

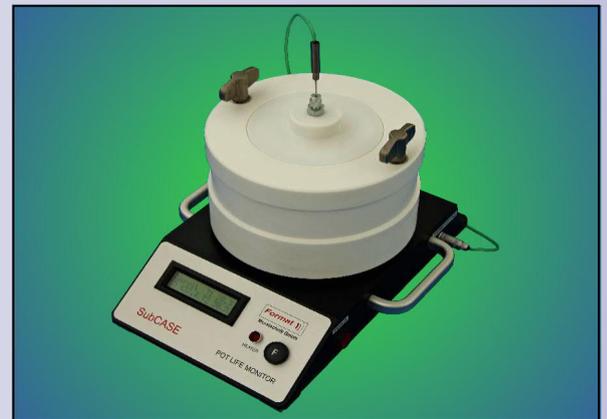
**Format )))**

**Messtechnik GmbH**

®

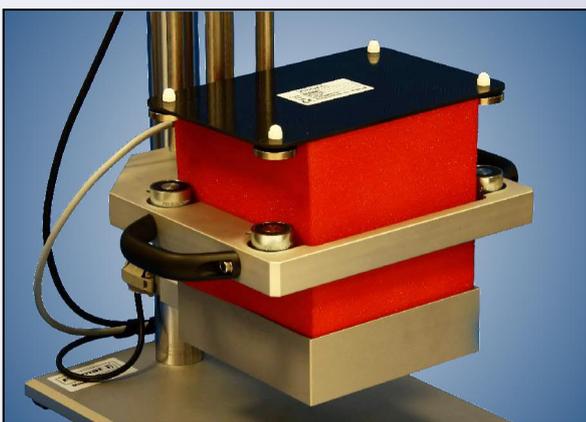


Система изучения пены  
**FOAMAT® 285**



Анализатор отверждения  
**SubCASE®**

**Format**  
Оборудование  
для анализа



Тетстер вязкоэластичной пены  
**Resimat®**



Измерение толщины  
**Sonic Joker®**

# FOAMAT® 285

## Универсальная система анализа пены



**Рис. 1:** Универсальная система анализа пены **FOAMAT 285** поставляется с различными контейнерами. Базовая система включает стенд, УЗ-датчик с вентилятором **LR 4**, систему контроля с программой **FOAM**. Усовершенствованные емкости **ATC** и **ATC XL** (слева) самые сложные контейнеры. Инновационный контейнер-короб **BFC 200** используется для блочной пены. Приборы измерения давления пены **FPM 2**, **FPM 70** и **FPM 150** (справа) используют одноразовые картонные цилиндры разного диаметра. Также можно использовать одноразовые стаканы. Патенты: 3621819, 19730891 и 10044952

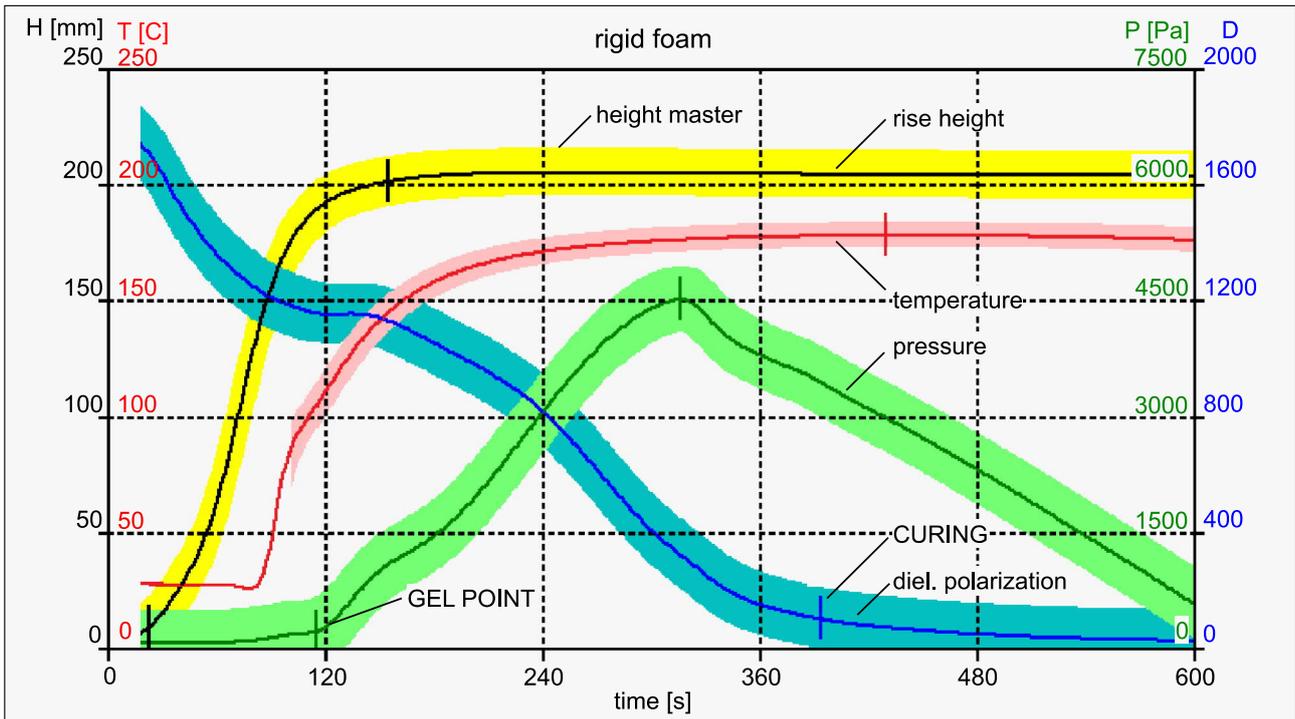
### Параметры формирования

Качество пенополиуретана (ПУ), полиизоциануратной пены (ПИР), фенольной и эпоксидной пены зависит от условий их образования. Поэтому важно регулярно отбирать пробы и регистрировать параметры их формирования. Стабильное качество продукта обеспечивается измерением параметров пласта в процессе пенообразования. Измеренные кривые сравниваются с указанными стандартами в виде основных кривых. Многие поставщики автомобильных систем применяют этот метод к деталям и модулям салона автомобиля. Мебельная промышленность, наряду со строительством и изоляцией оборудования, также измеряет параметры пласта для обеспечения качества. Когда разрабатываются пенные детали со специальными свойствами, измерение параметров пенообразования дает представление о том, как протекает реакция и как на пенообразование могут влиять добавки, стабилизаторы, вспенивающие агенты, и коэффициент смешивания.

Предлагая различные типы контейнеров, новая система анализа пены FOAMAT 285 сочетает в себе универсальность и высокую точность измерений. FOAMAT 285 является последующей моделью хорошо зарекомендовавшей себя системы анализа пеноматериалов FOAMAT 281.

### Профиль подъема

Классический метод определения характеристик пены заключается в измерении высоты подъема или профиля подъема. Расширение образца пены может быть измерено в чашке, коробке или цилиндре. Критическое время запуска оценивается по скорости нарастания. Это указывает на начало реакции между реакционноспособными компонентами после смешивания. Время нарастания является еще одним фундаментальным параметром пены. Он определяется как время между началом смешивания и максимальным расширением пены. Новый ультразвуковой (УЗ) датчик-вентилятора LR 4 (рис. 1, 5, 7) специально разработан для измерения расстояния до пенной булочки с высокой точностью.



**Рис 2:** Кривые показывают реакцию твердой пены, измеренную FOAMAT с FPM / CMD 150. Высота подъема (H), температура реакции (T), давление подъема (P) и диэлектрическая поляризация (D) записываются одновременно программой FOAM. Цветные области являются основными кривыми для контроля качества.

Он оснащен встроенным вентилятором для гомогенизации воздуха, УЗ-преобразователем и датчиком температуры для компенсации скорости звука. Могут быть измерены все типы пены, включая гибкие формованные и слябовые пены, полужесткие пены и жесткие пены с сильным тепловыделением. Расширительные емкости могут быть нагреты для обеспечения одинаковых условий запуска, а также для достижения необходимой температуры реакции. При проверке качества, профиль нарастания, который является отпечатком пены, сравнивается с его основной кривой. Основная кривая (рис. 2) представляет собой полосу допусков, показывающую границы «хорошего» образца пены. В то время как измерение высоты подъема все еще остается стандартным методом тестирования пены, доступны дополнительные датчики FOAMAT, раскрывающие больше деталей процесса пенообразования.

**Температура реакции**

Формирование соединения и сшивание вызывает экзотермическое повышение температуры в пене. Тонкие термопары идеально подходят для измерения температуры внутри пены, поскольку они обладают низкой теплоемкостью и просты в применении. Они практически не мешают образованию пены и могут использоваться повторно. Макс.внутренняя температура измеряется путем помещения термопары в нижнюю треть пены.

**Нарастание пены**

Давление нарастает, когда начинается реакция гелеобразования. Формируются устойчивые клеточные стенки, которые препятствуют дальнейшему расширению пены. Остальные вспенивающие агенты улавливаются и нагреваются. Повышение давления газа вызывает напряжение в пене. Силы высокого давления создают жесткими пенопластами при производстве стеновых элементов и теплоизоляционных панелей. Они находятся под прямым углом к направлению потока пены. В цилиндрических контейнерах напряжение на дне образца из

жесткой пены может достигать высоких значений. Результирующая нагрузка называется «давлением подъема», поскольку она зависит от общей высоты подъема. Повышение давления измеряется с помощью запатентованного устройства измерения давления пены FPM (рис. 3), которое доступно с цилиндрами диаметром 70, 100 и 150 мм. Напряжение расширяющейся пены нагружает дно цилиндра, где приложенное усилие измеряется датчиком нагрузки. Объем расширения ограничен ст

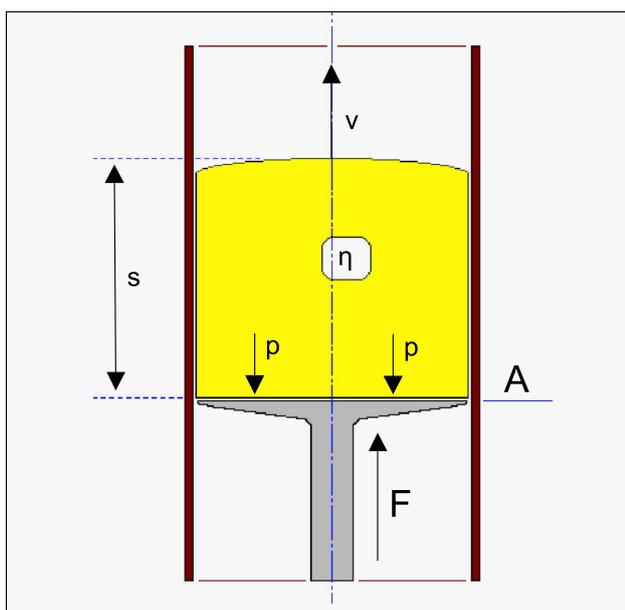


**Рис.3:** Картонный цилиндр (справа) с отвержденным образцом пены можно извлечь из FPM 150. Датчик CMD (Curing Monitor Device) устанавливается поверх прижимной плиты FPM 150 (слева). Это позволяет одновременно измерять диэлектрическую поляризацию и повышение давления.

Тонкая фольга защищает основание от загрязнения. FPM заменяет обычные тестовые чашки и коробки. В то время как кривая нарастания отражает образование вспенивающего агента, давление нарастания отражает свойства ячейки, на которые влияет реакция полимеризации. Измерение давления может дать ценную информацию о влиянии катализаторов на гелеобразование. Кроме того, повышение давления определяет точку выброса гибких пен и может различать образование открытых и закрытых ячеек. Кривая давления показывает объективную точку геля. Для производственных целей снижение давления указывает на время демонтажа. Поскольку пена может свободно расширяться до вершины во время измерения давления, FOAMAT может одновременно измерять профиль подъема. Устройства FPM доступны с различными диаметрами картонных цилиндров. Для пены высокой плотности или низкой скорости экструзии рекомендуется FPM 70 (рис. 6). Объем расширения ограничен картонными трубками диаметром 70 мм. Для пен с низкой плотностью и больших образцов пены предпочтительнее FPM 150 (рис. 3). FPM 2 с диаметром цилиндра 100 мм имеет универсальные характеристики и может использоваться для многих типов пены. Для моделирования условий производства в пресс-форме прижимная пластина FPM может нагреваться с помощью электрического замкнутого контура управления.

**Вязкость / Текучесть**

Особое преимущество измерения давления на дне цилиндрической емкости расширения FPM заключается в том, что она позволяет рассчитывать вязкость пены непосредственно из данных измерений, полученных FOAMAT. Применяется уравнение вязкости Хагена-Пуассейля жидкости в трубе (рис. 4). Модель определяет вязкость силой, которая необходима для перемещения участка пены через трубу с заданной скоростью.



**Рис 4:** Физическая модель уравнения вязкости Хагена-Пуассейля применяется к устройству измерения давления пены FPM.



**Рис. 5:** Потеря веса измеряется лабораторными весами, встроенными в систему FOAMAT. Для этой цели используется остаток пены, оставленный в чаше для смешивания.

Картонный цилиндр FPM напоминает трубку, а сила рассчитывается по показанию давления. Данные о давлении, полученные FPM, и профиль подъема FOAMAT достаточны для расчета кривой вязкости в зависимости от времени. Этот алгоритм интегрирован в программном обеспечении FOAM.

**Диэлектрическая поляризация**

Диэлектрическая поляризация является параметром измерения, который дает представление об электрохимических процессах, происходящих во время пенообразования. Диэлектрическая поляризация в основном обусловлена цепочечными молекулами с большим дипольным моментом, обусловленным их полярными концами (OH, NCO-группы для пенополиуретана и PIR). Формирование цепи предшествует реакции сшивания, которая в конечном итоге подавляет всю подвижность диполя при отверждении. Датчик диэлектрической поляризации CMD (устройство контроля отверждения) расположен на прижимной пластине FPM (рис. 3). Из-за повышения давления пена прижимается к поверхности CMD. Диэлектрическая поляризация измеряется как увеличение емкости относительно пустого контейнера. Диэлектрическая поляризация показывает образование промежуточных соединений, таких как амин, и окончательное отверждение пены путем снижения до низкого и постоянного сигнала, когда химическая реакция завершена. CMD поставляется в комбинации с устройством измерения давления FPM.

**Рис. 6:** Сравнение размеров двух испытательных контейнеров FOAMAT: **FPM 70** (слева) предназначен для измерения высоты подъема и измерения давления образцов пены высокой плотности. На рисунке показана герметизирующая пена в 70-мм картонном цилиндре. Контейнер расширенного тестирования **ATC** (справа) нагревается снизу вверх и имеет полуцилиндрические боковые стенки. Нижняя часть содержит прибор **FPM / CMD 150** для измерения давления и поляризации. Изолированная верхняя часть может быть поднята, чтобы облегчить выброс образца отвержденной пены.



#### Интеграция с весами

Чтобы получить воспроизводимые данные измерений, компоненты реакции должны быть точно взвешены. Несмотря на предельную осторожность со стороны пользователя, остатки, прилипшие к мешалке и оставшиеся в чаше для смешивания, могут привести к неопределенности в массе испытанной пены. Интеграция лабораторных весов в систему FOAMAT (рис. 5) автоматически фиксирует массу каждого компонента в документации партии. Кроме того, потеря веса из-за высвобождения вспенивающих агентов и летучих компонентов в процессе пенообразования, а также из-за плавучести может регистрироваться непрерывно. Масса остатка, оставленного в чаше для смешивания, также может быть измерена. Другим преимуществом интеграции весов является определение плотности пены по массе готового образца пены и его конечной высоты подъема. Новое программное обеспечение FOAM также обеспечивает расчет кривой плотности и кривой удельного объема по кривой высоты подъема, кривой потери веса, геометрии контейнера для испытаний и массе готового образца пены.

#### Условия окр.среды

Температура в помещении, относительная влажность и давление воздуха измеряются метеостанцией GFTB (рис. 7). Все эти метеорологические данные сохраняются вместе с другими данными испытаний и отображаются вместе с другими параметрами измерений.

#### Симуляция производства

Одноразовые стаканы, коробки и картонные цилиндры обычно используются для измерения физических параметров образования реактивных пенных составов. Обычно это тестовые контейнеры без контроля температуры. В реальном производстве формы и другие вспененные поверхности термостатируются. Неопределенные температуры портят корреляцию между лабораторными исследованиями и производством.



**Рис. 7:** Контейнер-короб **BFC 200** (Box Foam Container) помещается на основании стенда. Термопара вставляется в пену с помощью специального держателя для размещения. данные об окр.среде измеряются метеостанцией **GFTB**.



**Рис.8:** Улучшенный контейнер **ATC XL** (центр) имеет в четыре раза больше тестового объема, чем стандартный **ATC** (справа). Каждый из них содержит верхнюю и нижнюю части, которые зажаты пружинными замками. Образец пены (слева) можно легко вытолкнуть сверху через нижнее отверстие.

Это особенно важно для PIR и фенольных пен, которые отверждаются только при повышенных температурах. Улучшенный контейнер ATC и более крупная версия ATC XL (Рис. 8) решают эту проблему с помощью двух замкнутых контуров с регулируемой температурой для нагрева нижней плиты и полцилиндрических боковых стенок. Для измерения параметров пенообразования они включают измерение давления пены (FPM) и устройство контроля отверждения (CMD). Кроме того, температура

активной зоны измеряется с помощью термопары, вставленной через стенку АТС. АТС многоцелевого использования и заменяет расходные материалы, такие как чашки, картонные цилиндры и бумажные коробки.

### Простота управления

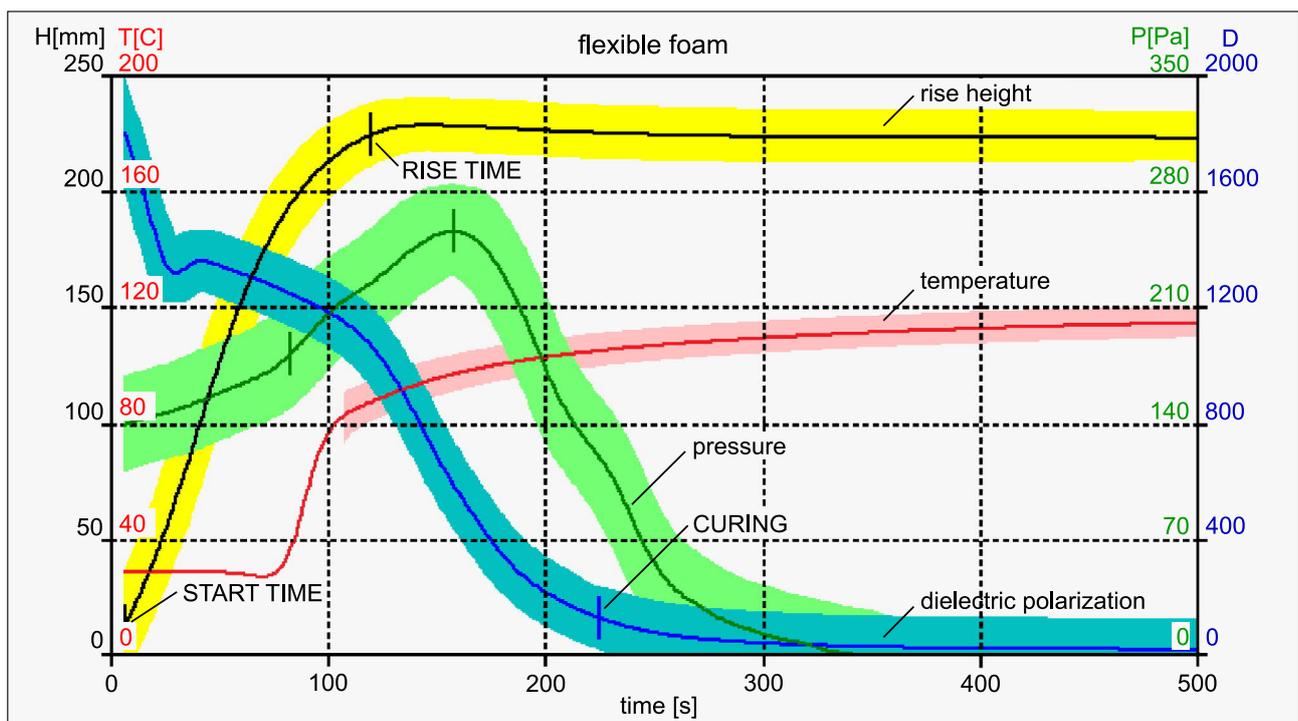
По завершении теста пружинные замки АТС освобождаются. Верхняя часть АТС может быть поднята, и образец пены выбрасывается, просто толкая его вниз. Поскольку внутренняя поверхность АТС покрыта разделительным средством, образец пены можно легко удалить из устройства.

### Надежные результаты испытаний

Благодаря постоянным температурам результаты измерений АТС более сопоставимы с производственной ситуацией. Уменьшение диэлектрической поляризации раскрывает информацию о процессе отверждения. Как и ожидалось, отверждение идет быстрее при более высоких температурах и генерируется больший объем пены. Данные о давлении очень согласуются при измерении с помощью АТС.

В сочетании с новой системой анализа пены FOAMAT 285, АТС является универсальным аксессуаром для измерения параметров пены всех типов составов при выбираемых температурных условиях. Данные о давлении и диэлектрической поляризации дают ценную информацию о том, как добавки влияют на гелеобразование и отверждение пены. Благодаря постоянным повышенным температурам, АТС открывает новое измерение в контроле качества и разработке рецептур из полиуретана, PIR, EPOXY и фенольной пены.

кат.ном. 285256



**Рис. 9:** Кривые профиль подъема ( $H$ ), температура ( $T$ ), давление подъема ( $P$ ), диэлектрическая поляризация ( $D$ ) подвижной полиуретановой пены (PU). Время начала и время подъема оцениваются по данным высоты подъема. Время отверждения определяется по уменьшению диэлектрической поляризации.



®

**Messtechnik GmbH**

# *know your foam !*

**Format** Messtechnik GmbH  
Im Schleht 26  
D-76187 Karlsruhe  
Germany

Phone: +49 721 5311842  
Fax: +49 721 5311844  
E-mail: [info@format-messtechnik.de](mailto:info@format-messtechnik.de)  
Internet: [www.format-messtechnik.de](http://www.format-messtechnik.de)

**ООО "СинЭкс"**

официальный представитель

Тел.: +7 (495) 223-18-03

E-mail: [mf@sineks.ru](mailto:mf@sineks.ru)

Сайт: [www.sineks.ru](http://www.sineks.ru), [www.tirit.org](http://www.tirit.org)

