керамика: 1 — металлическая пластина; 2 — керамическая призма; 3 — герметик Виксинт У-2-28НТ



Рис. 2. Разброс значений прочности при сдвиге клеевого соединения металл—керамика при ручном способе перемешивания герметика

### 1. Прочность клеевого соединения металл—керамика при сдвиге для различных партий герметика Висксинт У-2-28НТ

Номер партии герметика	$\tau_{сдв}$ , МПа	$\gamma$ , %	$\tau_{сдв\ min}/\tau_{сдв\ max}$ , МПа
1	$3,7 \pm 0,8$	22,1	1,7/5,6
2	$4,5 \pm 0,3$	7,7	3,6/5,2
3	$4,3 \pm 0,3$	7,7	3,3/5,4
4	$3,9 \pm 0,4$	10,4	2,5/5,0
5	$3,5 \pm 0,4$	11,1	2,0/4,5

ры, как высокая вязкость герметика Висксинт У-2-28НТ, а также небольшое количество перемешиваемой пробы (не более 500 г), значительно сузили круг возможного оборудования.

Так, большой интерес представляют машины серии PLANETRON НКV фирмы ИКА, которые предназначены для работы с высоковязкими средами. Основной принцип работы данных машин заключается во вращении одной месильной лопасти относительно другой (планетарно) (рис. 3). За короткое время в продукте создаются перепады давления и межфазный сдвиг, что приводит к высококачественному перемешиванию материала. Таким образом, за счет подобной конструкции удается достичь высокой степени перемешивания, при этом в процессе работы отсутствует налипание

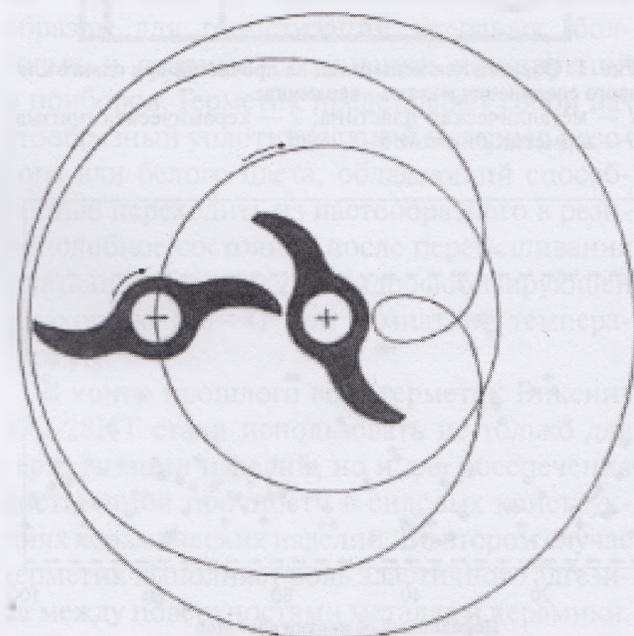


Рис. 3. Принцип работы машин серии PLANETRON НКV-1 фирмы ИКА [2]

высоковязкого материала на поверхности лопастей (при движении происходит их взаимное очищение). Недостатками машины PLANETRON НКV-1 являются ограничение минимальной загрузки высоковязкого материала (не менее 500 мл), а также ее достаточно высокая стоимость. Кроме того, массивная конструкция реакционной чаши не позволяет производить взвешивание компонентов герметика непосредственно в ней, что вносит ошибки в соотношение масс компонентов.

Также на рынке существует система для одновременного дозирования и смешивания компонентов герметика Висксинт У-2-28НТ — установка Dopag Metadis фирмы DOPAG (Германия/Швейцария) [3]. Смешивание компонентов герметика осуществляется в статическом смесителе. Недостатком данной установки является то, что она предназначена для непрерывного производства. Через статический смеситель постоянно должны проходить новые порции герметика, иначе начнется его вулканизация внутри смесителя и потребуются замена последнего, что является экономически невыгодным. Данный фактор является критичным для дискретного производства керамических изделий.

В результате долгие поиски оборудования, способного справиться с поставленной задачей, привели к перемешивающим устройствам серии DISPORMAT AE фирмы VMA-GETZMANN (Германия) (рис. 4) [4]. Данная компания специализируется на разработке лабораторного и промышленного оборудования для перемешивания различного типа материалов. Емкостью для перемешивания компонентов герметика служит металлический стакан объемом от 125 до 5000 мл. Стандартная перемешивающая фреза представлена на рис. 5. Конструкция фрезы позволяет привести смесь во вращательное нетурбулентное движение (рис. 6).

Однако стандартная фреза не рассчитана на высоковязкие среды, такие как герметик Висксинт У-2-28НТ. Основной задачей было подобрать такую фрезу, которая бы эффективно перемешала компоненты герметика. Были

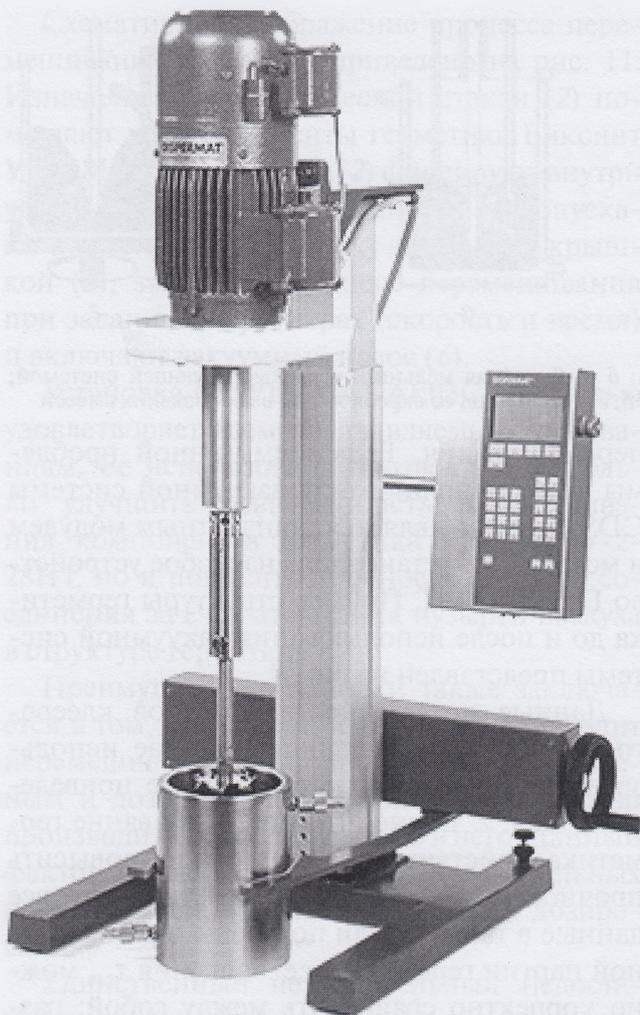


Рис. 4. Общий вид устройства DISPORMAT AE фирмы VMA-GETZMANN (Германия) [4]



Рис. 5. Конструкция стандартной фрезы для перемешивания лакокрасочных материалов [4]

рассмотрены несколько уже готовых технологических решений (рис. 7), однако и они не в полной мере удовлетворяли всем требованиям.

Основной проблемой являлось оседание герметика на стенках стакана и, как следствие, равномерное перемешивание герметика только в объеме. Даже последний вариант со скребком (рис. 7, г)

не справился с перемешиванием материала вязкостью более 1200 Па·с.

В связи с этим была разработана фреза со скребком особой конструкции (рис. 8), которая позволила равномерно распределять герметик не только в объеме, но и по стенкам стакана. Скребок помимо металлической основы содержит фторопластовые накладки, что обеспечивает легкое скольжение фрезы по стенкам стакана и, кроме того, способствует ее легкому очищению от герметика после перемешивания.

Для подтверждения эффективности данной конструкции фрезы были проведены испытания образцов на прочность клеевого соединения при сдвиге. Результаты испытаний приведены в табл. 2. Видно, что в случае использования фрезы со скребком герметик во всем объеме стакана равномерно застыл. Кроме того, если сравнить полученные значения разброса  $\tau_{сдв}$  с результатами, полученными при ручном перемешивании гермети-

2. Влияние конструкции фрезы для перемешивания герметика Виксинт У-2-28НТ на прочность при сдвиге клеевого соединения металл—керамика

Место отбора пробы герметика	Номер образца	$\tau_{сдв}$ , МПа, с использованием при перемешивании		
		стандартной фрезы	фрезы со скребком	вакуумной установки
С фрезы	1	3,0	3,2	4,1
	2	3,2	3,1	4,1
Со стенки стакана	3	Герметик не застыл	3,3	4,0
	4	2,5	3,1	4,3
Из основной массы	5	Герметик не застыл	3,1	4,3
	6	3,1	3,3	4,1
Средние значения прочности		$2,9 \pm 0,1$	$3,2 \pm 0,1$	$4,1 \pm 0,1$

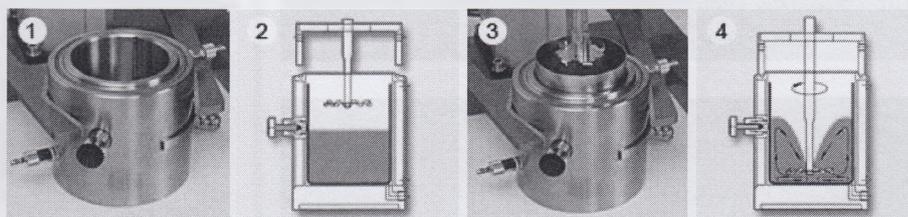


Рис. 6. Принцип перемешивания лакокрасочных материалов с помощью стандартной фрезы [4]:

1 — двустенная емкость; 2 — схематичное изображение системы до перемешивания; 3 — емкость для загрузки компонентов; 4 — схематичное изображение процесса перемешивания

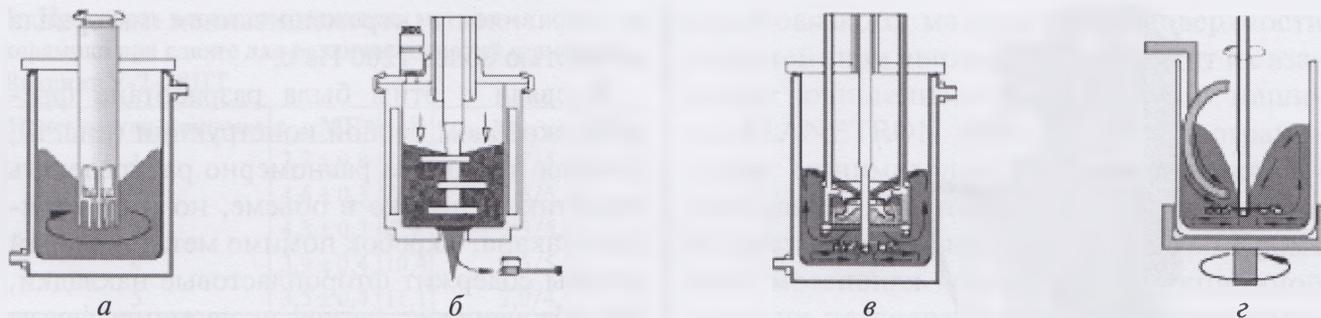


Рис. 7. Конструкции фрез для перемешивания [4]:

*а* — роторно-статорная система с диспергирующей системой; *б* — бисерная мельница с диспергирующей системой; *в* — погружная коробовая мельница с диспергирующей системой; *г* — мельница со скребком для высоковязких смесей

ка (см. табл. 1), то можно увидеть, что разброс сократился в среднем на 76%.

Таким образом, проблема неравномерно перемешивания герметика Виксинт У-2-28НТ была решена посредством разработки фрезы особой конструкции. Однако было обнаружено, что часто имеют место случаи снижения прочности клеевого соединения из-за воздушных пузырей в структуре герметика после вулканизации вследствие попадания воздуха в массу герметика в процессе его

перемешивания. Решением данной проблемы стало использование вакуумной системы CDS, которая является стандартным модулем и может быть установлена на любое устройство DISPERMAT. Пример структуры герметика до и после использования вакуумной системы представлен на рис. 9.

Данные по прочности образцов клеевого соединения при сдвиге в случае использования вакуумной системы также приведены в табл. 2. Видно, что вакуумирование герметика действительно позволило повысить прочность на 31%. Важно отметить, что все данные в табл. 2 были получены в рамках одной партии герметика, т.е. значения  $\tau_{сдв}$  можно корректно сравнивать между собой: разброс не зависит от партии герметика, а среднее значение прочности может варьироваться от партии к партии.

Таким образом, исходя из требований, предъявляемых к герметику Виксинт У-2-28НТ, была разработана установка DISPERMAT AE03C, общий вид которой представлен на рис. 10.

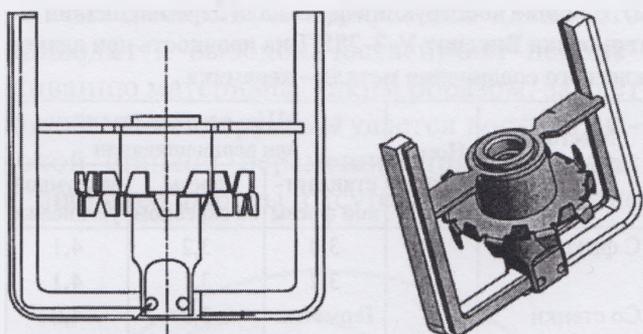


Рис. 8. Конструкция перемешивающей фрезы со скребком, разработанная специально для герметика Виксинт У-2-28НТ

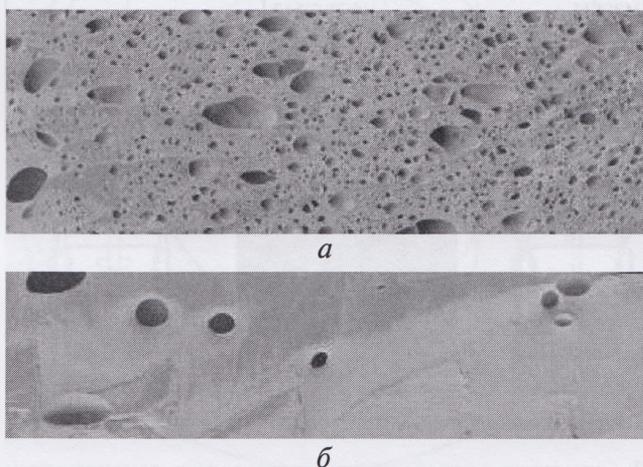


Рис. 9. Структура герметика без вакуумирования (*а*) и с вакуумированием (*б*)

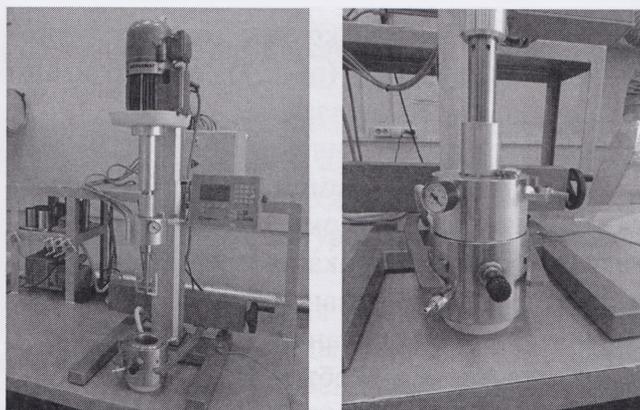


Рис. 10. Установка DISPERMAT AE03C для перемешивания герметика Виксинт У-2-28НТ

Схематичное изображение процесса перемешивания герметика приведено на рис. 11. Изначально в металлический стакан (2) помещают все компоненты герметика Виксинт У-2-28НТ. Затем стакан (2) фиксируют внутри установки в двустенной емкости (4), опускают в него фрезу (1), сверху закрывают крышкой (5), запускают процесс перемешивания при заданных параметрах (скорость и время) и включают вакуумный насос (6).

Установка DISPERMAT AE03C полностью удовлетворяет всем предъявляемым требованиям. Ее использование позволило не только улучшить равномерность перемешивания компонентов герметика Виксинт У-2-28НТ, но и повысить прочность клеевого соединения за счет отсутствия пузырей воздуха в структуре герметика.

Преимущество установки также заключается в том, что стакан, в котором происходит перемешивание компонентов, является съемным и дозирование компонентов возможно производить непосредственно в него. Данный фактор позволяет избежать дополнительных погрешностей, вносимых в процессе дозирования.

Единственный незначительный недостаток установки заключается в том, что удаление герметика с поверхности фрезы после перемешивания является трудоемкой задачей. В связи с этим в настоящее время ведется совместная работа по разработке фрезы, материал которой не будет иметь адгезии к герметику. Предложены несколько вариантов решения данной проблемы: нанесение на поверхность фрезы специального покрытия, а также изготовление фрезы полностью из полимерного материала.

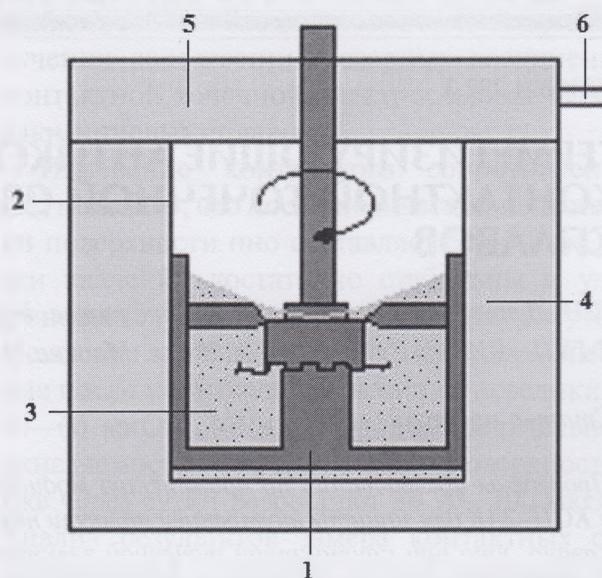


Рис. 11. Схема процесса перемешивания герметика Виксинт У-2-28НТ с помощью установки DISPERMAT AE03C: 1 — фреза; 2 — металлический стакан; 3 — герметик; 4 — двустенная емкость; 5 — крышка; 6 — кран для стравливания воздуха

Установка DISPERMAT AE03C была введена в серийное производство керамических изделий. В течение двух лет эксплуатации она зарекомендовала себя как высокотехнологичное и эффективное оборудование, которое успешно справляется с задачей приготовления однородного по своим свойствам и обладающего повышенной прочностью герметика Виксинт У-2-28НТ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТУ 38.303-04-04-90. Герметики кремнийорганические.
2. [www.ika.com](http://www.ika.com)
3. Петров А. Русские идут! Невозможное возможно. Автоматизация применения отечественных двухкомпонентных материалов // Вектор высоких технологий. 2014. № 3 (8). С. 50—56.
4. [www.vma-getzmann.de](http://www.vma-getzmann.de)