

Серия SV

*Синусоидальный
Вибровискозиметр*

Справочник пользователя



Версия 1.04
17.09.2003

A&D Company, Limited / Int'l div.

***Революция в измерении
вязкости!***



Содержание

■ Основы

A.	Измерение
-----	3
1. Вязкость-----	3
1. Введение-----	5
2. Вязкость-----	7
3. Единицы измерения вязкости-----	-----
2. Метод измерения-----	8
1. Вибровискозиметр-----	8
2. Ротационный вискозиметр-----	9
3. Капиллярный вискозиметр-----	10
4. Вискозиметр с падающим шариком-----	11
5. Вискозиметр манжетного типа-----	11
B. Стандарт вязкости-----	12
1. Стандарт вязкости-----	12
2. Стандартные растворы для калибровки вискозиметра-----	12
3. Вязкость воды-----	12
C. Калибровка-----	14
Вопрос 1: Калибровка вискозиметра (коэффициента вязкости) пользователем-----	14
Вопрос 2: Калибровочные точки (калибровка по 1 / 2 точкам)-----	15
Вопрос 3: Единство измерений и отчет экспертизы-----	15
D. Точность (Повторяемость)-----	15
Вопрос 4: Точность (повторяемость) вискозиметра-----	15
Вопрос 5: Повторяемость относительно измеренного значения-----	15

■ Прибор (Синусоидальный вибровискозиметр серии SV)

A. Устройство и характеристики синусоидального вибровискозиметра серии SV-----	16
B. Метод измерения-----	18
Вопрос 6: Метод измерения-----	18
Вопрос 7: Почему используются две сенсорные пластины?-----	18
Вопрос 8: Сравнение с ротационным вискозиметром-----	18
Вопрос 9: Сравнение с ротационным вискозиметром для неньютоновских сред-----	18
Вопрос 10: Скорость сдвига вискозиметров серии SV-----	19
C. Измерение вязкости-----	19
Вопрос 11: Время измерений-----	19
Вопрос 12: Размер образца-----	19
Вопрос 13: Повторяемость результатов-----	20
Вопрос 14: Переключение единиц измерения-----	20
Вопрос 15: Разрешение дисплея-----	20
Вопрос 16: Диапазон измерений и замена сенсоров-----	21
Вопрос 17: Диапазон температуры образца-----	21
Вопрос 18: Как определить температуру во время измерений-----	21
Вопрос 19: Как измерить вязкость при постоянной температуре-----	21
Вопрос 20: Как измерять при изменении температуры образца-----	22
Вопрос 21: Какой охладитель следует использовать для водяной рубашки-----	22

Вопрос 22: Измерение растворителя	22
Вопрос 23: Использование контейнера, отличного от стандартных чашек для образца--	22
Вопрос 24: Материал сенсорного устройства	22
Вопрос 25: Измерение вязкости неньютоновской среды	22
Вопрос 26: Измерение образца с низким значением вязкости	23
Вопрос 27: Измерение текущего образца	23
Вопрос 28: Как получить точное абсолютное значение вязкости	24
Вопрос 29: Измерение кинетической вязкости	24
Вопрос 30: Уровень поверхности образца	25
Вопрос 31: Измерение изменений образца во времени	26
D. Накопление и вывод результатов измерений	27
Вопрос 32: Как распечатывать, накапливать и сохранять результаты измерений	27

■ Использование вискозиметра

A. Анализ данных	28
1. Программное обеспечение “WinCT-Viscosity”	28
2. Пример дисплея при использовании программы RsVisco	29
(1) Пример дисплея программы RsVisco (Силиконовое масло)	29
(2) Пример измерения вязкости дистиллированной воды	30
(3) Пример измерения вязкости краски на водной основе (лак, краска)	31
(4) Примеры измерения вязкости продуктов питания	32
Измерения вязкости процесса коагуляции яичного белка	33
Измерение вязкости и концентрации желатина	34
Измерение вязкости пудинга для плохих/хороших образцов	34
Измерение вязкости Вустерского соуса	35
(5) Примеры измерения вязкости промышленных продуктов	36
Измерение вязкости машинного масла	36
Измерение вязкости полупроводникового абразива	37
Измерение вязкости штукатурки в процессе затвердевания	37
Измерение точки загустения паяльного флюса	38
Измерение вязкости силиконового адгезива в процессе затвердевания	38
Измерение вязкости неионного поверхностно-активного агента	39
(6) Примеры измерения вязкости сред различной концентрации	40
Концентрация и вязкость раствора этанола	40
Концентрация и вязкость антиадгезива для литья под давлением	41
Концентрация и вязкость изоляционного глазировочного средства	41
3. Результаты измерений	42
(1) Измерение образца при постоянной температуре	42
(2) Измерение температурного коэффициента	45
(3) Измерение точки коагуляции и температуры помутнения	47
(4) Измерение образца с изменяющейся концентрацией	50

■ Обслуживание

A. Сенсорная пластина	51
Вопрос 33: Замена сенсорных пластин	51
B. Очистка	51
Вопрос 34: Как очистить измерительный механизм?	51
C. Поиск и устранение неисправностей	52
Вопрос 35: Результат измерения не стабилизируется	52
Вопрос 36: Неправильный результат измерения	52
Вопрос 37: Неправильное значение температуры	52
Вопрос 38: Только левая сенсорная пластина вибрирует интенсивно	52
Спецификация вискозиметров серии SV	53



■ Основы

А. Измерение

1. Вязкость

1. Введение

Измерение вязкости является эффективным способом определения состояния (свойств вещества) или текучести жидкости или газа. Например, вязкость жидкости является важным параметром при прокладке труб на заводах или транспортировке сырой нефти или химических реактивов по трубопроводам. Измерение вязкости играет важную роль в различных отраслях производства (не говоря уже о нефтехимической отрасли), в том числе пищевой промышленности, печатном деле, фармацевтике, косметической промышленности, а также при контроле качества производственных процессов, и в различных научно-исследовательских работах, направленных на совершенствование производства и повышение качества продукции. Недавно ученые, работающие в электронной промышленности, обнаружили, что контроль вязкости фоторезисторных сред, используемых в производстве печатных плат, электронно-лучевых трубок и жидко-кристаллических дисплеев, является решающим фактором, влияющим на качество, технические характеристики и объемы выпуска продукции. Кроме того, было установлено, что контроль оптимального значения вязкости позволяет снизить производственные затраты.

Более того, в биологии и медицине вязкость крови, например, влияет на гемодинамику и микроциркуляцию. Вязкость также является важным параметром в исследованиях коллоидных растворов, например биополимерных.

Обычно вязкость ассоциируется только с жидкостями. Поскольку газ является относительно невязкой средой, считается, что погрешность будет невелика, если игнорировать величину силы, воздействующей на поток газа, направленный на некоторую плоскость (тангенциальное напряжение), если только речь не идет об объектах, движущихся с большой скоростью, таких как ракета или самолет. Такой тип идеальной среды, в которой не происходит генерации какого-либо тангенциального напряжения, когда она находится в движении (состояние среды), называется идеальной или невязкой средой.

Почти все жидкости являются вязкими средами. Например, при вращении в вертикальной плоскости барабанного контейнера, наполненного водой, вода, которая находилась в состоянии покоя, сначала начинает двигаться, так, будто ее притягивает к стенкам контейнера, затем вращается полностью с контейнером, как если бы это было одно твердое тело. Это связано с воздействием силы (тангенциального напряжения), генерируемой в направлении потока на поверхностях воды и внутренних стенок контейнера. Среда, генерирующая такую силу, относят к вязким средам. Далее вязкие среды делятся на категории: ньютоновские среды (подчиняющиеся ньютоновскому закону вязкости) и неньютоновские среды (не подчиняющиеся этому закону).

Классификация сред показана на Диаграмме 1.

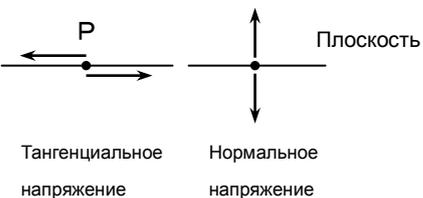


Диаграмма 1. Физическая классификация сред

* См. "2. Вязкость".

*Тангенциальное напряжение

* Когда плоскость, двигаясь в некоей среде, проходит через заданную точку Р, частицы среды по обеим сторонам плоскости воздействуют друг на друга с некоторой силой. Величина этой силы (напряжение) на единицу площади поверхности раскладывается на тангенциальную составляющую и нормальную; они называются соответственно тангенциальное напряжение и нормальное напряжение. Например, в случае, когда среда находится в состоянии покоя, тангенциальное напряжение равно нулю, а давление оказывает нормальное напряжение.



Вязкость, или коэффициент вязкости, это некоторая постоянная величина, определяющая величину «текучести» среды. Для того чтобы понять и правильно определить величину вязкости, давайте взглянем на нее с точки зрения физики.

Как показано на Диаграмме 2, две плоскости, А и В, расположены параллельно в жидкости (среде). Расстояние между плоскостью А и плоскостью В равно y_0 . Если плоскость А зафиксирована, плоскость В движется параллельно плоскости А с постоянной скоростью V_0 , а жидкость между плоскостью А и плоскостью В также находится в движении параллельно плоскости А и производит равномерный поток, это называется потоком Куэтта.

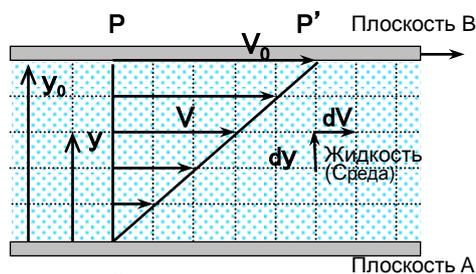


Диаграмма 2. Поток Куэтта (Ньютоновская среда)

Скорость на заданном расстоянии y между плоскостью А и плоскостью В равна V ; соотношение между ними показано на Диаграмме 2. Угловой коэффициент прямой, соединяющей О и Р', равен D ,

$$D = V/y$$

Поскольку эта величина равна приращению скорости на единицу расстояния, т.е. градиенту скорости,

$$D = dV/dy \quad (1)$$

D называется скоростью сдвига.

На Диаграмме 2, слои жидкости на расстоянии y и $y+dy$ текут параллельно со скоростью V и $V+dV$ соответственно. Из-за разницы в скорости, между ними возникает внутренняя сила трения. Сила трения, приходящаяся на единицу площади поверхности, параллельно движению потока между плоскостью А и плоскостью В, называется тангенциальным напряжением. Кроме этого используется термин «касательное напряжение».

Пусть τ – это тангенциальное напряжение. Оно пропорционально скорости сдвига D . (η – постоянный коэффициент пропорциональности),

$$\tau = \eta D \text{ (ньютоновский закон вязкости)} \quad (2)$$

Уравнение (2) представляет закон, известный как ньютоновский закон вязкости. Постоянный коэффициент пропорциональности η называется вязкостью или коэффициентом вязкости.

$$\eta = \tau/D \quad (3)$$

Подчиняющиеся этому закону среды, вязкость η которых при определенной температуре является постоянной величиной, несмотря на скорость сдвига D или касательное напряжение τ , называются ньютоновскими средами. Если скорость сдвига D и касательное напряжение τ непропорциональны, т.е. если вязкость среды η изменяется при изменении скорости сдвига D или касательного напряжения τ , то такая среда называется неньютоновской. Такие жидкости, как вода, спирт и пр., которые состоят из простых составляющих (молекул), являются ньютоновскими средами. С другой стороны, полимерные растворы, коллоидные растворы и др. в основном являются неньютоновскими средами.

Диаграмма 3 показывает соотношение между скоростью сдвига D и касательным напряжением τ . Как показывает прямая ①, если эти значения пропорциональны, чему соответствует постоянный наклон прямой, то среда является ньютоновской. Пусть θ – угол наклона, вязкость η определяется по следующему уравнению (4);

$$\eta = \tan\theta \quad (4)$$

Среда, текучесть которых описывается кривыми ② – ⑤, являются неньютоновскими средами. Вязкость τ/D изменяется в зависимости от величины скорости сдвига, и не является константой.

Кривая ② соответствует так называемой **дилатантной среде**, вязкость которой увеличивается при увеличении скорости сдвига.

Кривая ③ соответствует **псевдо-пластической среде**, у которой вязкость уменьшается при увеличении скорости сдвига.

Прямая ④ и кривая ④' соответствуют **пластической среде**, которая не обладает текучестью до тех пор, пока значение скорости сдвига не станет больше или равно величине касательного напряжения τ_0 (пределу текучести) в критической точке после увеличения этого значения, начиная с нуля. Если после достижения предела текучести, соотношение между τ и D описывается прямой линией, например ④, это состояние называется **вязкопластической средой**. Если это соотношение описывается кривой, например, ④', среда носит название **невязкопластической**.

Кривая ⑤ описывает так называемую **тиксотропию**. В процессе увеличения и уменьшения скорости сдвига имеет место гистерезис. Он проявляется в том, что жидкость, находившаяся в состоянии покоя, в движении превращается в золь (коллоидный раствор), а затем, вернувшись вновь в состояние покоя, превращается в гель.



Диаграмма 3. Ньютоновские и неньютоновские среды (Hiroshi Matsuyama, Jitsuyo Kogyo Bunseki, 61, Syoenergy Center, 2001)

В Таблице 1 ниже показаны типичные примеры каждого типа среды.

Таблица 1. Типичные примеры типов среды

Тип среды	Типичные примеры
① Ньютоновская среда:	Вода, раствор сахара, раствор соли, алкоголь, растворитель, глицерин, силиконовое масло, косметика на основе масел (воды), ртуть
② Дилатантная среда:	Раствор крахмала, влажный песок, суспензия (высокая концентрация), глиняный шликер, краска, шоколад (пахта)
③ Псевдо-пластичная среда:	Коллоидные растворы, полимерные растворы, эмульсии, лаки, краски, майонез, соусы, соки, сгущенное молоко
④ Пластичная (вязкопластичная среда):	Маргарин, томатный кетчуп, яичный белок (пена), зубная паста, крем (косметический), различные гидросмеси (мутные жидкости с твердыми включениями)
(невязкопластичная среда):	Чернила, краски, майонез, очищенная мука пищевого сладкого картофеля, асфальт, кровь
⑤ Тиксотропия:	Паяльная паста, жир, типографские чернила, глинистая суспензия, томатный кетчуп, какао, крем (косметический)

3. Единицы измерения вязкости

■ Основы/ А. Измерение/ 1. Вязкость

Согласно приведенному выше уравнению вязкость вычисляется как $\eta = \tau/D$. В системе СИ, базирующейся на системе единиц измерения МКС, единицы измерения вязкости определяются следующим образом:

(i) Касательное напряжение τ – это сила на единицу площади. Единица силы - Ньютон (Н). Следовательно единица измерения τ – Н/м^2 , т.е. Паскаль [Па] – единица измерения напряжения (давления).

(ii) Скорость сдвига D определяется как dV/du в уравнении (1), и выражается единицей измерения $[\text{с}^{-1}]$, которая получается путем деления единицы измерения скорости V - [м/с] на единицу расстояния u – [м]. Следовательно, согласно (i) и (ii), единица измерения вязкости η - $[\text{Па}]/[\text{с}^{-1}] = [\text{Па}\cdot\text{с}]$. [Па·с] произносится, как “Паскаль·секунда”.

(Система СИ) **Единица измерения вязкости η - [Па·с]** (5)

С другой стороны, согласно системе СГС, единицей силы является дина, и единицей τ является $[\text{дин/см}^2]$. Единица измерения скорости сдвига D - $[\text{с}^{-1}]$, следовательно, единица измерения вязкости η – $[\text{дин/см}^2]/[\text{с}^{-1}] = [\text{дин}\cdot\text{с/см}^2]$. Эта единица называется Пуаз [П].

(Система СГС) **Единица измерения вязкости η - [П]** (6)

Взаимосвязь (соотношение) между единицами вязкости в системах СИ и СГС выражается уравнением: $1[\text{Па}\cdot\text{с}] = 10 [\text{П}]$, поскольку $1 \text{ Ньютон} = 1 \times 10^5 \text{ дин}$, а $1 \text{ м}^2 = 1 \times 10^4 \text{ см}^2$. Следовательно,

$$1[\text{м Па}\cdot\text{с}] = 1[\text{сП}] \quad (7)$$

[мПа·с] и [сП] произносятся как: “милли-паскаль-секунда” и “санти-пуаз” соответственно.

Результат деления вязкости жидкости η на плотность ρ называется кинематической вязкостью, или кинетической вязкостью, или динамической вязкостью. ν – кинетическая вязкость;

$$\text{Кинетическая вязкость } \nu = \eta / \rho \quad (8)$$

В системе СИ единицей кинетической вязкости является $[\text{м}^2/\text{с}]$, что получается при делении уравнения (5) на единицу плотности $[\text{кг/м}^3]$. Это произносится, как “квадратный метр в секунду”.

С другой стороны, в системе СГС единицей измерения является $[\text{см}^2/\text{с}]$; эта единица называется Стокс [Ст].

Следовательно, единицы кинетической вязкости следующие:

$$\text{СИ: } [\text{м}^2/\text{с}] \quad (9)$$

$$\text{СГС: } [\text{см}^2/\text{с}] = [\text{Ст}] \quad (10)$$

$$\text{Соотношение: } 1 \times 10^{-4} [\text{м}^2/\text{с}] = 1 [\text{см}^2/\text{с}] = 1 [\text{Ст}] \quad (11)$$

Или:

$$1 \times 10^{-6} [\text{м}^2/\text{с}] = 1 [\text{мм}^2/\text{с}] = 1 \times 10^{-2} [\text{Ст}] = 1 [\text{сСт}] \quad (12)$$

[сСт] произносится, как санти Стокс.

Краткое объяснение – Вязкость

Как показано на Диаграмме 4, напряжение τ , приложенное к единице площади 1 см^2 плоскости В (изнутри) равно $1[\text{дин/см}^2]$; расстояние между плоскостями А и В равно 1 см и заполнено жидкостью; только плоскость В движется параллельно со скоростью 1 см/сек (скорость сдвига $D = 1[\text{с}^{-1}]$). Согласно уравнению (3) $\eta = \tau/D$, вязкость η этой жидкости – $1 \text{ Пуаз } [\text{П}]$, или, согласно уравнению (7), – $0.1 \text{ Паскаль}\cdot\text{секунда } [\text{Па}\cdot\text{с}]$.

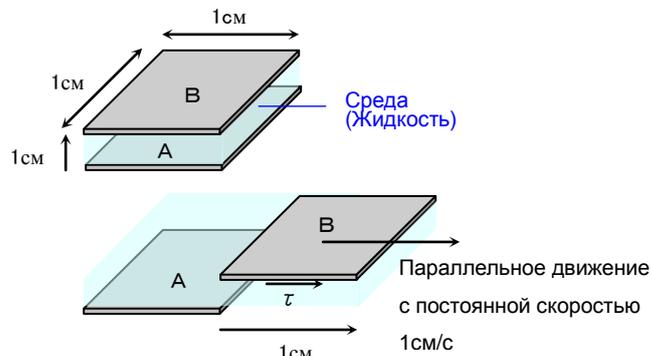


Диаграмма 4. Геометрическое объяснение вязкости

Измерение коэффициента вязкости полезно при оценке вязкости. Разработано несколько типов вискозиметров для исследований и использования в различных отраслях промышленности. Вискозиметры классифицируются в зависимости от принципа измерения. В настоящее время вискозиметры типа 2) – 4) стандартизованы как приборы, использующие метод измерения вязкости по стандарту JIS (японские промышленные стандарты).

- 1) Вибровискозиметр: измеряет вязкость путем контроля амплитуды сенсорных пластин, опущенных в образец, и измерения электрического тока, приводящего сенсорные пластины в движение.
- 2) Ротационный вискозиметр: измеряет вязкость путем измерения вращающего момента цилиндрических роторов, опущенных в образец.
- 3) Капиллярный вискозиметр: определяет вязкость образца, протекающего через капилляр, путем измерения разницы давлений на обоих концах капилляра.
- 4) Вискозиметр с падающим шариком: вязкость определяется путем измерения времени падения цилиндрического или сферического объекта на определенное расстояние внутри образца.
- 5) Вискозиметр манжетного типа: вязкость определяется путем измерения времени наполнения контейнера образцом, вытекающим из отверстия.

1. Вибровискозиметр

Как показано на Диаграмме 5, мы опускаем тонкие сенсорные пластины в образец. Когда рессорная пластина вибрирует с постоянной частотой, амплитуда колеблется в соответствии с величиной силы трения, которое возникает между сенсорными пластинами и образцом благодаря наличию вязкости. Вибровискозиметр управляет возбуждающим электрическим током, вызывающим вибрацию рессорной пластины, для того, чтобы добиться постоянной амплитуды.

Поскольку сила трения вязкости прямо пропорциональна величине вязкости, возбуждающий электрический ток (мощность возбуждения), необходимый для вибрации рессорной пластины с постоянной частотой в целях получения постоянной амплитуды, также прямо пропорционален величине вязкости конкретного образца.

Вибровискозиметр измеряет величину возбуждающего электрического тока для того, чтобы обеспечить вибрацию сенсорных пластин с постоянной частотой и амплитудой, а затем определяет значение вязкости по величине положительной корреляции между возбуждающим электрическим током и вязкостью.

Вибровискозиметр A&D серии SV разработан для точного измерения вязкости в широком динамическом диапазоне и при высоком разрешении. Прибор обеспечивает вибрацию с частотой 30Гц, что эквивалентно собственной частоте (резонансу) системы обнаружения вязкости.

В результате, прибор SV10 работает в динамическом диапазоне от 0.3 мПа·с до 10,000 мПа·с и способен выполнять непрерывные измерения в этом диапазоне с высокой повторяемостью (точностью) и стабильностью. Этот широкий динамический диапазон позволяет измерять изменения вязкости в процессе тиксотропии жидкости во время превращения золя (коллоидного раствора) в гель, или в процессе вулканизации смолы, адгезива или краски, непрерывные измерения которых невозможны при использовании обычных ротационных вискозиметров.

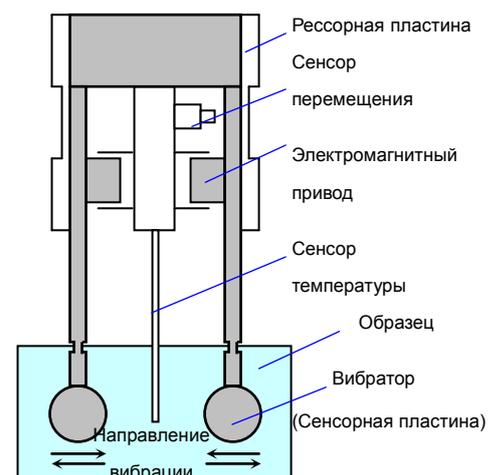


Диаграмма 5. Вибровискозиметр (Система обнаружения вязкости)

2. Ротационный вискозиметр

Как показано на Диаграмме 6, мы опускаем цилиндрический ротор в образец и вращаем его с помощью двигателя с постоянной скоростью. В ротационных вискозиметрах используется метод измерения, основанный на том, что величина вязкости прямо пропорциональна вращающему моменту, необходимому для обеспечения равномерного вращательного движения. Как показано на Диаграмме 6, когда вращение становится равномерным, вращательный момент, вызванный наличием вязкости и закручиванием пружины, будет сбалансирован. Угол закручивания пружины будет пропорционален вязкости образца, и соответствующий показатель будет указан на шкале. Некоторые приборы показывают цифровое значение коэффициента вязкости, преобразованное из величины вращательного момента.

Один из таких приборов изображен на Диаграмме 6. Он называется одноцилиндровым ротационным вискозиметром, и в нем реализован простейший метод измерения.

Существует другой тип приборов, которые называются коаксиальными цилиндрическими вискозиметрами. Эти приборы имеют внешний и внутренний цилиндры с центральной осью. Для определения вязкости пространство между цилиндрами заполняется образцом, и цилиндры вращаются, образуя ламинарный поток.

Также существуют так называемые вискозиметры крутильного типа, которые определяют вязкость, измеряя величину постоянного вращательного момента.

Ротационные вискозиметры, в принципе, предоставляют высокоточный метод измерения. Однако они требуют использования нескольких видов роторов, для того чтобы обеспечить измерения в широком диапазоне. Диапазон измерений одного ротора узок, и, следовательно, замена роторов вызывает прерывание измерений и потерю времени.

Кроме того, точность измерений гарантирована только для полной шкалы, а значит, при измерениях в низком диапазоне вязкости ошибки измерений неизбежны.

В наихудшем варианте, точное значение вязкости не может быть получено, поскольку вязкость изменяется при постоянном росте температуры образца после начала измерений, как в низком, так и в высоком диапазоне вязкости. Это происходит потому, что в низком диапазоне вязкости требуется больший ротор для обнаружения вращательного момента, превышающего определенный уровень; в высоком диапазоне вязкости на ротор воздействует большая кинетическая сила, вызванная большой силой трения.

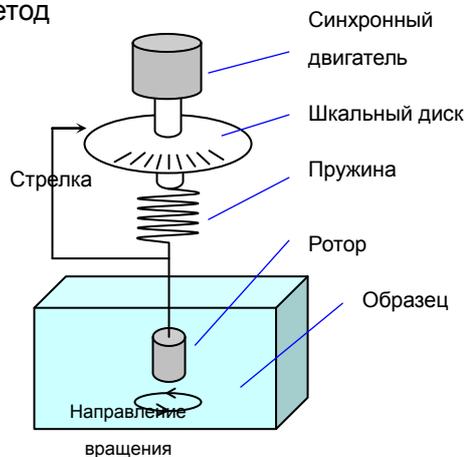


Диаграмма 6. Принцип действия ротационного вискозиметра

3. Капиллярный вискозиметр

Когда ламинарный поток жидкости проходит через цилиндрическую трубку, показанную на Диаграмме 7, где символ Q обозначает объем потока в единицу времени (скорость), $2r$ - диаметр, L – длина капиллярной трубки, P_1 и P_2 – давление на концах капиллярной трубки, дифференциал давления $P_1 - P_2 = \Delta P$, скорость потока Q , прямо пропорциональная градиенту давления $\Delta P/L$.

Этот феномен называется законом Пуазейля, и выражается уравнением (13).

$$Q = \frac{\pi r^4}{8 \eta} \frac{\Delta P}{L} \quad (13)$$

Из уравнения (13) следует, что вязкость η может быть рассчитана следующим образом:

$$\eta = \frac{\pi r^4}{8L} \frac{\Delta P}{Q} \quad (14)$$

Следовательно, с помощью капиллярного вискозиметра, работающего по схеме, показанной на Диаграмме 7, вязкость η может быть получена путем измерения скорости потока Q среды, проходящего через капиллярную трубку, и дифференциала давлений ΔP на концах капиллярной трубки. Этот метод измерения базируется на законах физики, следовательно, он позволяет получить значение вязкости в соответствии с ее (вязкости) определением. Этот метод носит название абсолютный метод измерения вязкости.

Существует другой тип капиллярного вискозиметра, изготовленного из стекла. Он показан на Диаграмме 8.

Хотя обработка такой капиллярной трубки довольно сложна, принцип ее действия и структура очень просты. Благодаря простоте принципа работы, такая конструкция используется в течение многих лет, причем постоянно совершенствуется.

Такой капиллярный вискозиметр может измерять кинетическую вязкость ν путем измерения времени, необходимого для прохождения образцом, находящимся в свободном падении, через капиллярную трубку.

Каждый вискозиметр имеет константу вязкости C , которая определяется путем калибровки с использованием стандартного калибровочного раствора.

Определение кинетической вязкости с помощью капиллярного вискозиметра выполняется согласно уравнению (15) ниже;

$$\nu = Ct \quad (15)$$

Корреляция между кинетической вязкостью и вязкостью представлена уравнением (8) выше, следовательно, вязкость η может быть рассчитана по формуле (16), где ρ – плотность образца;

$$\eta = \rho \nu = \rho Ct \quad (16)$$

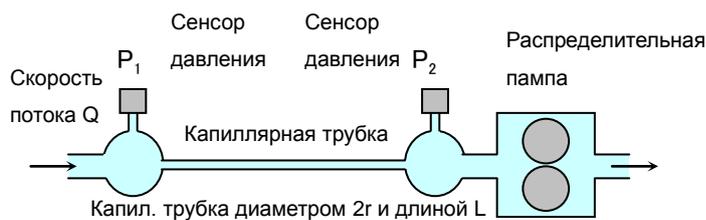


Диаграмма 7 Принцип работы капиллярного вискозиметра

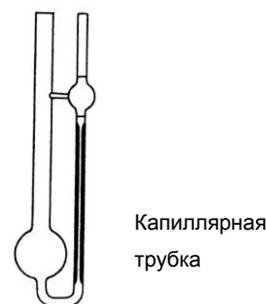


Диаграмма 8. Капиллярный вискозиметр (гравитационный)

Принцип работы и структура капиллярного вискозиметра просты, однако, чтобы получить точные результаты, необходимо уделять большое внимание процедуре измерения, которая является весьма сложным процессом. Например, очистка капиллярной трубки изнутри требует большой аккуратности; прежде чем начать измерения необходимо выполнить пару ультразвуковых чисток, используя чистящую жидкость, например бензин, затем просушить трубку, затем выполнить следующую ультразвуковую чистку, теперь уже с ацетоном, снова просушить трубку, и, наконец, сполоснуть трубку очищенной водой и окончательно высушить. Контроль температуры также важен, стекло подвержено термическому расширению/сжатиям под воздействием температуры, особенно в низком диапазоне вязкостей, и это может привести к существенным ошибкам измерения. Таким образом, измерения требуют большого внимания и являются весьма трудоемкими. Кроме того, необходимо предварительно измерить плотность образца, поскольку вязкость рассчитывается, исходя из значения плотности и результата измерения – кинетической вязкости.

4. Вискозиметр с падающим шариком

Как показано на Диаграмме 9, вискозиметр с падающим шариком измеряет вязкость, используя метод, при котором твердое тело, имеющее форму колонны или сферы, свободно падает в образец, причем размеры и плотность этого тела известны. Прибор измеряет время, затраченное на падение с определенной высоты.

Диаграмма 9 иллюстрирует принцип измерения вязкости согласно закону свободного падения твердого тела в гравитационном поле.

Существует другой тип прибора, который измеряет время горизонтального перемещения твердого тела, например поршня, в образце, при постоянной скорости, с помощью силы электромагнитного поля.

В отличие от вибровискозиметра или ротационного вискозиметра, капиллярный или вискозиметр с падающим шариком, показанные на Диаграммах 8 и 9, не могут измерять вязкость непрерывно. Они также не могут выводить непрерывные выходные сигналы, соответствующие коэффициенту вязкости, или управлять данными.

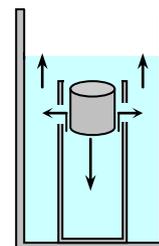


Диаграмма 9. Принцип работы вискозиметра с падающим шариком

5. Вискозиметр манжетного типа

Когда измеряется вязкость краски или чернил, можно использовать вискозиметр манжетного типа, такой, как показан на Диаграмме 10. Тот же метод используется для настройки вязкости грунтовки, наносимой на поверхность автомобиля с помощью электростатического пульверизатора.

Как показано на диаграмме, вискозиметр манжетного типа измеряет время, затраченное образцом, (например, краской или чернилами), налитым в чашку заданной емкости, на то, чтобы вылиться из чашки через насадку.

Вискозиметр Ford-cup – это типичный манжетный вискозиметр; при этом часто используются чашка (Cup) No. 3 для относительно низких вязкостей и чашка (Cup) No. 4 для относительно высоких вязкостей.

Обычно измеряется время, затраченное на вытекание образца через насадку, для чего используется секундомер. С другой стороны, существует цифровой Ford-cup вискозиметр, который фиксирует вытекание образца с помощью оптического сенсора, автоматически вычисляет время, необходимое для завершения непрерывного вытекания, и показывает его в цифровом формате с точностью до 0.01 секунды.

Так же, как и капиллярный вискозиметр или вискозиметр с падающим шариком, манжетный вискозиметр непригоден для непрерывных измерений вязкости, т.к. в процессе измерений чрезвычайно трудно получить результаты в виде электрического сигнала.



Диаграмма 10 Вискозиметр манжетного типа

В. Стандарт вязкости

■ Основы/ В. Стандарт вязкости/ 1. Стандарт вязкости

1. Стандарт вязкости

Точно известно значение вязкости дистиллированной воды. Оно равно 1.002 мПа·с (кинетическая вязкость - 1.0038 мм²/с) при 20.00 °С и 1 атм., и это считается стандартом вязкости в Японии.

Существуют стандартные растворы для калибровки вискозиметров, которые стандартизованы в соответствии с Японским Промышленным Стандартом - JIS Z8809, как показано ниже.

2. Стандартные растворы для калибровки вискозиметра

Как показано в Таблице 2, базирующейся на коэффициенте кинетической вязкости при 20 °С в качестве стандартного значения, Японский Промышленный Стандарт - JIS Z8809, охватывает 13 типов стандартных растворов для калибровки вискозиметров.

Таблица 2. Стандартные растворы для калибровки вискозиметров

Тип	Кинетическая вязкость [мм ² /с]				Вязкость [мПа·с]			
	Станд.	Прибл. значение			Прибл. значение			
		20°C	25°C	30°C	40°C	20°C	25°C	30°C
JS 2.5	2.5	—	2.1	1.8	2.0	—	1.6	1.4
JS 5	5.0	—	3.9	3.2	4.1	—	3.2	2.5
JS 10	10	—	7.4	5.7	8.4	—	6.1	4.6
JS 20	20	—	14	10	17	—	11	8.2
JS 50	50	—	32	21	43	—	27	18
JS 100	100	—	59	38	86	—	51	32
JS 200	200	—	110	66	170	—	95	56
JS 500	500	—	260	150	440	—	230	130
JS 1000	1000	—	500	270	890	—	430	230
JS 2000	2000	—	940	480	1800	—	820	420
JS 14000	14000	—	5500	2400	12000	—	4800	2100
JS 52000	52000	—	20000	8500	46000	—	18000	7500
JS 160000	160000	100000	—	—	140000	90000	—	—

Эти стандартные растворы связаны с национальным стандартом. Некоторые из них зарегистрированы в Международной Базе Данных Веществ COMAR, которая ассоциирована с международным стандартом. Их легко получить в Японии; Nippon Grease Co., Ltd., - один из основных продавцов стандартных растворов, поставляет стандартные растворы для вискозиметров, связанные с национальным стандартом и откалиброванные Национальным Институтом современных промышленных исследований и технологий.

Необходимо осторожно обращаться со стандартными калибровочными растворами для вискозиметров. Как показано в Таблице 2, вязкость в значительной степени зависит от температуры. Если температура изменится на 1°C, вязкость изменится на 2%-7%. Следовательно, калибруя вискозиметр, необходимо точно контролировать температуру. Ниже приводятся другие меры предосторожности, согласно JIS Z8809:

- (1) Запечатать контейнер со стандартным раствором и хранить его при комнатной температуре, избегая нагрева и света.
- (2) Никогда не помещайте использованные стандартные растворы в оригинальный контейнер.
- (3) Не используйте стандартные растворы дважды. Растворы из открытого контейнера необходимо использовать как можно скорее.

3. Вязкость воды

■ Основы/ В. Стандарт вязкости/ 1. Стандарт вязкости

Вода (дистиллированная вода) – эта субстанция, которую легко получить, и с которой легко обращаться. Она используется в качестве международного стандарта. Вода может использоваться как обычный стандартный раствор с низкой вязкостью. При использовании воды в качестве стандартного раствора, необходимо очистить воду, убрав все посторонние включения. В основном применяется очищенная или дистиллированная вода.

Очищенная вода используется также при выполнении сопряженных очисток, следующих после тщательной очистки внутренней части контейнера для образцов с помощью чистящих средств, с целью удаления любых оставшихся посторонних включений. Прежде чем начать измерения, необходимо очистить устройство сенсора, которое будет опускаться в образец, чтобы удалить возможные остатки предыдущего образца.

Как показано в Таблице 3 и Диаграмме 11, вязкость воды значительно изменяется при изменении температуры. Это также относится к любой жидкости или газу; в случае воды вязкость изменится с 1.002 мПа·с до 1.792 мПа·с при 0°C или до 0.282 мПа·с при 100°C. Это значит, что вязкость меняется на 2% – 3% при изменении температуры на 1°C. Даже если мы будем аккуратно поддерживать температуру образца (воды) в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$, в конце измерений может возникнуть ошибка в пределах $\pm 5\%$ от измеряемого значения. Такая погрешность объясняется рядом факторов, в том числе свойствами воды, ошибками оператора, или внутренними ошибками вискозиметра.

Таблица 3. Вязкость и кинетическая вязкость (1 атм.)

Темп. t (°C)	Вязк. η (мПа·с)	Кин.вязк. ν (мм ² /с)	Темп. t (°C)	Вязк. η (мПа·с)	Кин.вязк. ν (мм ² /с)
0	1.792	1.792	40	0.653	0.658
5	1.520	1.520	50	0.548	0.554
10	1.307	1.307	60	0.467	0.475
15	1.138	1.139	70	0.404	0.413
20	1.002	1.0038	80	0.355	0.365
25	0.890	0.893	90	0.315	0.326
30	0.797	0.801	100	0.282	0.295

JIS Z8803

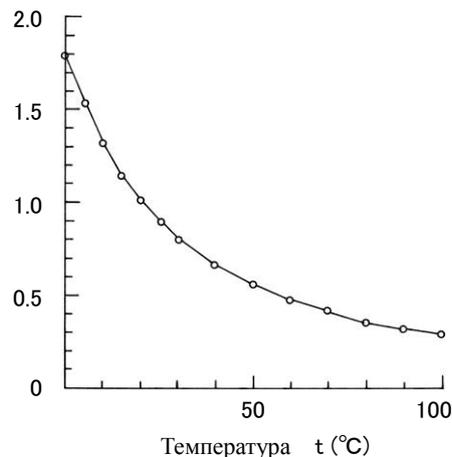
 Вязкость η (мПа·с)


Диаграмма 11. Корреляция вязкости и температуры воды (1 атм.)

С. Калибровка

No.	Вопрос	Ответ
1	Может ли пользователь выполнить калибровку коэффициента вязкости?	<p>Да. Пользователи могут калибровать вискозиметры серии SV, используя стандартный раствор (упомянутый выше), или жидкость, вязкость которой вы контролируете. При калибровке вискозиметра, поскольку вязкость стандартного раствора зависит от температуры, прежде чем ввести калибровочное значение, необходимо выполнить температурную корректировку коэффициента вязкости стандартного раствора в соответствии с температурой, выведенной на дисплей при измерении образца. Что касается стандартных растворов для вискозиметра, корректировочные значения в зависимости от температуры перечислены в Акте экспертизы или Сертификате об измерениях. Если они не приложены, обратитесь к производителю стандартных растворов.</p> <p>* Вибровискозиметры серии SV не требуют замены сенсорных пластин в диапазоне измерений от 0.3 мПа·с до 10,000 мПа·с для SV-10, и от 1Па·с до 100 Па·с для SV-100 Для калибровки просто приготовьте несколько типов стандартных растворов.</p> <p>При этом вы сэкономите время и деньги на калибровку/ контроль по сравнению с ротационным вискозиметром.</p> <p>* Стандартные растворы, стандартизованные JIS, имеют в своем составе углеводородное минеральное масло, которое восприимчиво к изменению температуры, а также другим внешним факторам. Рекомендуется использовать синтезированные химическим путем калибровочные растворы, такие как силиконовое масло, которые более устойчивы к внешним воздействиям.</p>

2	Какой вид калибровки используется: по одной точке или по двум?	Оба вида калибровки доступны для вискозиметра серии SV-10. Вы можете выбрать ввод калибровочных значений по одной точке (корректировка диапазона) или по двум точкам (корректировка нуля/диапазона). При измерениях в широком диапазоне мы рекомендуем калибровку по двум точкам.
3	Доступны ли Поверочная диаграмма и Акт экспертизы?	<p>Да. Поверочная диаграмма и Акт экспертизы по вязкости и температуре могут быть выпущены. Все приборы перед отгрузкой калибруются по вязкости с использованием стандартного раствора. При выпуске Акта, проводятся экспертизы с использованием растворов, стандартизованные JIS: JS 2.5 и JS 1000 для SV-10 и JS2000 (или силиконовое масло) и JS14000 для SV-100. Температурные экспертизы проводятся при комнатной температуре.</p> <p>При необходимости сделайте запрос на Акт экспертизы при размещении заказа. (Выпуск Акта платный).</p> <p>Если вам понадобится Акт экспертизы после покупки прибора, пожалуйста, пришлите нам прибор.</p>

D. Точность (Повторяемость)

No.	Вопрос	Ответ															
4	Какова точность измерений вискозиметра? Что означает повторяемость 1% ?	<p>Это вариация результатов измерений при повторении измерений для одного и того же образца при одних и тех же условиях. В статистике это называется стандартным отклонением.</p> <p>Для SV-10 это означает, что если измерения проводятся для одного и того же образца при одних и тех же условиях, вариация (повторяемость) результатов измерений (измеренных значений) не превышает 1% как стандартное отклонение.</p> <p>*Пример стандартного отклонения 1%: при повторении измерений жидкости с вязкостью 100мПа·с, значения в интервале от 99мПа·с до 101мПа·с будут зарегистрированы в 67 случаях из 100.</p>															
5	Что значит «повторяемость относительно измеренного значения»?	<p>Величина фактической ошибки значительным образом различается, если сравнивать повторяемость относительно измеренного значения с повторяемостью относительно полного диапазона измерений. Серия SV, в которой величина повторяемости базируется на «измеренном значении», позволяет получить высокий уровень повторяемости результатов, поскольку использует принцип синусоидальной вибрации, обеспечивающий повторяемость 1% от измеренного значения.</p> <p>Пример: фактическая ошибка для полного диапазона 10000мПа·с</p> <table border="1" data-bbox="584 1928 1414 2101"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Метод</th> <th colspan="3">Измеренная вязкость</th> </tr> <tr> <th>10 мПа·с</th> <th>100 мПа·с</th> <th>1000мПа·с</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SV метод (1% от измеренного значения)</td> <td>0.1 мПа·с</td> <td>1мПа·с</td> <td>10 мПа·с</td> </tr> <tr> <td>Другой метод (пр.: 0.2% от полного диапазона)</td> <td>20 мПа·с</td> <td>20 мПа·с</td> <td>20 мПа·с</td> </tr> </tbody> </table>	Метод	Измеренная вязкость			10 мПа·с	100 мПа·с	1000мПа·с	SV метод (1% от измеренного значения)	0.1 мПа·с	1мПа·с	10 мПа·с	Другой метод (пр.: 0.2% от полного диапазона)	20 мПа·с	20 мПа·с	20 мПа·с
Метод	Измеренная вязкость																
	10 мПа·с	100 мПа·с	1000мПа·с														
SV метод (1% от измеренного значения)	0.1 мПа·с	1мПа·с	10 мПа·с														
Другой метод (пр.: 0.2% от полного диапазона)	20 мПа·с	20 мПа·с	20 мПа·с														

Краткое
 пояснение
 - Символы

Таблица 4. Греческие буквы

<i>A</i>	α	альфа	<i>H</i>	η	эта	<i>N</i>	ν	ни	<i>T</i>	τ	тау
<i>B</i>	β	бета	<i>\theta</i>	θ, ϑ	тета	<i>\Xi</i>	ξ	кси	<i>\Upsilon</i>	υ	ипсилон
<i>\Gamma</i>	γ	гамма	<i>I</i>	ι	йота	<i>O</i>	o	омикрон	<i>\Phi</i>	φ, ϕ	фи
<i>\Delta</i>	δ	дельта	<i>K</i>	κ	каппа	<i>\Pi</i>	π	пи	<i>\chi</i>	χ	хи
<i>E</i>	ϵ	эпсилон	<i>\Lambda</i>	λ	лямбда	<i>\rho</i>	ρ	ро	<i>\Psi</i>	ψ	пси
<i>Z</i>	ζ	дзета	<i>M</i>	μ	ми	<i>\Sigma</i>	σ, ς	сигма	<i>\Omega</i>	ω	омега

■ Прибор

А. Устройство и характеристики синусоидального вибровискозиметра серии SV

Синусоидальный вибровискозиметр серии SV имеет устройство обнаружения вязкости образца, состоящее из двух тонких сенсорных пластин, как показано на Диаграмме 12. Сенсорные пластины приводятся в состояние равномерной синусоидальной вибрации в противофазе (аналогично камертону).

Сенсорные пластины приводятся в движение электромагнитной силой той же частоты, что и собственная частота (резонанс), которая является характеристикой каждой структуры, для того, чтобы привести измерительную систему в состояние резонанса. Такое использование резонанса является наиболее замечательной особенностью этого вискозиметра. Когда устройство обнаружения вязкости вибрирует, оно производит значительную по величине реактивную силу в опорном устройстве сенсорных пластин через рессорные пластины. Однако, поскольку сенсорные пластины движутся в противофазе друг относительно друга с одинаковой частотой/амплитудой вибрации, для того, чтобы исключить силу реакции, то это дает возможность получить стабильную синусоидальную вибрацию.

Электромагнитный привод управляет вибрацией сенсорных пластин в образце с постоянной амплитудой, используя резонанс устройства обнаружения. Задающий электрический ток, являющийся возбуждающей силой, будет детектироваться как величина вязкости, которая присутствует между сенсорными пластинами и образцом.

Коэффициент вязкости рассчитывается через величину корреляции (Диаграмма 13) между задающим электрическим током и величиной вязкости (коэффициентом вязкости).

Преимущества установления резонанса между системой измерения и системой обнаружения следующие:

- 1) Резонанс системы обнаружения делает возможным обнаружение вязкости с высокой степенью чувствительности в низком диапазоне вязкости, а также обнаружение возбуждающей силы даже при незначительной величине электрического тока.

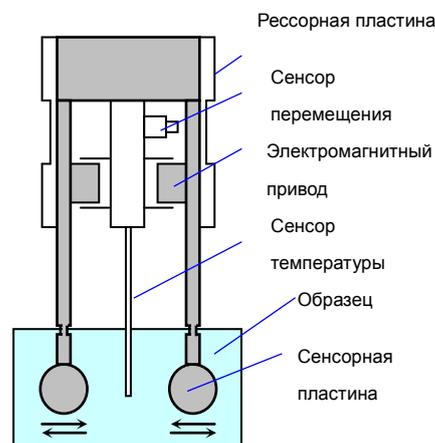
Таким образом, можно измерять вязкость, сохраняя широкий динамический диапазон и высокое разрешение.

- 2) Сила инерции и сила обратного возмещения чувствительных пластин компенсируют друг друга, будучи пропорциональными, и таким образом на возбуждающую силу (задающий электрический ток) влияет только величина вязкости.

(Можно выделить только параметр вязкости.)

- 3) Система вибрации сенсорных пластин не подвержена воздействию силы инерции и силы обратного возмещения, следовательно, можно измерить быстрые изменения вязкости образца во время его быстрого отслеживания.

Более того, поскольку площади поверхности устройства слежения и сенсорных пластин вискозиметра серии SV малы, и приводятся в движение частотой, значительно меньшей (30Гц), чем в случае использования обычного вибровискозиметра (несколько кГц), приборы серии SV обладают рядом дополнительных преимуществ:



Направление вибрации
Диаграмма 12. Устройство обнаружения вязкости (вибрационная система)

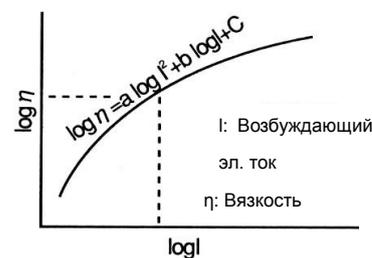


Диаграмма 13. Корреляция между электромагнитным приводным устройством и задающим электрическим током

■ Прибор/ А. Устройство и характеристики вискозиметра серии SV

1. Измерение вязкости в реальном времени, учитывая изменение вязкости образца, при одновременном измерении температуры образца в реальном времени. Таким образом, появляется возможность измерить корреляцию между температурой и вязкостью.
2. Новый метод измерений, реализованный в серии SV (камертонный тип), позволяет достигать высокой точности измерений вязкости при повторяемости результатов, равной 1%.
3. Во время непрерывных измерений в широком диапазоне вязкости (0.3 мПа·с – 10,000 мПа·с для SV-10 и 1 Па·с – 100 Па·с для SV-10) нет необходимости заменять сенсорные пластины. (При работе с ротационными вискозиметрами требуются несколько типов роторов. Их замена приводит к прерыванию измерений и потере времени).
4. Поскольку площадь поверхности/теплоемкость устройства обнаружения (сенсорных пластин) невелика, температуры образца и сенсорных пластин достигают равновесия за очень короткое время, что позволяет выполнять точные измерения температуры. (В случае ротационного вискозиметра, поскольку площадь поверхности/теплоемкость роторов велика, температурное равновесие наступает через несколько минут).
5. Непрерывные измерения вязкости возможны в течение длительного времени, поскольку благодаря низкой теплоемкости сенсорных пластин, они оказывают относительно небольшое влияние на температуру образца.
6. Используются тонкие сенсорные пластины, чтобы избежать деформации структуры образца и выполнять измерения вязкости образца в стабильных условиях. Использование собственной частоты (резонанса) позволяет выполнять измерения даже неньютоновских сред с высокой повторяемостью.
7. Образец геля, содержащий пузырьки, также может быть измерен в стабильных условиях. Частота сенсорных пластин, составляющая всего 30 Гц, не разбивает мелкие пузырьки образца и не воздействует на большие пузырьки, рассеянные в образце.
8. Взаимодействие двух сенсорных пластин делает возможным измерение вязкости взболтанного или текущего образца. (Ротационный вискозиметр не может измерять подобные образцы из-за конфликта, возникающего между направлением вращения и направлением тока).
9. Т.к. прибор позволяет производить измерения для текущего образца, возможно измерение вязкости в производственных линиях путем установки вспомогательной расширительной емкости. На производственной линии и в лаборатории можно получить идентичные результаты измерений.
10. Изменение свойств образца можно измерять непрерывно. Благодаря высокому разрешению и отсутствию инерционной нестабильности сенсорных пластин, изменения свойств поверхности, такие как появление затемнений или изменение смачивающей способности, можно отслеживать, наблюдая за изменениями вязкости.
11. WinCT-Viscosity – программное обеспечение, входящее в комплект поставки прибора, позволяет пользователю строить графики вязкости и температуры в реальном времени, как показано на Диаграмме 14.

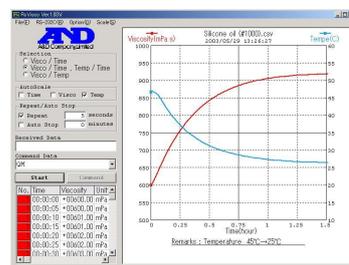


Диаграмма 14. Результаты измерений в реальном времени

В. Метод измерения

No.	Вопрос	Ответ
6	Какой метод измерений используется в вискозиметрах серии SV?	Метод SV (the Sine-wave Vibro Viscometer – Синусоидальный Вибровискозиметр). Подробнее см. “Прибор А. Устройство и характеристики синусоидального вибровискозиметра серии SV”.
7	Почему используются две сенсорные пластины?	<p>Это необходимо для стабилизации вибрационных характеристик устройства обнаружения. Пластины вибрируют с синусоидальной частотой 30 Гц, которая равна собственной частоте (резонанс) каждой структуры. Это позволяет выполнять точные измерения путем установления резонанса для всей измерительной системы. Одинарная сенсорная пластина обладает большой реактивной силой, передаваемой на опорное устройство пластины через рессорную пластину. Для того чтобы исключить эту силу, вторая сенсорная пластина вибрирует в противофазе с первой с той же частотой и амплитудой. Реактивные силы сенсорных пластин компенсируют друг друга, и таким образом можно получить очень стабильную вибрационную измерительную систему.</p> <p>Подробнее см. “Прибор А. Устройство и характеристики синусоидального вибровискозиметра серии SV”.</p>
8	Можно ли сравнить результаты измерений, полученные на вискозиметре серии SV, и на ротационном вискозиметре (тип В)?	<p>Да, если речь идет о ньютоновских средах. В случае неньютоновских сред результаты иногда различаются, вследствие разницы в скорости сдвига, индивидуального для каждого измерительного прибора. Если результаты несопоставимы, данные, полученные каждым прибором необходимо обрабатывать индивидуально, или следует ввести поправочный коэффициент. В основном эффективным можно считать метод, позволяющий получать точные результаты в течение короткого времени измерений, для последующего улучшения качества и производительности.</p>
9	Если полученные результаты отличаются от результатов, полученных с помощью ротационного вискозиметра (тип В), как следует интерпретировать такое расхождение?	<p>Если речь идет о ньютоновских средах, то можно получить данные, сравнимые с полученными ротационным вискозиметром, использующим метод компаратора. Что касается вискозиметра в целом, признано, что если метод или условия измерения различны, то результаты измерения будут также различаться. Ключевым критерием оценки при сравнении нескольких методов измерения служит повторяемость результатов. Вискозиметры серии SV гарантированно достигают повторяемости 1% (относительно измеренного значения) в широком диапазоне измерений (от 0.3 мПа·с до 10,000 мПа·с для SV-10, и от 1Па·с до 100 Па·с для SV-100), чего никогда не достигает обычный вискозиметр.</p>

10	Какова величина скорости сдвига в вискозиметрах серии SV?	<p>Если речь идет о неньютоновских средах, то скорость сдвига не пропорциональна касательному напряжению, и, следовательно, оценка уровня вязкости невозможна без определения значений скорости сдвига или касательного напряжения. Вискозиметры серии SV измеряют вязкость при постоянной скорости сдвига. Скорость сенсорных пластин (скорость сдвига) периодически изменяется от нуля до пикового значения, поскольку используется синусоидальная вибрация. Скорости сдвига, рассчитанные через значение возбуждающей силы, в зависимости от величины вязкости ньютоновской среды, измеренной с помощью стандартного раствора, следующие:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SV-10 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Коэффициент вязкости (МПа·с)</th> <th>Скорость сдвига (max) (1/с)</th> <th>Скорость сдвига (эффективное значение) (1/с)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>590</td> <td>420</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>130</td> <td>92</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>42</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>17</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>10000</td> <td>10</td> <td>7</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> • SV-100 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Коэффициент вязкости (Па·с)</th> <th>Скорость сдвига (max) (1/с)</th> <th>Скорость сдвига (эффективное значение) (1/с)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>11.4</td> <td>8.1</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>8.6</td> <td>6.1</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>7.4</td> <td>5.0</td> </tr> </tbody> </table>	Коэффициент вязкости (МПа·с)	Скорость сдвига (max) (1/с)	Скорость сдвига (эффективное значение) (1/с)	1	590	420	10	130	92	100	42	30	1000	17	12	10000	10	7	Коэффициент вязкости (Па·с)	Скорость сдвига (max) (1/с)	Скорость сдвига (эффективное значение) (1/с)	1	11.4	8.1	10	8.6	6.1	100	7.4	5.0
Коэффициент вязкости (МПа·с)	Скорость сдвига (max) (1/с)	Скорость сдвига (эффективное значение) (1/с)																														
1	590	420																														
10	130	92																														
100	42	30																														
1000	17	12																														
10000	10	7																														
Коэффициент вязкости (Па·с)	Скорость сдвига (max) (1/с)	Скорость сдвига (эффективное значение) (1/с)																														
1	11.4	8.1																														
10	8.6	6.1																														
100	7.4	5.0																														

С. Измерение вязкости

№.	Вопрос	Ответ
11	Какова продолжительность измерений?	<p>Через 15 секунд после начала измерений будет определен первоначальный коэффициент вязкости. После этого результаты измерений будут выводиться на дисплей в реальном времени, отражая изменения вязкости.</p> <p>При использовании вискозиметра SV, изменения вязкости могут быть очень быстро стабилизированы, благодаря компактной измерительной системе прибора; смещение сенсорного устройства (сенсорных пластин), масса и площадь поверхности которого малы, очень незначительно, поэтому температурное равновесие с образцом достигается всего через несколько секунд.</p>
12	Каков размер образца, используемого для измерений?	<p>35 мл – 45 мл.</p> <p>По сравнению с ротационным вискозиметром (тип В), вискозиметры серии SV могут выполнять измерения, используя меньшие количества образца.</p>

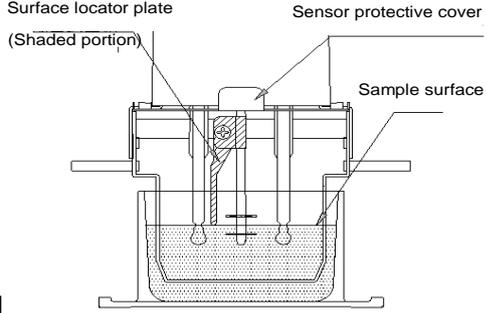
13	Какой повторяемости результатов можно достичь?	<p>При измерении одного и того же образца при одних и тех же условиях можно достичь повторяемости равной 1%. Высокая повторяемость достижима для всего диапазона измерений, что позволяет получать стабильные результаты измерений. Более того, поскольку использование вискозиметра SV проще, чем приборов, реализующих другие методы измерения, даже неспециалист может выполнять многократные измерения, получая всякий раз стабильные результаты.</p> <p>Последовательность изменения температуры неоднородной субстанции, такой как композит, может быть измерена так же, как и изменение состояния материала и вязкости ньютоновской среды.</p>																																																						
14	Могут ли изменяться единицы измерения?	<p>1.Единица измерения коэффициента вязкости может переключаться с мПа•с*/Па•с на сП*/П и обратно.</p> <p>* Только SV-10.</p>																																																						
15	Какова дискретность дисплея (разрешение)?	<ul style="list-style-type: none"> Если выбрана единица измерения мПа•с или Па•с <table border="1" data-bbox="582 869 1401 1126"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Вязкость (мПа•с)</th> <th colspan="2">SV-10</th> <th>SV-100</th> </tr> <tr> <th>Мин. единица измерения (мПа•с)</th> <th>Мин. единица измерения (Па•с)</th> <th>Мин. единица измерения (Па•с)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.3 ~ 10</td> <td>0.01</td> <td>0.0001</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>10 ~ 100</td> <td>0.1</td> <td>0.0001</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>100 ~ 1000</td> <td>1</td> <td>0.001</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>1000 ~ 10000</td> <td>10^{*1}</td> <td>0.01</td> <td>0.01</td> </tr> <tr> <td>10000 ~ 100000</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0.1</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">*¹ Единица измерения изменяется на Па•с</p> <ul style="list-style-type: none"> Если выбрана единица измерения сП или П <table border="1" data-bbox="582 1238 1401 1496"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Вязкость (сП)</th> <th colspan="2">SV-10</th> <th>SV-100</th> </tr> <tr> <th>Мин. единица измерения (сП)</th> <th>Мин. единица измерения (П)</th> <th>Мин. единица измерения (П)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.3 ~ 10</td> <td>0.01</td> <td>0.0001</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>10 ~ 100</td> <td>0.1</td> <td>0.001</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>100 ~ 1000</td> <td>1</td> <td>0.01</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>1000 ~ 10000</td> <td>10^{*2}</td> <td>0.1</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>10000 ~ 100000</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">*² Единица измерения изменяется на П</p>	Вязкость (мПа•с)	SV-10		SV-100	Мин. единица измерения (мПа•с)	Мин. единица измерения (Па•с)	Мин. единица измерения (Па•с)	0.3 ~ 10	0.01	0.0001	—	10 ~ 100	0.1	0.0001	—	100 ~ 1000	1	0.001	—	1000 ~ 10000	10 ^{*1}	0.01	0.01	10000 ~ 100000	—	—	0.1	Вязкость (сП)	SV-10		SV-100	Мин. единица измерения (сП)	Мин. единица измерения (П)	Мин. единица измерения (П)	0.3 ~ 10	0.01	0.0001	—	10 ~ 100	0.1	0.001	—	100 ~ 1000	1	0.01	—	1000 ~ 10000	10 ^{*2}	0.1	0.1	10000 ~ 100000	—	—	1
Вязкость (мПа•с)	SV-10			SV-100																																																				
	Мин. единица измерения (мПа•с)	Мин. единица измерения (Па•с)	Мин. единица измерения (Па•с)																																																					
0.3 ~ 10	0.01	0.0001	—																																																					
10 ~ 100	0.1	0.0001	—																																																					
100 ~ 1000	1	0.001	—																																																					
1000 ~ 10000	10 ^{*1}	0.01	0.01																																																					
10000 ~ 100000	—	—	0.1																																																					
Вязкость (сП)	SV-10		SV-100																																																					
	Мин. единица измерения (сП)	Мин. единица измерения (П)	Мин. единица измерения (П)																																																					
0.3 ~ 10	0.01	0.0001	—																																																					
10 ~ 100	0.1	0.001	—																																																					
100 ~ 1000	1	0.01	—																																																					
1000 ~ 10000	10 ^{*2}	0.1	0.1																																																					
10000 ~ 100000	—	—	1																																																					

No.	Вопрос	Ответ
16	Нужно ли заменять сенсоры или другие детали для каждого диапазона измерений?	<p>Нет. Диапазон измерений составляет 0.3 мПа·с – 10,000 мПа·с для SV-10, и 1Па·с – 100 Па·с для SV-100SV-10, поэтому нет никакой необходимости заменять сенсоры при измерениях в полном диапазоне. Следовательно, даже если имеет место интенсивное изменение вязкости, например, при превращении золя в гель, измерения могут проводиться непрерывно без нарушения последовательности данных.</p> <p>В случае ротационного вискозиметра трудно отслеживать изменения свойств материала в широком диапазоне, поскольку с помощью одного ротора можно проводить измерения вязкости только в узком диапазоне.</p> <p>Возможность выполнения непрерывных измерений в широком диапазоне с помощью SV-10 позволит использовать прибор для получения материалов с новыми свойствами.</p>
17	Какую температуру может иметь образец?	<p>Диапазон измерений от 0°C до 160°C.</p> <p>Температура жаростойкости чашки для образцов (пластиковой) приблизительно 120°C, поэтому ее можно использовать для измерений образцов, температура которых не выше 100°C.</p>
18	Можно ли измерять одновременно изменение температуры и изменение вязкости?	<p>Вискозиметры серии SV оснащены сенсором температуры, который является частью детекторного устройства (опускается в образец), и дает возможность выполнять одновременные измерения температуры и вязкости образца. Пользователю не требуется дополнительный термометр.</p> <p>Значения температуры и вязкости одновременно выводятся на дисплей, т.е. возможно мониторингирование температуры в реальном времени во время измерений. Можно также проследить за корреляцией изменений температуры и вязкости в реальном времени.</p> <p>Вискозиметры серии SV могут точно зафиксировать температуру немедленно после начала измерений, т.к. температуры образца и детекторного устройства (сенсорных пластин), имеющего маленькую площадь поверхности и теплоемкость, очень быстро достигают равновесия.</p> <p>Прибор можно подключить к ПК. Программное обеспечение “WinCT-Viscosity” дает пользователю возможность мониторировать процесс изменения температуры и вязкости в реальном времени, получая графики и числовые значения. Результаты измерений могут быть сохранены в файле (формат CSV), а затем преобразованы в формат Excel.</p>
19	Возможно ли измерение вязкости при постоянной температуре?	<p>Да. Вы можете измерять вязкость при заданной температуре с помощью водяной рубашки (опция – AX-SV-37) и водяного бака с термостатом (приобретается отдельно). При этом во время измерений вам не нужно думать об изменении вязкости при изменении температуры.</p>

No.	Вопрос	Ответ
20	Как измерять изменение вязкости при изменении температуры образца?	<p>1. Возможно измерение вязкости при изменяющейся температуре. Для этого используется водяная рубашка (опция – AX-SV-37) и термореле (приобретается отдельно). Такой подход можно использовать в том случае, когда во время измерений нужно настроиться на определенную температуру, или если температура ниже температуры в помещении.</p> <p>2. Простейший способ – это измерение процесса охлаждения предварительно нагретого образца, для чего образец нужно оставить в чашке. Также можно использовать нагревательное устройство для нагревания чашки для образцов, но при этом убедитесь, что температура поверхности нагревательного устройства не превышает 120°C. При температуре выше 100°C рекомендуется использовать лабораторный стакан.</p> <p>3. Значения вязкости/температуры можно передавать на ПК во время измерений, для чего используется стандартное программное обеспечение “WinCT-Viscosity”. В результате возможно получение числовых значений вязкости/температуры при одновременном выводе на дисплей графиков в реальном времени. “WinCT-Viscosity” имеет функцию построения графиков, в которых на оси x показана температура, а на оси y - вязкость, таким образом можно визуальнo наблюдать значение коэффициента температуры.</p>
21	Какой охладитель следует использовать в водяной рубашке (AX-SV-37)?	<p>Основной охладитель – это вода. Однако при температуре, близкой к 0°C или 100°C вода не может использоваться в качестве охладителя. При температуре, близкой к 0°C, следует использовать изопропиловый спирт, а при температуре, близкой к 100°C, – силиконовое масло. Имейте в виду, что некоторые охладители могут вызывать коррозию поликарбонатной водяной рубашки. (Избегайте использования этанола и метанола).</p>
22	Не расплавится ли чашка для образцов, если в качестве образца использован растворитель?	<p>Чашка для образцов изготовлена из поликарбоната, поэтому при использовании растворителя она может потерять форму или расплавиться. В таких случаях используйте стеклянный стакан для образцов (опция AX-SV-35) или стеклянный лабораторный стакан (приобретается отдельно). Не забудьте снять протектор с сенсорного устройства при использовании стакана емкостью 100 мл. (Можно использовать стакан емкостью 100 мл или больше).</p>
23	Можно ли использовать контейнер, отличный от стандартных чашек для образца?	<p>Вискозиметры серии SV откалиброваны по вязкости с помощью стандартной чашки для образца (поликарбонат, емкость 35мл – 40мл). При измерении абсолютного значения вязкости, превышающего 1000 мПа·с, мы настоятельно рекомендуем вам выполнять калибровку с использованием контейнера, входящего в комплект поставки.</p>

No.	Вопрос	Ответ
24	Из какого материала изготовлены сенсорные пластины, сенсор температуры и протектор, вступающие в контакт с образцом?	Используется нержавеющая сталь (SUS304) с золотым покрытием. Она не подвержена коррозии при контакте с обычным органическим растворителем, и весьма устойчива к коррозии при использовании в качестве образца кислот или базовых (алкалиновых) растворов. Чтобы повысить устойчивость к коррозии и предотвратить возможные ошибки, очищайте прибор (протирайте) нейтрализующим раствором.
25	Можно ли измерять вязкость неньютоновских сред?	Да. Поскольку тонкие сенсорные пластины устройства обнаружения не оказывают деформирующего воздействия на структуру образца, возможно выполнение стабильных измерений неньютоновских сред, с высокой повторяемостью результатов, и быстрой реакцией на изменение вязкости образца.
26	Можно ли получить точные результаты для образца с низкой вязкостью?	<p>1. Да. SV-10 позволяет получать стабильные результаты измерений для образцов с низкой вязкостью. Вы можете производить измерения вязкости, начиная с 0.3 мПа•с, при этом нет необходимости заменять сенсоры или устанавливать специальные адаптеры/аксессуары для измерения низкой вязкости. Возможна также точная оценка корреляции между температурой и вязкостью путем непосредственного измерения температуры образца. Учитывая эту характеристику прибора, можно сделать вывод, что SV-10 предоставляет объективный метод оценки жидкостей с низкой вязкостью с точки зрения их “мягкости и приятности при глотании”, что важно для напитков, в том числе безалкогольных, вина, пива, шипучих напитков. Оценка делается в числовом выражении, что до сих пор было проблематичным.</p> <p>2. В других методах измерение вязкости ниже 50 мПа•с связано со значительными трудностями, которые обусловлены помехами, вызванными энергией измерительных систем, чувствительностью или принципами измерения. В то же время SV-10 может легко выполнять измерения образцов с низкой вязкостью, одновременно отслеживая температуру образца.</p>

No.	Вопрос	Ответ
27	Можно ли измерять вязкость текущего образца?	<p>Да. Это совершенно уникальная характеристика синусоидального вибровязкозиметров серии SV, которая состоит в возможности непрерывного измерения вязкости текущего образца.</p> <p>Измерение вязкости текущего образца возможно в диапазоне от 300 мПа•с и ниже, если образец можно перемешать миксером. Однако следует иметь в виду, что если поверхность образца жидкости колеблется, ее уровень изменяется, и стабильные измерения становятся невозможны. Что касается неньютоновских сред, их вязкость изменяется при изменении состояния потока, поэтому вам следует убедиться, что измерения проводятся при постоянной скорости потока.</p> <p>Текущий образец в производственной линии может измеряться непрерывно путем установки вспомогательной расширительной емкости, которая необходима для поддержания горизонтального уровня поверхности жидкости.</p>
28	Как можно получить точные абсолютные значения вязкости?	<p>Вибровязкозиметры серии SV первоначально настроены на индикацию коэффициента вязкости среды, предполагаемая плотность которой равняется 1.</p> <p>Коэффициент вязкости на дисплее представляет собой произведение значений вязкости и плотности, что следует из реализованного в приборе принципа измерения.</p> <p>Для того чтобы получить абсолютное значение вязкости, разделите измеренное значение вязкости образца на его плотность в момент измерения*.</p> <p>Пример: образец измеряется при температуре T; абсолютное значение вязкости будет получено следующим образом:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Значение вязкости на дисплее - 73.6 (мПа•с). 2) Удельная масса образца при температуре T - 0.856. 3) Абсолютное значение вязкости η_M равняется $73.6/0.856=85.98$ (мПа•с). <p>Если плотность образца не известна, то сначала необходимо измерить плотность (удельную массу) с помощью электронных весов и специального комплекта для определения удельной массы. Это можно легко сделать, используя аналитические весы серии GR или электронные весы общего назначения серии GX/GF и комплект для определения удельной массы.</p> <p>*В этом случае измеряйте вязкость при той же температуре, которая была при изменении плотности (удельной массы).</p>
29	Можно ли измерять кинетическую вязкость?	<p>Нет. Вибровязкозиметр не может выполнять непосредственные измерения кинетической вязкости.</p> <p>Вы можете рассчитать это значение, используя абсолютное значение вязкости (см. вопрос 28), которое нужно снова разделить на плотность образца.</p>

No.	Вопрос	Ответ
30	<p>До какой отметки должен доходить уровень поверхности образца? Какое влияние на результат измерения оказывает изменение уровня поверхности?</p>	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;">1</div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p>1. Как вы можете видеть из данной диаграммы, непосредственно над круглой частью сенсорных пластин имеет место сужение. Установите уровень поверхности образца таким образом, чтобы он совпадал с узкой частью сенсорных пластин. Если правая или левая сенсорная пластина не может быть выровнена относительно поверхности образца, отрегулируйте положение прибора с помощью регулировочных ножек, исключив наклон. Если ваш прибор оснащен пластиной для регулировки уровня образца, ее конец направлен в центр узкой области сенсорной пластины. Поднимайте уровень поверхности образца до тех пор, пока кончик регулировочной пластины не соприкоснется с поверхностью образца.</p> <p>2. При изменении уровня поверхности на 1 мм, коэффициент вязкости может измениться примерно на 5% (при измерении с помощью SV-10). После того, как вы несколько раз выполните измерения, вы научитесь регулировать уровень поверхности образца. Постепенно, повторяя измерения одного и того же образца при одних и тех же условиях, вы сможете снизить погрешность, связанную с неправильной установкой образца, до $\pm 1\%$ и ниже. Если вы используете SV-100, коэффициент вязкости может измениться примерно на 5% при изменении уровня поверхности на 1 мм. Однако использование пластины для регулировки уровня образца позволяет снизить погрешность, связанную с неправильной установкой образца, до $\pm 1\%$ и ниже.</p> <p>3. При измерении образцов с высоким уровнем вязкости неровность поверхности образца может отразиться на точности измерений. Рекомендуется выровнять уровень поверхности с помощью шпателя и пр.</p> <p>4. При длительной работе с образцом уровень поверхности может понизиться вследствие испарения. Не забывайте регулярно регулировать уровень образца.</p>

No.	Вопрос	Ответ
31	<p>На что следует обратить внимание, выполняя измерения изменений образца в течение длительного времени?</p>	<p>1. Снижение уровня поверхности образца вследствие испарения При длительной работе с некоторыми образцами уровень поверхности может понизиться вследствие испарения. В таком случае необходимо время от времени регулировать уровень поверхности образца. Если уровень поверхности образца снизился, но находится все еще выше закругленной части сенсорных пластин, то, поскольку связь между падением уровня вязкости и снижением поверхности образца почти линейная, снижение уровня образца может быть откорректировано.</p> <p>2. Изменение образца с течением времени Пример: при выполнении непрерывных измерений водопроводной воды на поверхности сенсорных пластин и контейнера возникают пузырьки воздуха. Это вызвано тем, что в водопроводной воде под воздействием давления появляется воздух. Т.к. вискозиметры серии SV детектируют вращающий момент, возникающий между образцом и сенсорными пластинами, пузырьки или твердые частицы, появившиеся на поверхностях в ходе измерений, будут измерены как изменение вязкости. В результате будет наблюдаться постепенное повышение вязкости. Количество пузырьков можно уменьшить путем использования очищенной воды. Если продолжать измерения очищенной воды в течение приблизительно недели, бактериальные цепочки или водоросли, содержащиеся в воздухе, размножаться в воде, что может вызвать появление водорослей на сенсорных пластинах. В этом случае будет отмечено увеличение температуры воды. При длительных измерениях могут иметь место такие неожиданные изменения образца.</p> <p>3. Разделение образца При измерении жидких смесей, например, зелей или гелей, со временем может произойти их разделение на жидкую и твердую составляющие. В таких случаях отмечается, что жидкость собирается вокруг сенсорной пластины, и следовательно, значение вязкости снижается. Необходимо использовать смеситель для перемешивания образца до состояния однородности. Исключением могут быть случаи измерения осадка, состоящего из твердых компонентов образца. (Со смесителем может быть также использована водяная рубашка). При измерении процессов охлаждения/нагревания образец может также разделиться при нагревании, и надосадочная часть может коагулироваться как желе после охлаждения. В таком случае можно поддерживать некоторую однородность образца путем применения смесителя.</p> <p>4. Загрязнение сенсорных пластин Имейте в виду, что любое загрязнение сенсорных пластин жидкостями или твердыми остатками выше уровня поверхности образца будет оказывать неблагоприятное влияние на точность измерений. Необходимо регулярное обслуживание прибора, особенно в случае его постоянного использования.</p>

D. Накопление и вывод результатов измерений

■ Прибор/ С. Измерение вязкости

No.	Вопрос	Ответ
27	<p>Возможен ли вывод результатов измерения на печать? Возможно ли накопление и сохранение результатов измерений?</p>	<p>Да. Вывод результатов измерений на печать и их накопление возможны.</p> <p>1. Результаты измерений можно распечатать, используя стандартный интерфейс RS-232C и компактный принтер AD-8121B (дополнительный). Использование функций принтера AD-8121B позволяет распечатать статистические данные по результатам измерений вязкости или изменение вязкости (числовые значения) за некоторый период времени.</p> <p>Для подключения принтера используйте специальный кабель (аксессуар).</p> <p>2. При подключении к ПК стандартное программное обеспечение "WinCT-Viscosity" делает возможным мониторинг процесса изменения вязкости и температуры в реальном времени, с использованием графиков и числовых значений. Результаты измерений можно сохранить в виде файла (формат CSV), а затем преобразовать его в Excel файл для последующего построения графиков и получения данных в соответствии со своими потребностями.</p> <p>* См. "Использование вискозиметра А. Анализ данных" для дополнительной информации о программе "WinCT-Viscosity".</p>

■ Использование вискозиметра

А. Анализ данных

1. Программное обеспечение “WinCT-Viscosity”

1. Программное обеспечение “WinCT-Viscosity”

Это программное обеспечение позволяет выводить на дисплей персонального компьютера результаты измерений вязкости в реальном времени, а также легко преобразовывать данные для последующего хранения и анализа. CD-ROM, содержащий программу *WinCT-Viscosity*, является стандартным аксессуаром вискозиметра серии SV.

Программное обеспечение *WinCT-Viscosity* включает в себя 3 функциональные программы:

-RsVisco: программа для построения графиков результатов измерения и прогресса измерений вязкости.

-RsCom: программа передачи/получения данных.

-ReKey: программа преобразования данных.

Программа	Содержание
<ul style="list-style-type: none"> ●RsVisco 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Строит в реальном времени графики данных, полученных с вискозиметра через RS-232C. График позволяет мониторить прогресс изменения вязкости во время измерений. Одновременно можно вывести на дисплей и температурные данные, а графики температуры и вязкости могут выводиться на дисплей в реальном времени. 2. Можно выбрать один из трех типов графиков: <ol style="list-style-type: none"> ① Вязкость (ось Y) – Время (ось X) ② Вязкость/Температура (ось Y) – Температура (ось X) ③ Вязкость (ось Y) – Температура (ось X) 3. При многократных измерениях возможно наложение графиков друг на друга (используется 10 цветов). 4. Результаты измерений можно сохранить в файле формата CSV. 5. Графики можно распечатать через ПК с помощью принтера.
<ul style="list-style-type: none"> ●RsCom 	<p>Передает и получает данные с ПК через RS-232C. Это программа позволяет управлять вискозиметром серии SV.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Записанные данные можно сохранить в текстовом файле. 2) Полученные с вискозиметра данные можно распечатать на принтере через ПК. 3) Возможна одновременная связь с несколькими вискозиметрами, подключенными через порт ПК (мультипроцессорная обработка).
<ul style="list-style-type: none"> ●RsKey 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Данные, полученные с вискозиметра серии SV, могут импортироваться в программы общего назначения (Microsoft Excel, etc.) через RS-232C. 2. Данные, полученные с вискозиметра серии SV, могут автоматически вводиться в прикладные программы, как если бы они вводились с клавиатуры. <p>Передает данные в программу обработки таблиц (Excel), обработки текстов (Word, memo pad) и другие прикладные программы.</p>

(1) Пример дисплея для программы RsVisco

RsVisco – это программа, предназначенная для чтения результатов измерения (CSV файл) и построения графиков измерения вязкости в реальном времени, как показано на диаграммах ниже. Диаграммы 15 и 16 показывают графики изменения вязкости силиконового масла (ньютоновская среда), измеренного при комнатной температуре при охлаждении масла с 45°C до 25°C. График на Диаграмме 15 показывает продолжительность измерений (ось x) и вязкость (слева) и температуру (справа) (ось y). На Диаграмме 16 те же данные представлены следующим образом: температура по оси x, вязкость – по оси y. На графиках хорошо видна линейность корреляции между изменением вязкости и изменением температуры.

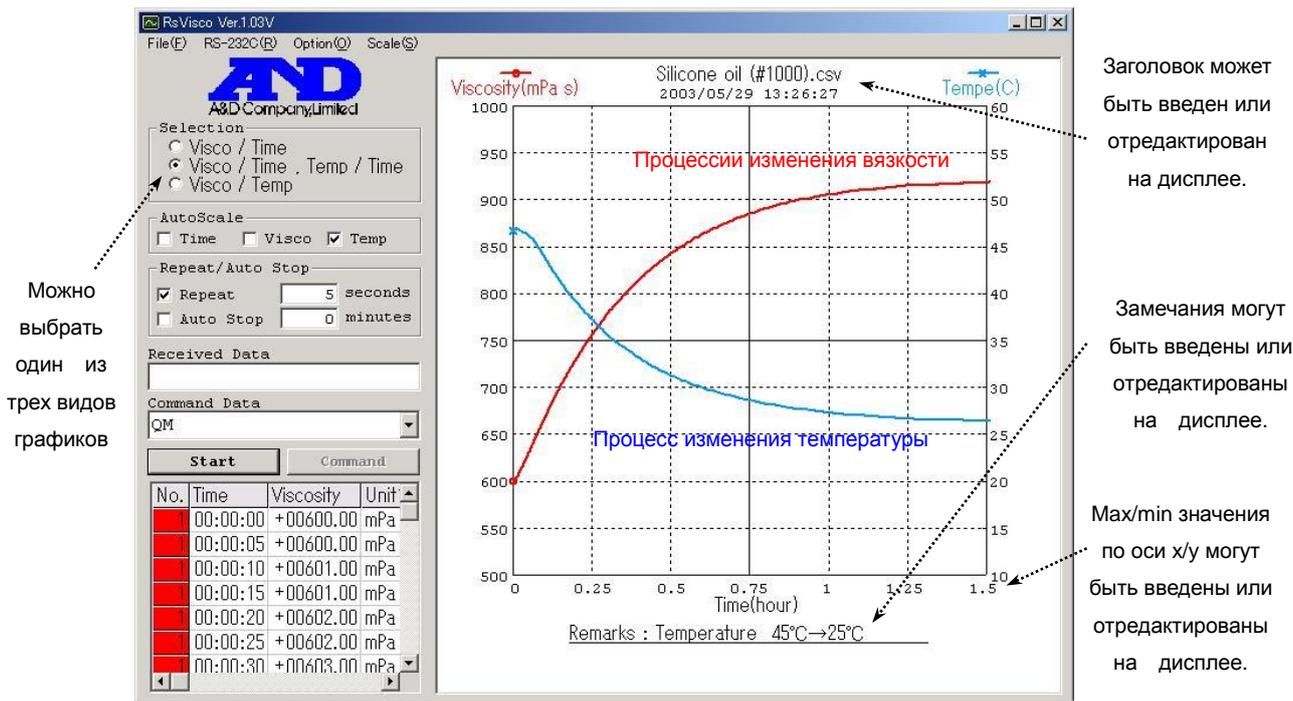


Диаграмма 15. Пример дисплея. Силиконовое масло (SV-10)

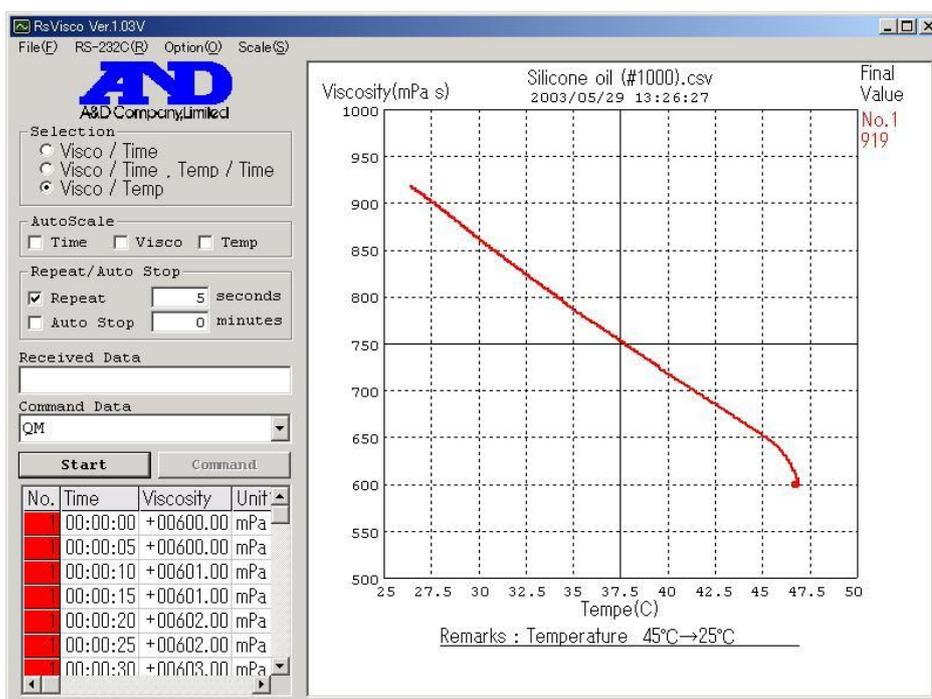


Диаграмма 16. Корреляция между изменением вязкости и изменением температуры. Силиконовое масло.

(2) Пример измерения вязкости очищенной воды

Диаграмма 17 показывает результат измерения вязкости очищенной воды с помощью SV-10. Вода нагревается до припл. 40°C, затем охлаждается естественным путем. На диаграмме 18 показана взаимосвязь температуры (ось X) и вязкости (ось Y). Измеренные значения представлены красным графиком, а теоретические – зеленым. Этот график показывает, что вязкость очищенной воды измерена точно. SV-10 позволяет точно выполнять измерения образцов с низким значением вязкости.

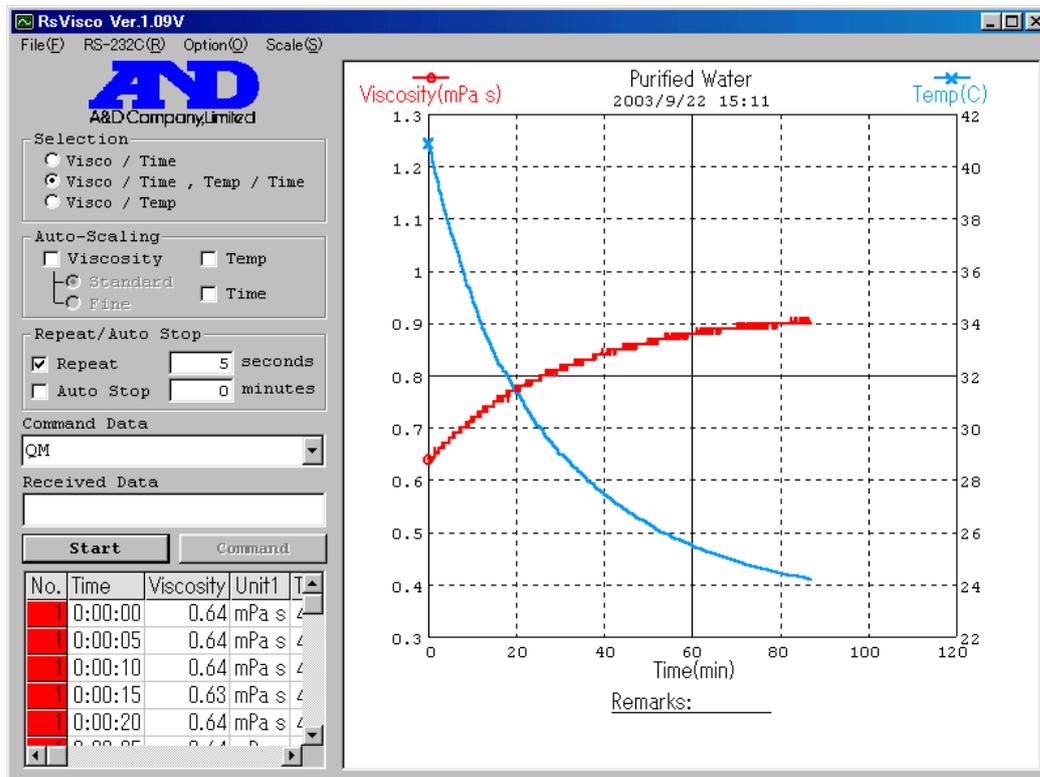


Диаграмма. 17 Пример измерения вязкости очищенной воды (SV-10)

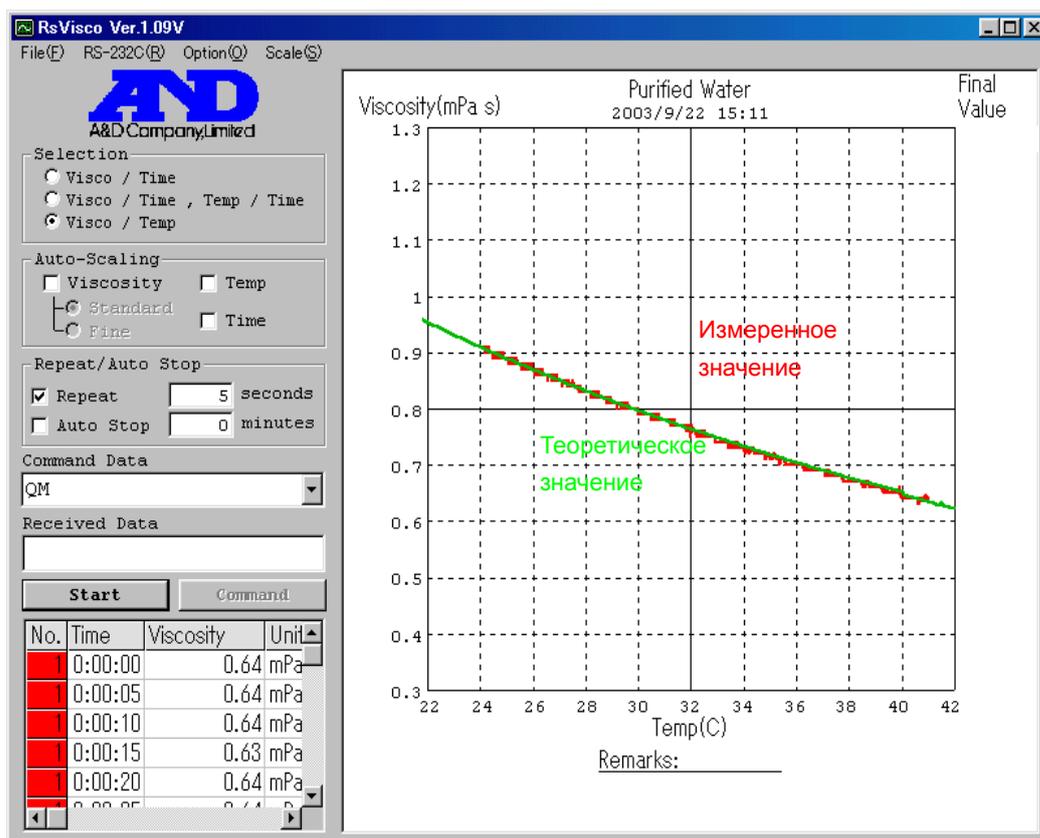


Диаграмма 18 Пример измерения вязкости очищенной воды (SV-10)

(3) Пример измерения вязкости краски на водной основе

На диаграмме 19 показан график измерения вязкости лака на водной основе при комнатной температуре и постоянных условиях. Этот образец имеет стабильную вязкость, не изменяющуюся во времени. На диаграмме 20 показан результат измерения вязкости краски (черной) на водной основе при комнатной температуре и постоянных условиях.

После начала измерений этот образец показал тенденцию к постепенному уменьшению вязкости (тиксотропия). Для оценки вязкости подобных образцов мы экспериментально находим время, когда тенденция к уменьшению вязкости замедлится. В это время мы можем оценить значение вязкости.

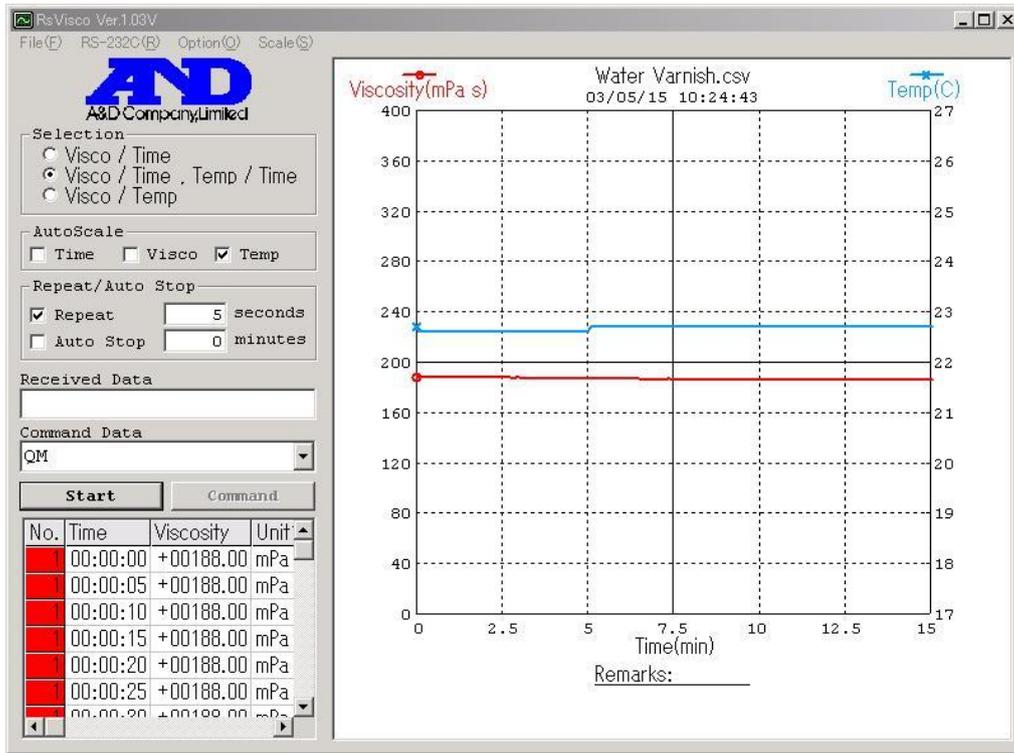


Диаграмма 19. Пример измерения вязкости лака на водной основе (SV-10)



Диаграмма 20. Пример измерения вязкости краски на водной основе (SV-10)

(4) Измерение вязкости продуктов питания

На диаграммах 21 и 22 показаны графики результатов измерения вязкости яичного белка в процессе его нагревания с комнатной температуры до температуры 80°C. Хорошо видно изменение состояния белка, который быстро коагулируется после того, как температура превысит 60°C. График точно показывает свойства протеина (альбумина), который является основным компонентом (составляющей частью) яичного белка.

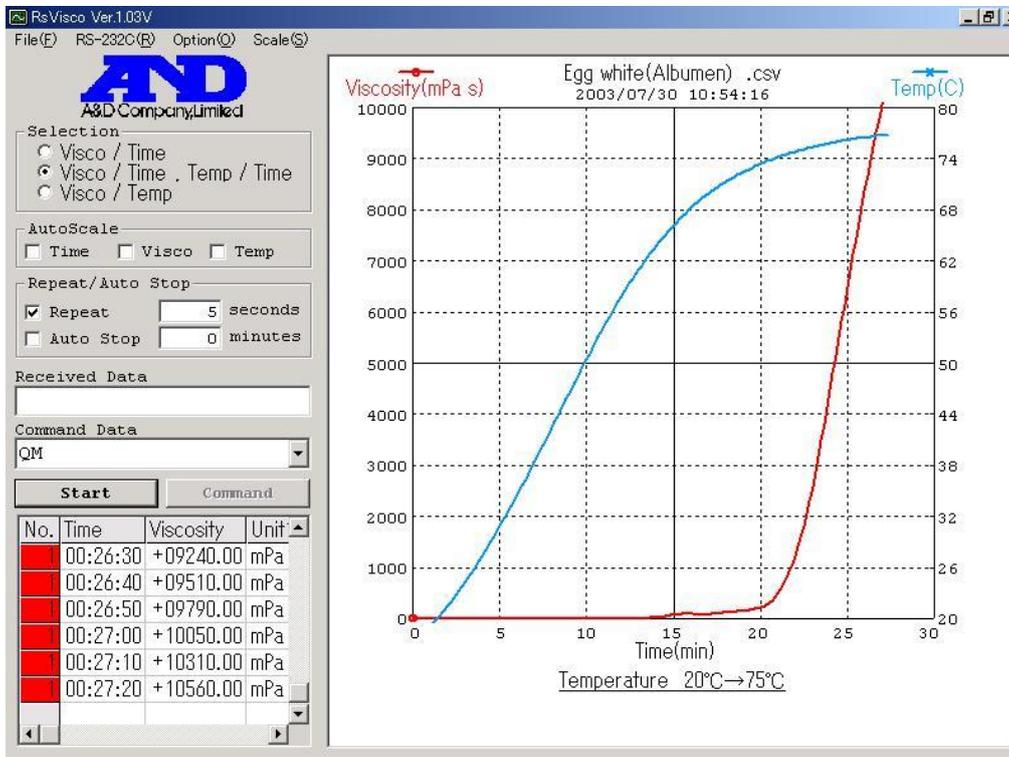


Диаграмма 21. Пример измерения вязкости яичного белка (SV-10)

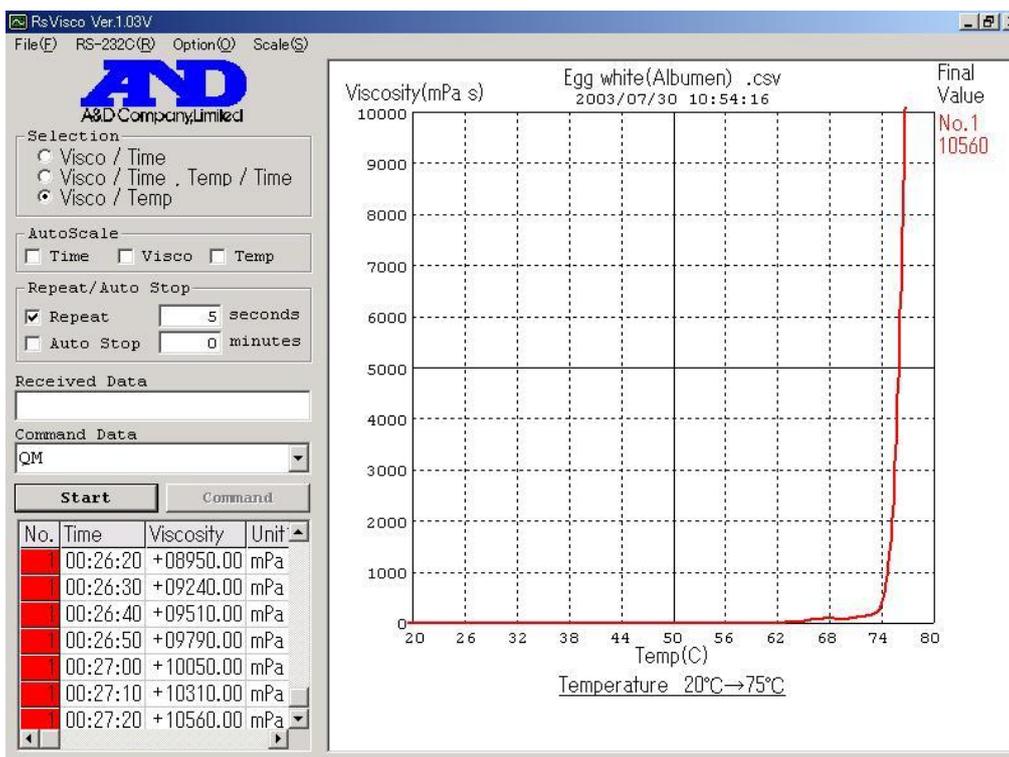


Диаграмма 22. Процесс увеличения вязкости яичного белка при нагревании (SV-10)

На диаграммах 23 и 24 показаны графики результатов измерения вязкости яичного белка, представленные на диаграммах 21 и 22, но по оси y (вязкость) представлена логарифмическая шкала. Мы можем видеть, особенно на диаграмме 24, что когда температура составляет 60°C или ниже, вязкость яичного белка уменьшается по мере увеличения температуры (так происходит с большинством жидкостей), но как только температура превысит 60°C, вязкость быстро увеличивается, поскольку происходит коагуляция протеина. Вибровискозиметр серии SV позволяет зафиксировать малейшие динамические изменения уровня вязкости, также как и изменения свойств, характерные для конкретного образца (материала).

Как вы можете видеть, WinCT-Viscosity (RsVisco) может показать логарифмическую ось в качестве оси вязкости, при этом ясно видно изменение вязкости в широком диапазоне или нелинейность.

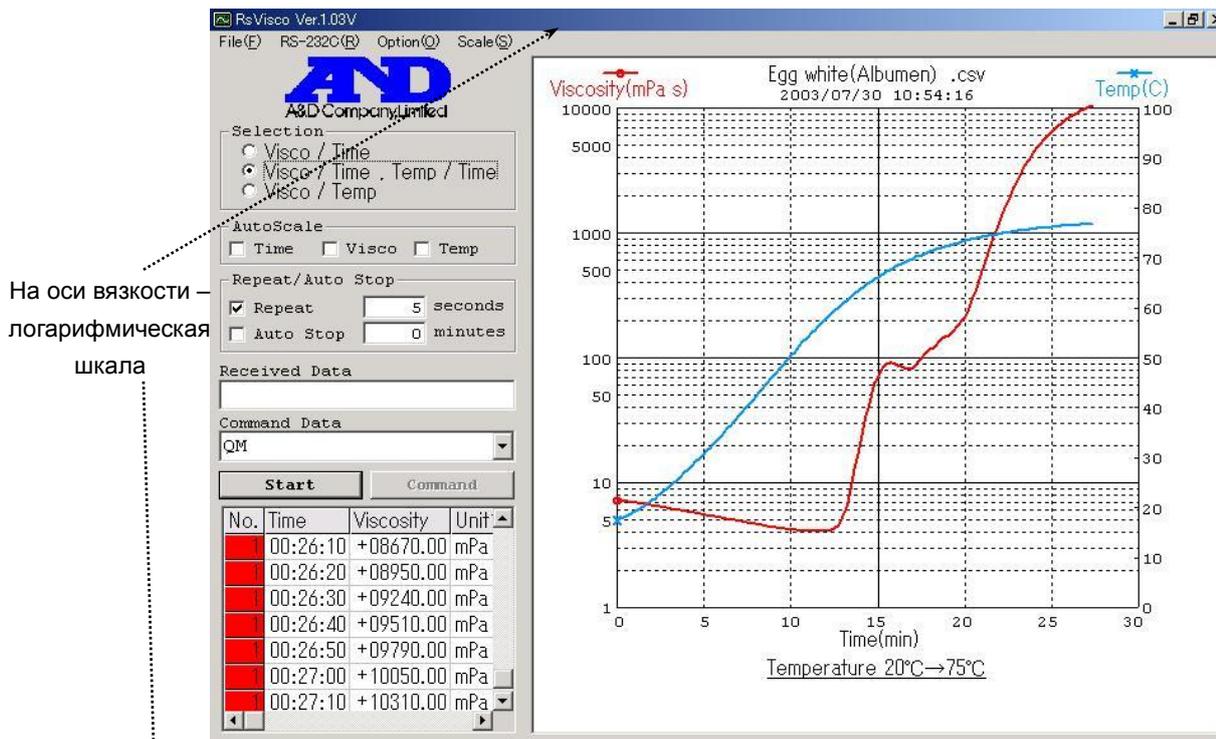


Диаграмма 23. Пример измерения вязкости яичного белка (логарифмическая шкала по оси вязкости)

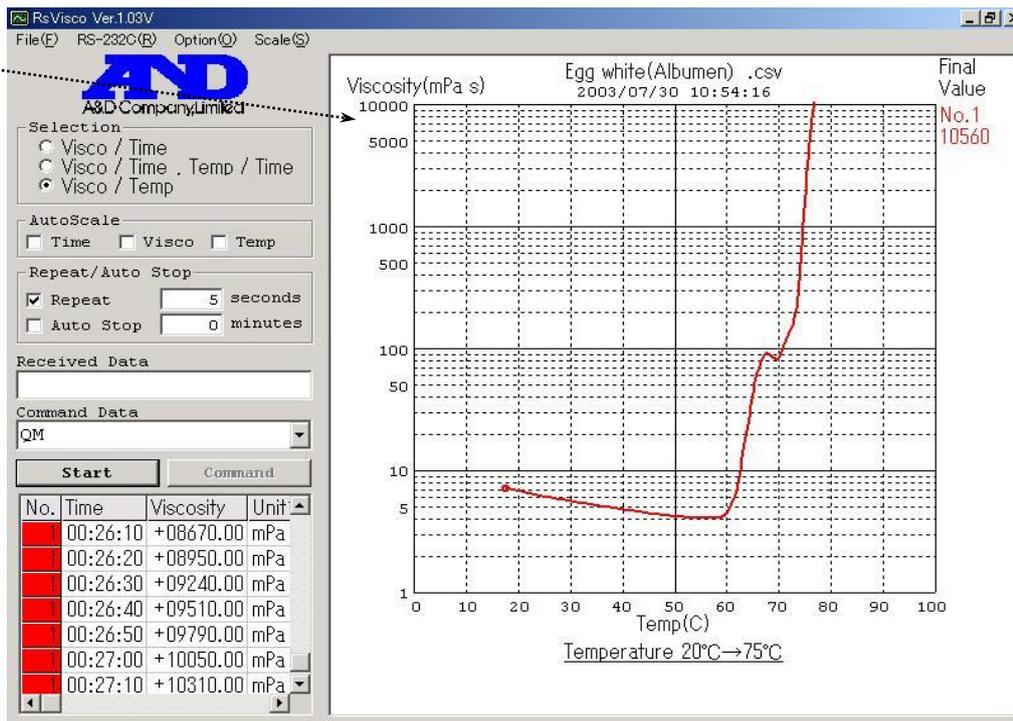
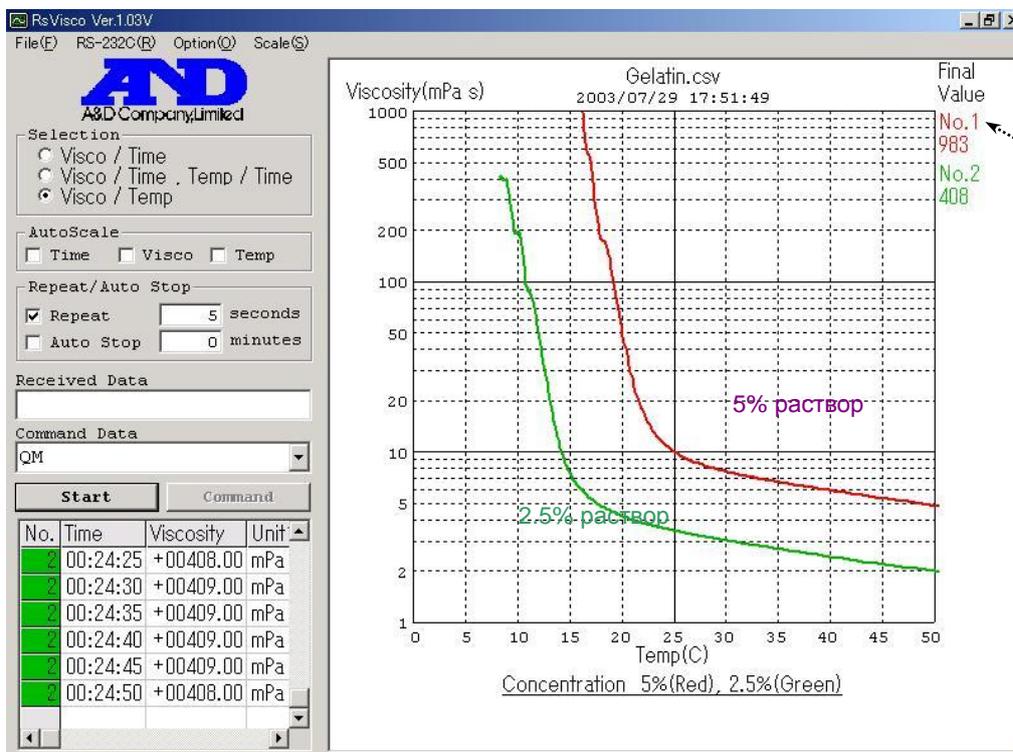


Диаграмма 24. Процесс увеличения вязкости яичного белка при увеличении температуры (логарифмическая шкала по оси вязкости)

На диаграмме 25 показан пример измерения вязкости 2.5% и 5% раствора желатина при изменении температуры. Температура показана на оси x, а вязкость – на оси y (log). Мы можем видеть, что точка коагуляции зависит от концентрации раствора.



Многочратные измерения могут быть представлены перекрывающимися графиками. (возможны 10 цветов)

Диаграмма 25. Пример измерения вязкости желатина различной концентрации (по оси вязкости – логарифмическая шкала)

На диаграмме 26 показаны графики результатов измерения вязкости пудинга при температуре припл. 20°C. Было сделано 4 измерения (3 для хороших образцов, 1 – для плохого). Три верхние графика (красный, голубой и зеленый) – для хороших образцов, нижний (розовый) – для образца, оценка вязкости которого не удалась. Как мы можем видеть, измерение вязкости с помощью SV-10 позволяет сделать оценку вязкости в числовом выражении, учитывая при этом опыт пользователя.

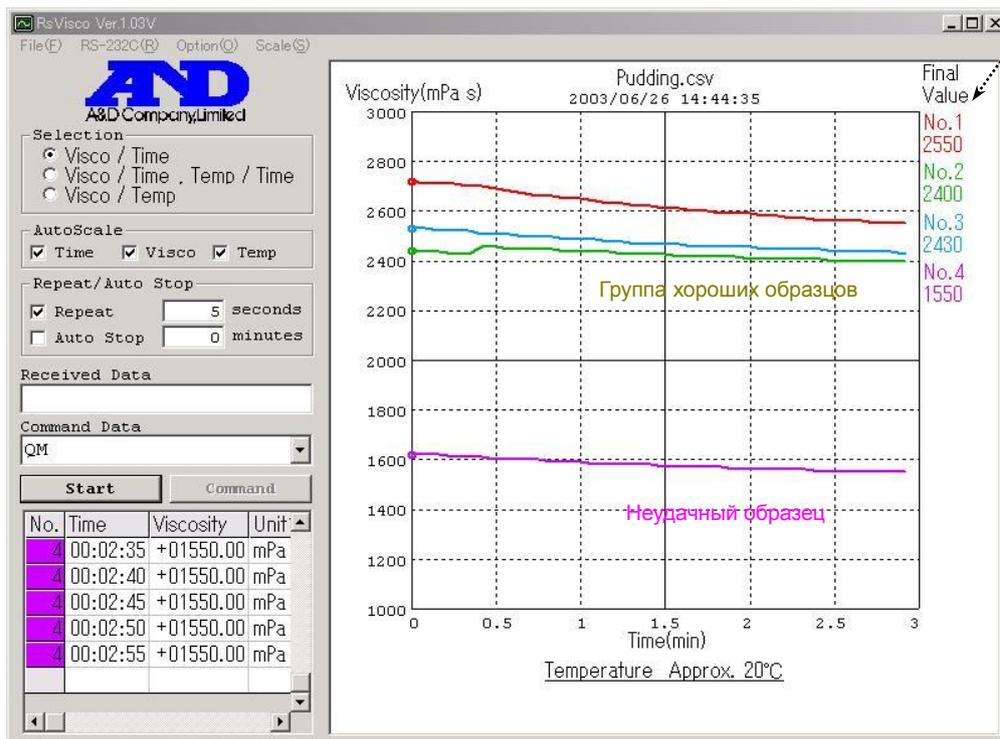


Диаграмма 26. Пример измерения вязкости пудинга

На Диаграмме 27 показан график результатов измерения Вустерского соуса при постоянных условиях (комнатная температура).
Измерения с использованием SV-10 показывают, что вязкость Вустерского соуса остается стабильной с течением времени.

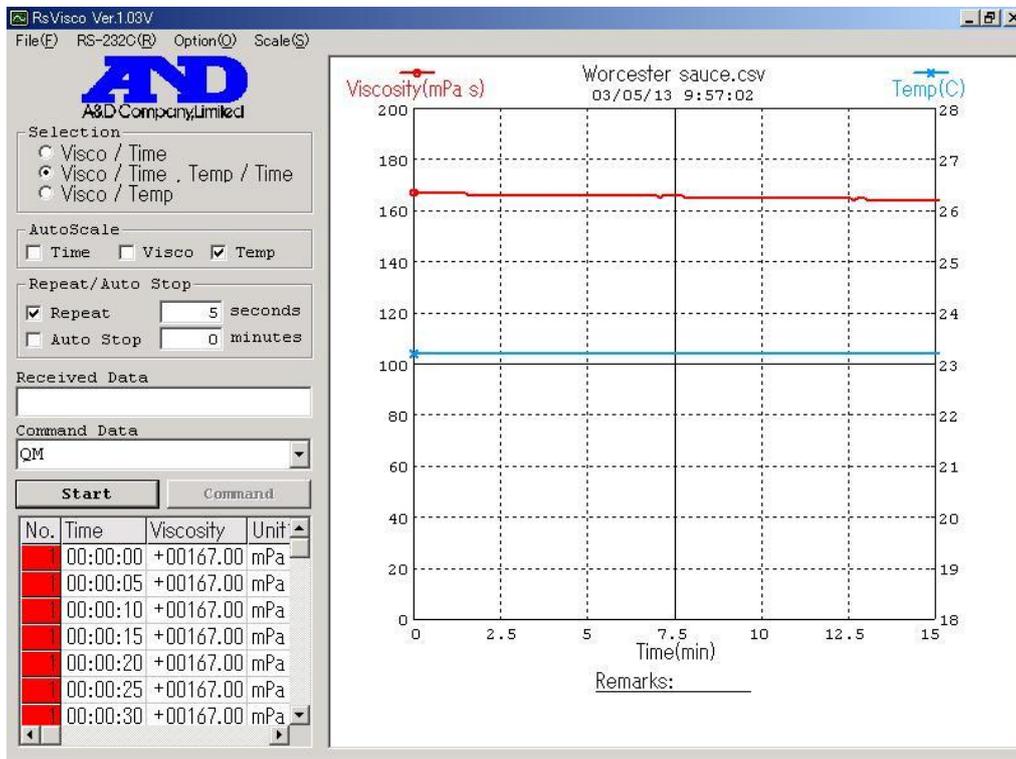


Диаграмма 27. Пример измерения вязкости Вустерского соуса (SV-10)

(5) Примеры измерения вязкости промышленных продуктов

На диаграммах 28 и 29 показаны графики результатов измерения вязкости машинного масла с помощью SV-10. 100см³ масла для бензинового двигателя было нагрето до 110 °С, а затем охлаждено естественным способом. Как правило вязкость машинного масла оценивается при температуре 40°С и 100°С. В данном случае вязкость при 100°С составила 7.64 мПа•с, а при 40°С - 45.4 мПа•с. Вискозиметры серии SV позволяют выполнять измерения в процессе изменения температуры, поэтому вы можете легко определить вязкость при заданной вами температуре.

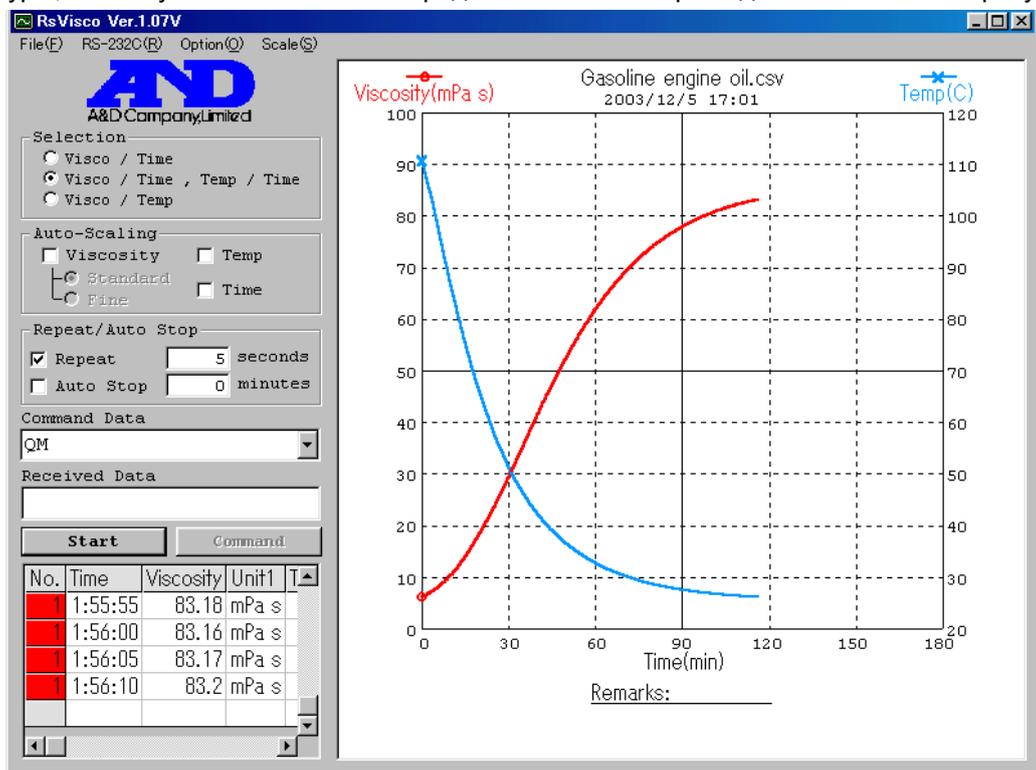


Диаграмма 28 Пример измерения вязкости машинного масла (SV-10)

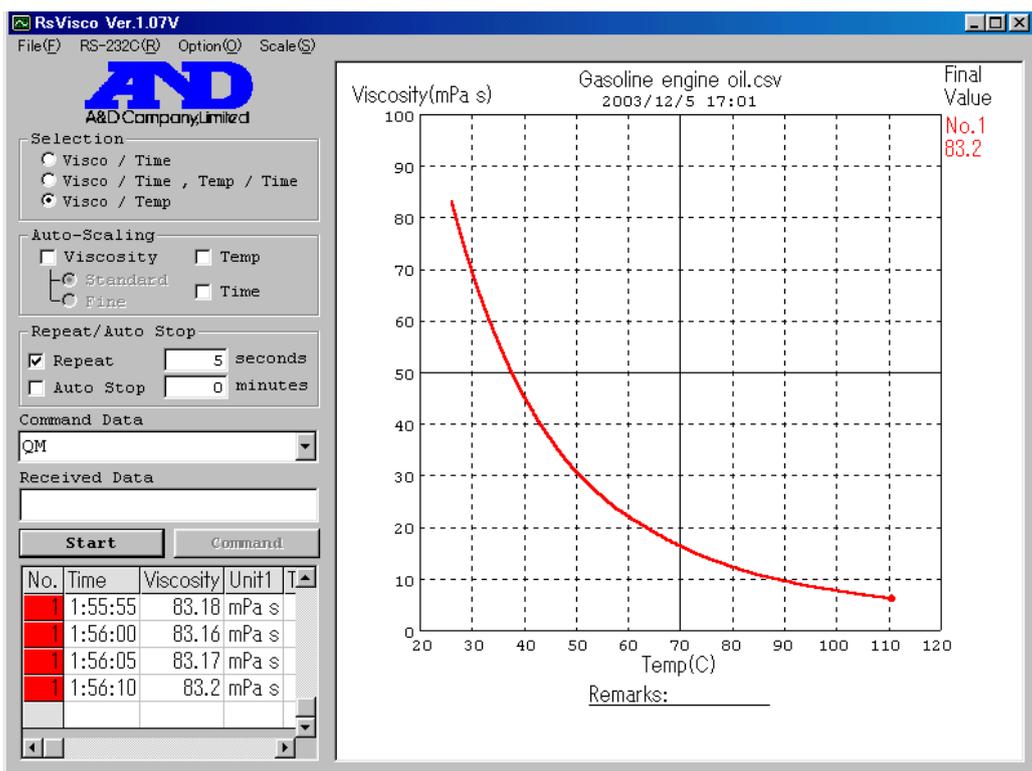


Диаграмма 29 Корреляция между температурой и вязкостью машинного масла

Диаграмма 30 показывает результаты измерения вязкости полупроводникового абразива трех типов (SV-10). Вискозиметр модели SV-10 позволяет выполнять измерения образцов с низкой вязкостью и определять первоначальное значение вязкости, а также вязкость в процессе разрушения абразива. Диаграмма 31 показывает результаты измерения вязкости штукатурки в процессе затвердевания (SV-10). Также измерены смеси штукатурки с водой в пропорции 67%, 60% и 50% (весовая пропорция). Результаты показывают, что время затвердевания различно в зависимости от соотношения компонентов в смеси.

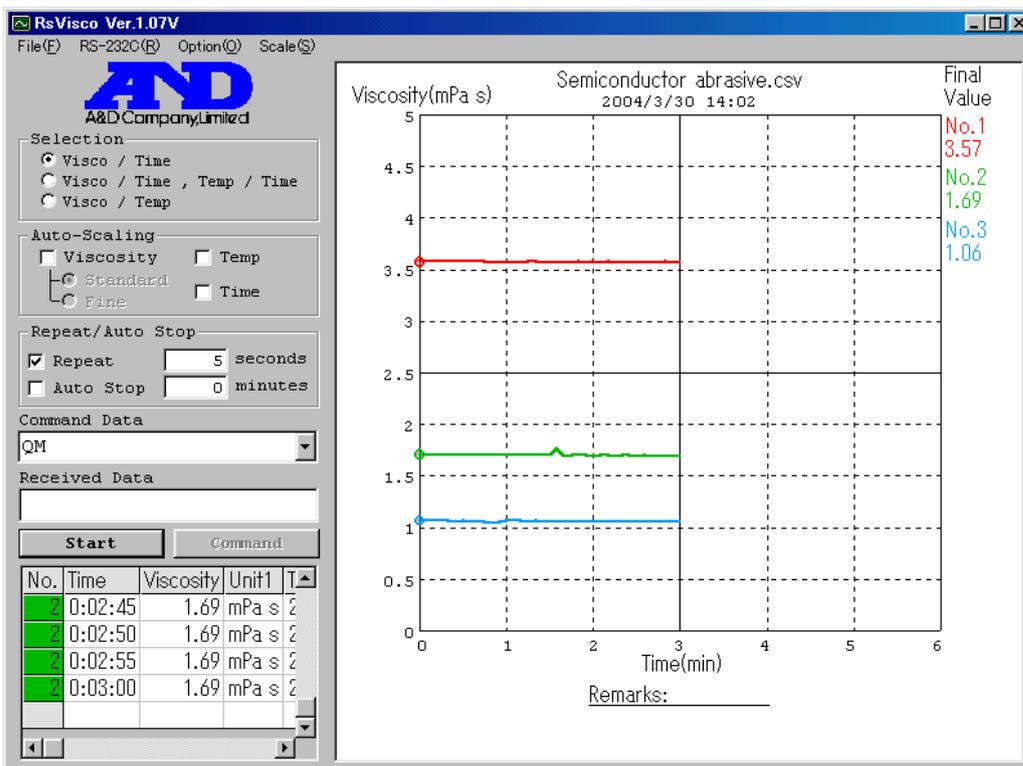


Диаграмма 30 Пример измерения вязкости полупроводникового абразива (SV-10)

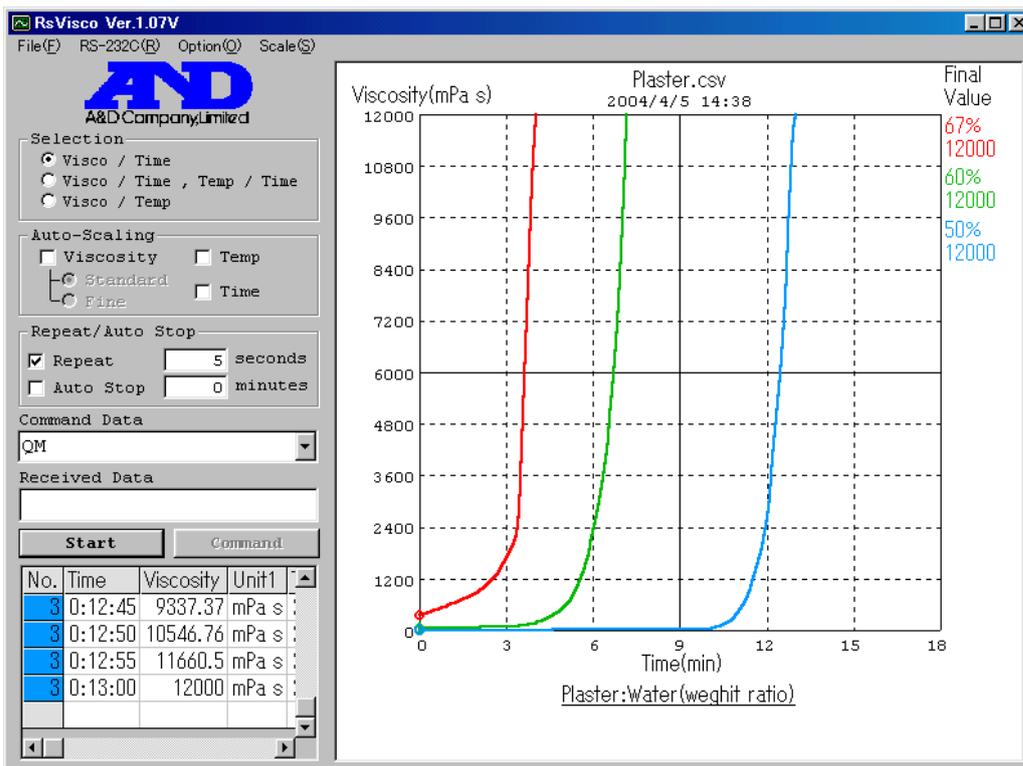


Диаграмма 31 Пример измерения вязкости в процессе затвердевания штукатурки (SV-10)

Диаграмма 32 показывает результаты измерения вязкости в процессе естественного загустения паяльного флюса до пастообразной формы. Предварительно флюс был нагрет до состояния плавления. Измерения выполнялись с помощью SV-10. График “температура – вязкость” показывает, что точка загустения – приблизительно 68°C.

Диаграмма 33 показывает результаты измерения вязкости силиконового адгезива в процессе затвердевания. Измерения выполнялись с помощью SV-10. Хотя процесс затвердевания продолжался почти целый день, мы можем наблюдать за этим процессом, т.к. вискозиметры серии SV позволяют производить непрерывные измерения в течение длительного времени.

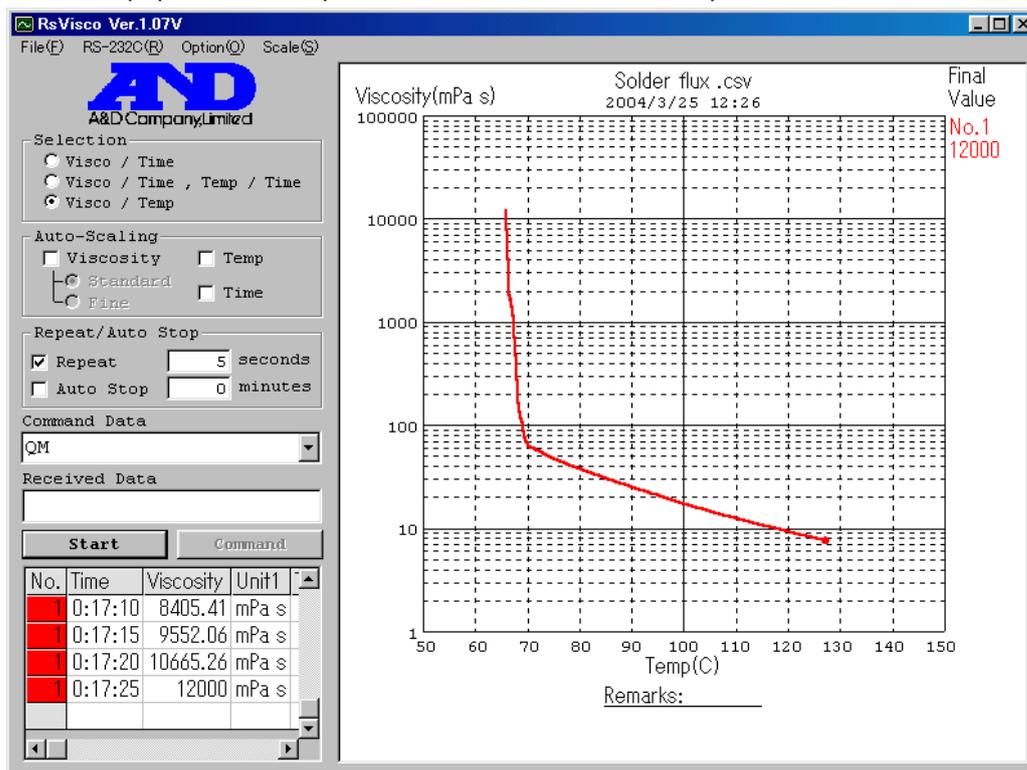


Диаграмма 32 Пример измерения точки загустения паяльного флюса (SV-10)

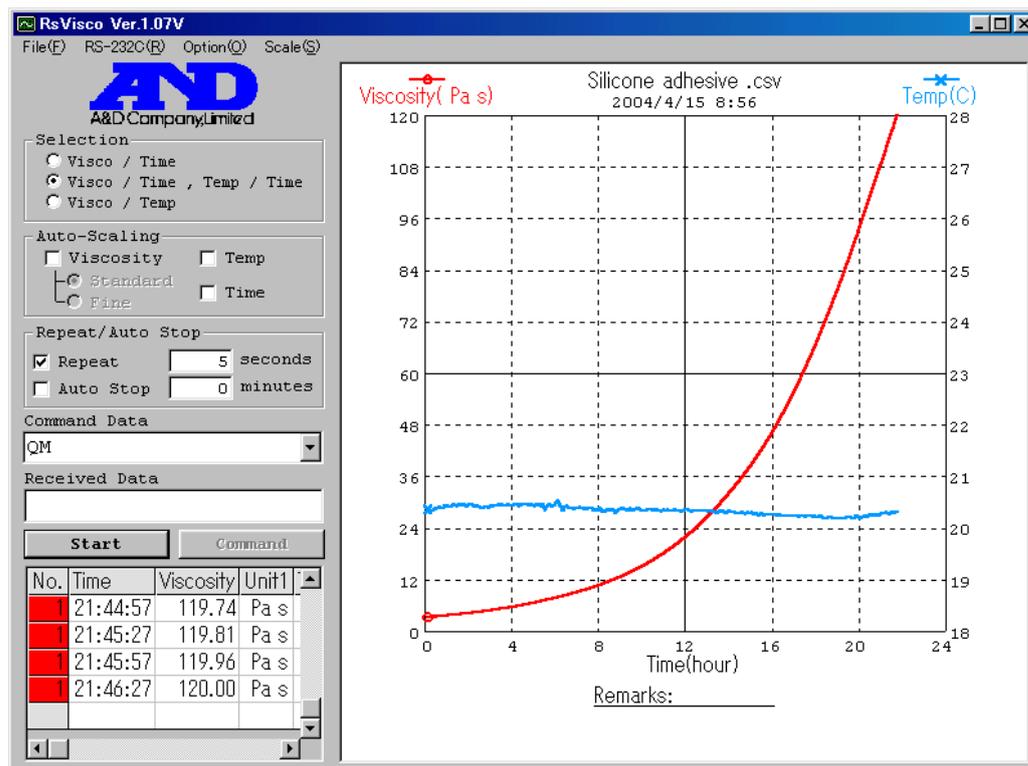


Диаграмма 33 Пример измерения процесса затвердевания силиконового адгезива (SV-100)

При повышении температуры неионного поверхностно-активного агента он, при достижении определенной температуры, мутнеет. Эта температура называется точкой помутнения, и обычно она измеряется оптическим путем. Используя SV-10, можно определить точку помутнения путем измерения изменения вязкости, т.к. в этой точке происходит резкое изменение вязкости, вызванное изменением физических свойств вещества.

Диаграмма 34 показывает результаты измерения вязкости неионного поверхностно-активного агента (концентрация 1%) в процессе его нагревания. Измерения выполнялись с помощью SV-10. График показывает резкое изменение вязкости при температуре 35.4°C, которая детектируется как точка помутнения. Точкой помутнения неионного поверхностно-активного агента, в соответствии с нормами JIS, является 35.9°C. Данный пример показывает, что SV-10 может успешно измерять точку помутнения.

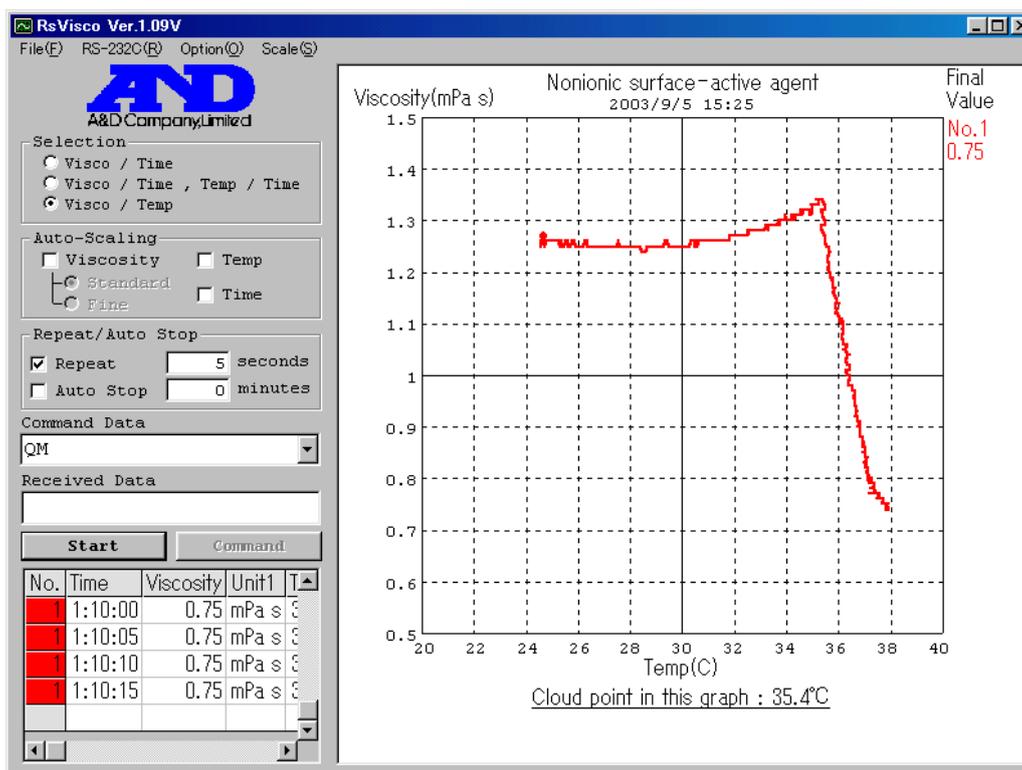


Диаграмма 34 Пример измерения вязкости неионного поверхностно-активного агента (SV-10)

(6) Примеры измерения вязкости сред различной концентрации

На диаграммах 35 и 36 показаны результаты измерения вязкости раствора этанола различной концентрации при постоянной температуре 25°C. Измерения выполнялись с помощью SV-10. Значение вязкости изменяется в зависимости от концентрации. Значение вязкости низкое, если концентрация этанола составляет 100% или 0% (100% воды). Значение вязкости возрастает при смешивании этанола с водой.

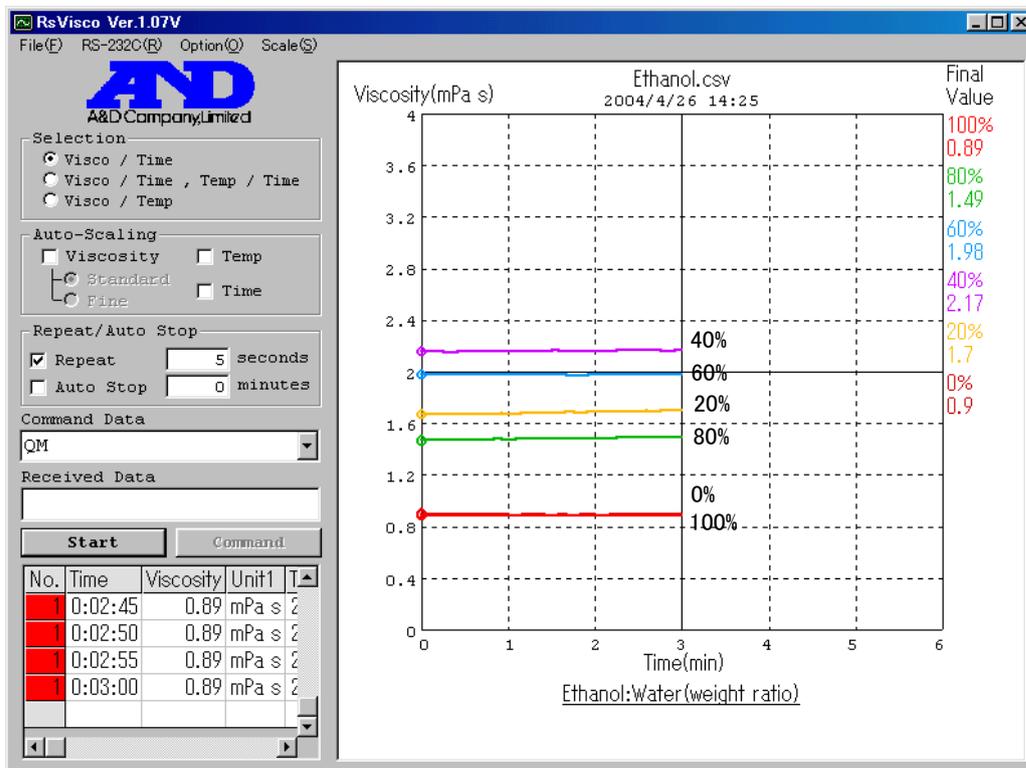
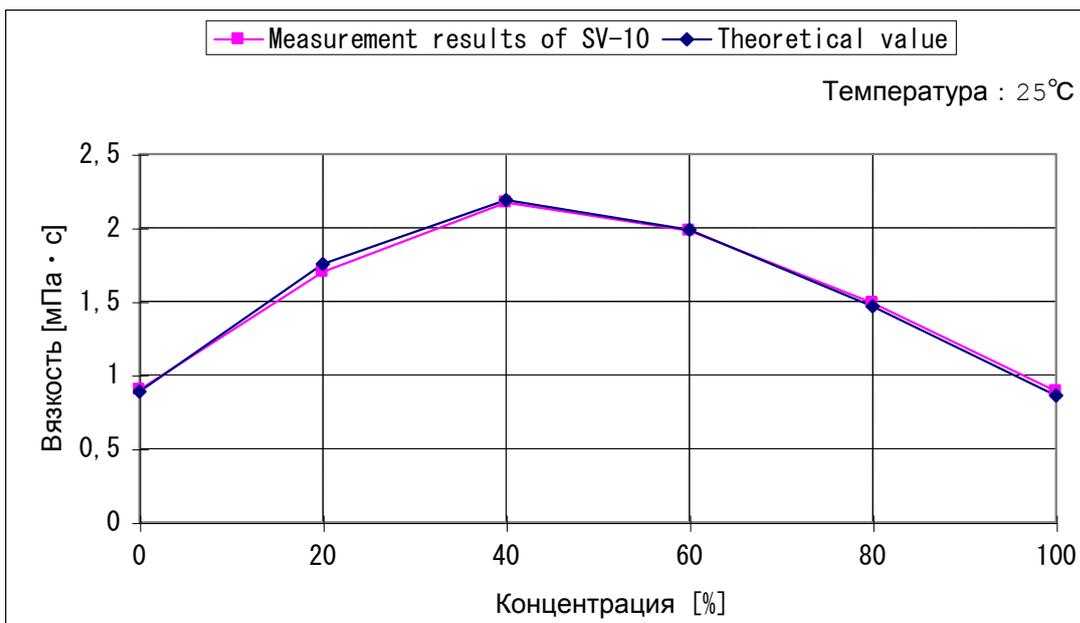


Диаграмма 35 Пример измерения вязкости этанола (SV-10)



"Теоретическое значение" вязкости математически компенсировано плотностью.

Диаграмма 36 Взаимосвязь между концентрацией и вязкостью раствора этанола.

Диаграмма 37 показывает результат измерения вязкости антиадгезива для литья под давлением при различных концентрациях раствора в воде. Измерения выполнялись с помощью SV-10. Значение вязкости изменяется в зависимости от концентрации.

Диаграмма 38 показывает результат измерения вязкости изоляционного глазировочного средства (поливинил) различной концентрации. Измерения выполнялись с помощью SV-10. При высоком уровне концентрации вязкость с течением времени увеличивается. Такой результат можно трактовать как изменение состояния образца, вызванное испарением. Таким образом, измерение вязкости позволяет зафиксировать также и колебания концентрации.

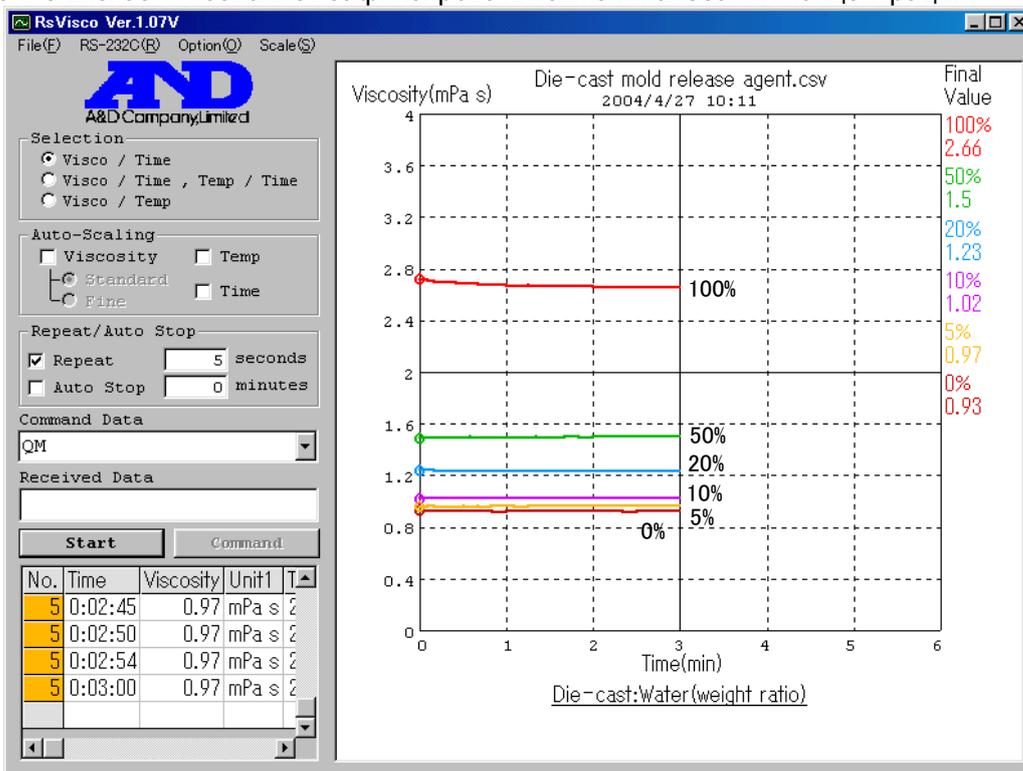


Диаграмма 37 Пример измерения вязкости антиадгезива для литья под давлением (SV-10)

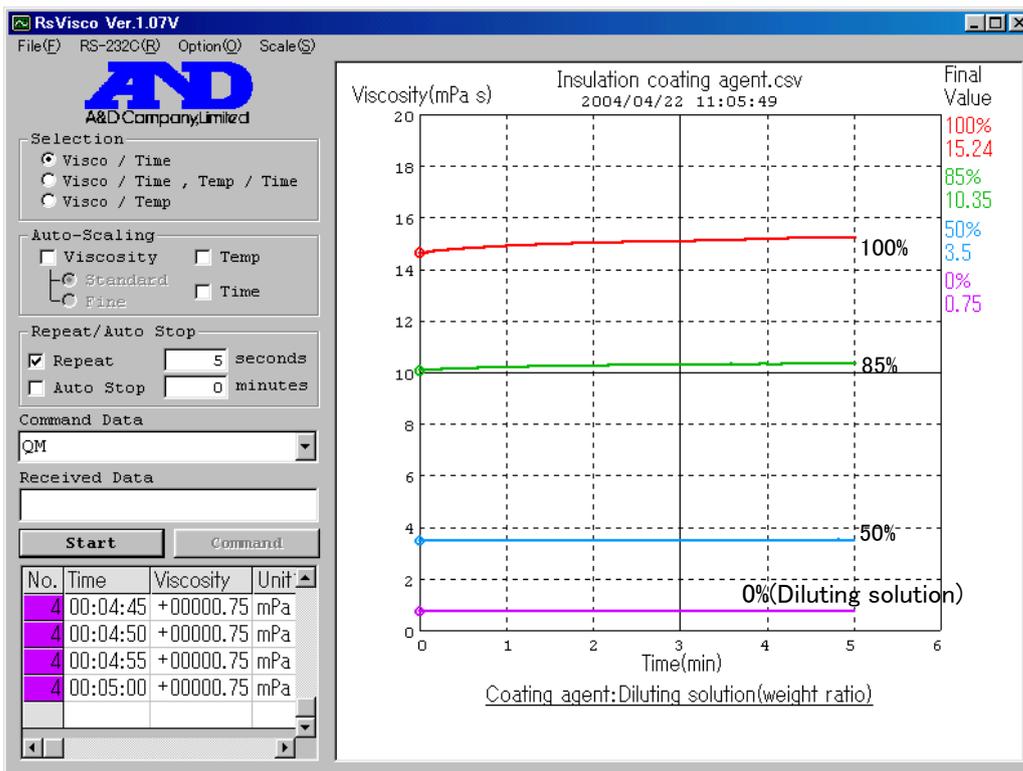


Диаграмма 38 Пример измерения вязкости изоляционного глазировочного средства (SV-10)

3. Результаты измерений

■ Применение/ А.Анализ данных/ 3.Результаты

(1) Измерение образца при постоянной температуре

Вязкость : Числовые значения в таблице:
 (Результат измерения) "Вязкость в начале измерений – Вязкость в конце измерений"

Ед. измерения : мПа·с (милиПаскаль секунда)
 1 мПа·с = 1 сП (Сентипуаз), 1 Па·с (Паскаль секунда) = 10 П (Пуаз)

Температура образца : Средняя температура образца во время измерений

При использовании SV-10:

№	Класс	Наименование образца	Вязкость (Измеренное значение) [мПа·с]	Темп. образца [°C]	Комментарии
1	Химический продукт	Вода (очищенная вода)	0.92	23.6	Нет значительного изменения во времени.
2	Химический продукт	Метиловый спирт	0.42	24.5	Нет значительного изменения во времени.
3	Химический продукт	Этиловый спирт	0.91	24.5	Нет значительного изменения во времени.
4	Хозяйственный продукт	Крахмальный клей	6320	25.2	Нет значительного изменения во времени.
5	Хозяйственный продукт	Крахмал для стирки	370 – 346	23.3	Уменьшается с течением времени, затем стабилизируется. Время стабилизации: 30 минут
6	Хозяйственный продукт	Моющее средство для кухни	164	23.7	Нет значительного изменения во времени.
7	Хозяйственный продукт	Раствор для очистки контактных линз	5.57	23.3	Нет значительного изменения во времени.
8	Хозяйственный продукт	Шампунь с кондиционером	705 – 677	25.1	Уменьшается с течением времени, затем стабилизируется. Время стабилизации: 6 минут
9	Хозяйственный продукт	Мастика для пола	4.91	23.6	Нет значительного изменения во времени.
10	Косметический продукт	Лосьон для кожи	1.18	23.6	Нет значительного изменения во времени.
11	Косметический продукт	Молочко для кожи	43.6	23.4	Нет значительного изменения во времени.
12	Косметический продукт	Крем для кожи	1410	24.2	Нет значительного изменения во времени.
13	Косметический продукт	Лак для ногтей	437 – 448	21.6	Увеличивается с течением времени, затем стабилизируется. Время стабилизации: 1 минута
14	Продукт питания	Холодный напиток (желеобразный)	106 – 116	23.0	Увеличивается с течением времени, затем стабилизируется. Время стабилизации: 12 минут

№	Класс	Наименование образца	Вязкость (Измеренное значение) [мПа·с]	Темп. образца [°С]	Комментарии
15	Продукт питания	Томатный сок	18.7 – 21.0	22.7	Увеличивается с течением времени.
16	Продукт питания	Шоколадный сироп	987 – 1150	23.7	Увеличивается с течением времени.
17	Продукт питания	Молоко	2.27	20.7	Нет значительного изменения во времени.
18	Продукт питания	Заменитель молока	85.0 – 83.7	23.0	Уменьшается с течением времени, затем стабилизируется. Время стабилизации: 6 минут
19	Продукт питания	Сгущенное молоко	1540 – 1470	23.3	Уменьшается с течением времени, затем стабилизируется. Время стабилизации: 9 минут
20	Продукт питания	Горчица	428 – 679	23.3	Увеличивается с течением времени.
21	Продукт питания	Кетчуп	1660 – 2030	23.3	Увеличивается с течением времени.
22	Продукт питания	Майонез	2570 – 3030	23.7	Увеличивается с течением времени.
23	Продукт питания	Соевый соус	4.76	23.5	Нет значительного изменения во времени.
24	Продукт питания	Вустерский соус	167	23.2	Нет значительного изменения во времени.
25	Продукт питания	Масло для салата	54.5	24.2	Нет значительного изменения во времени.
26	Покрытие	Покрытие из синтетической смолы (Лак на водной основе)	188	22.7	Нет значительного изменения во времени.
27	Покрытие	Покрытие из синтетической смолы (На водной основе, черное)	1300 – 1090	23.3	Уменьшается с течением времени, затем стабилизируется. Время стабилизации: 30 минут
28	Покрытие	Покрытие из синтетической смолы (На водной основе, прозрачное)	70.1 – 59.1	23.2	Уменьшается с течением времени.
29	Покрытие	Черная типографская краска	16.6 – 15.8	23.3	Уменьшается с течением времени, затем стабилизируется. Время стабилизации: 5 минут
30	Покрытие	Черная типографская краска (Водный раствор, концентрация 10%)	1.14	23.2	Нет значительного изменения во времени.
31	Покрытие	Красная типографская краска	184 – 161	23.2	Уменьшается с течением времени, затем стабилизируется. Время стабилизации: 20 минут

№	Класс	Наименование образца	Вязкость (Измеренное значение) [мПа·с]	Темп. образца [°С]	Комментарии
33	Прочее	Материал для альгинатных оттисков	899 – 12000	21.2	Застывает припл. через 5 минут после смешивания с водой.
34	Прочее	Штукатурка	11.6 – 12000	24.0	Время затвердевания зависит от пропорции смешивания с водой. (Диаграмма 31)
35	Прочее	Раствор А для полировки полупроводников	3.57	24.0	Нет значительного изменения во времени.
36	Прочее	Раствор В для полировки полупроводников	1.69	24.0	Нет значительного изменения во времени.
37	Прочее	Раствор С для полировки полупроводников	1.06	24.0	Нет значительного изменения во времени.

При использовании SV-100:

№	Класс	Наименование образца	Вязкость (Измеренное значение) [Па·с]	Темп. образца [°С]	Комментарии
38	Покрытие	Краска на масляной основе	17.6 – 17.4	20.1	Нет значительного изменения во времени.
39	Промышленный продукт	Силиконовый адгезив А (Для использования смешивается с В)	4.33 – 6.65	24.2	Увеличивается с течением времени, затем стабилизируется. Время стабилизации: 15 минут
40	Промышленный продукт	Силиконовый адгезив В (Для использования смешивается с А)	2.1	23.6	Нет значительного изменения во времени.
41	Промышленный продукт	Силиконовый адгезив (Смесь А и В)	3.31 – 120	20.3	Измерение при постоянной температуре 20°С. Время затвердевания – припл. 1 день

(2) Измерение температурного коэффициента

Метод измерения : Вязкость была измерена после того, образец был нагрет до 50°C, а затем охлажден.

Вязкость : Числовые значения в таблице:
 (Измеренное значение) "Вязкость в начале измерений – Вязкость в конце измерений"

Температура образца : Числовые значения в таблице:
 "Тмпература в начале измерений – Температура в конце измерений "

Температурный коэффициент : Температурный коэффициент рассчитывается следующим образом:

$$\text{Температурный коэф.} = \frac{\text{Вязкость в конце} - \text{Вязкость в начале}}{\text{Температура в конце} - \text{Температура в начале}} \times \frac{1}{\text{Средняя вязкость}} \times 100 (\%/^{\circ}\text{C})$$

При использовании SV-10:

№	Класс	Наименование образца	Вязкость (Измеренное значение) [мПа·с]	Темп. образца [°C]	Температурный коэфф. [%/°C]
42	Химический продукт	Вода (очищенная вода)	0.64 – 0.90	40.9 – 24.2	-2.0
43	Хозяйственный продукт	Крахмал для стирки	157 – 324	47.3 – 23.3	-2.9
44	Косметический продукт	База для изготовления кремов и пр.	61.2 – 189	48.3 – 26.1	-4.6
45	Продукт питания	Шоколадный сироп	660 – 2200	49.4 – 24.5	-4.3
46	Продукт питания	Сироп	50.9 – 205	45.1 – 24.5	-5.8
47	Продукт питания	Горчица	631 – 2100	46.7 – 23.3	-4.6
48	Продукт питания	Вустерский соус	107 – 159	46.9 – 27.0	-2.0
49	Продукт питания	Салатное масло	20.5 – 50.8	48.8 – 24.3	-3.5
50	Продукт питания	Мёд	508 – 3750	48.0 – 26.4	-7.0
51	Продукт питания	Чай	0.47 – 0.72	56.2 – 38.0	-2.3
52	Продукт питания	Агар	2570 – 12000	72.9 – 48.6	-5.3
53	Промышленный продукт	Силиконовое масло	643 – 919	45.6 – 26.4	-1.8

При использовании SV-100:

№	Класс	Наименование образца	Вязкость (Измеренное значение) [Па·с]	Темп. образца [°С]	Температурный коэфф. [%/°С]
54	Хозяйственный продукт	Зубная паста	5.15 – 9.14	63.9 – 24.9	-1.4
55	Хозяйственный продукт	Крем для рук	2.55 – 28.5	46.0 – 22.9	-14.5
56	Продукт питания	Мёд	6.85 – 59.8	21.7 – 7.1	-10.9
57	Продукт питания	Бобовый	22.5 – 48.9	50.0 – 22.2	-3.2
58	Продукт питания	Красная водоросль в соевом соусе	27.2 – 31.8	50.5 – 24.2	-0.6

(3) Измерение точки коагуляции и точки помутнения

При использовании SV-10:

№	Наименование образца	Метод измерения	Комментарии
59	Яичный белок	Нагрет с помощью нагревателя.	Стабилизация при $\approx 60^{\circ}\text{C}$. (Диаграмма 39)
60	Свиное сало	Нагрето до $\approx 70^{\circ}\text{C}$, затем оставлено охлаждаться.	Стабилизация при $\approx 26^{\circ}\text{C}$. (Диаграмма 40)
61	Темный шоколад	Нагрет до $\approx 50^{\circ}\text{C}$, затем оставлен охлаждаться.	Стабилизация при $\approx 25^{\circ}\text{C}$. (Диаграмма 41)
62	Молочный шоколад	Нагрет до $\approx 50^{\circ}\text{C}$, затем оставлен охлаждаться.	Стабилизация при $\approx 25^{\circ}\text{C}$. (Диаграмма 41)
63	Желатин (концентрация 5%)	Охлажден с помощью термореле.	Застывание при $\approx 20^{\circ}\text{C}$. (Диаграмма 42)
64	Желатин (концентрация 2.5%)	Охлажден с помощью термореле	Застывание при $\approx 12^{\circ}\text{C}$. (Диаграмма 42)
65	Губная помада	Нагрета до $\approx 80^{\circ}\text{C}$, затем оставлена охлаждаться.	Стабилизация при $\approx 65^{\circ}\text{C}$. (Диаграмма 43)
66	Свеча	Нагрета до $\approx 110^{\circ}\text{C}$, затем оставлена охлаждаться.	Стабилизация при $\approx 60^{\circ}\text{C}$. (Диаграмма 44)
67	Паяльный флюс	Нагрет до $\approx 130^{\circ}\text{C}$, затем оставлен охлаждаться.	Стабилизация при $\approx 70^{\circ}\text{C}$. (Диаграмма 45)
68	Топленое сало А	Нагрето до $\approx 150^{\circ}\text{C}$, затем оставлено охлаждаться.	Стабилизация при $\approx 100^{\circ}\text{C}$. (Диаграмма 46)
69	Топленое сало В	Нагрето до $\approx 150^{\circ}\text{C}$, затем оставлено охлаждаться.	Стабилизация при $\approx 90^{\circ}\text{C}$. (Диаграмма 46)
70	Машинное масло для бензинового двигателя	Нагрето до $\approx 110^{\circ}\text{C}$, затем оставлено охлаждаться.	Вязкость при 40°C : 7.64 мПа·с Вязкость при 100°C : 45.4 мПа·с (Диаграмма 47)
71	Машинное масло для дизельного двигателя	Нагрето до $\approx 110^{\circ}\text{C}$, затем оставлено охлаждаться.	Вязкость при 40°C : 9.01 мПа·с Вязкость при 100°C : 77.1 мПа·с (Диаграмма 48)
72	Неионный поверхностно-активный агент (концентрация 1%)	Нагрет с помощью термореле.	Точка помутнения согласно нормам JIS*: 35.9°C . Результат измерения с помощью SV-10: 35.4°C . (Диаграмма 49)

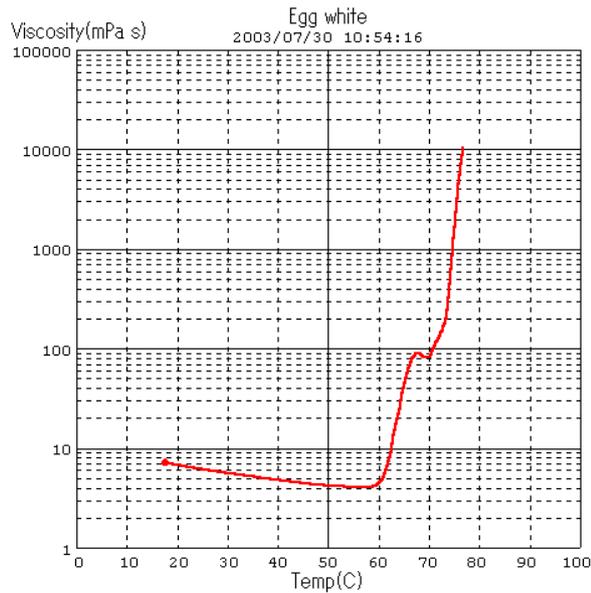


Диаграмма 39 Яичный белок

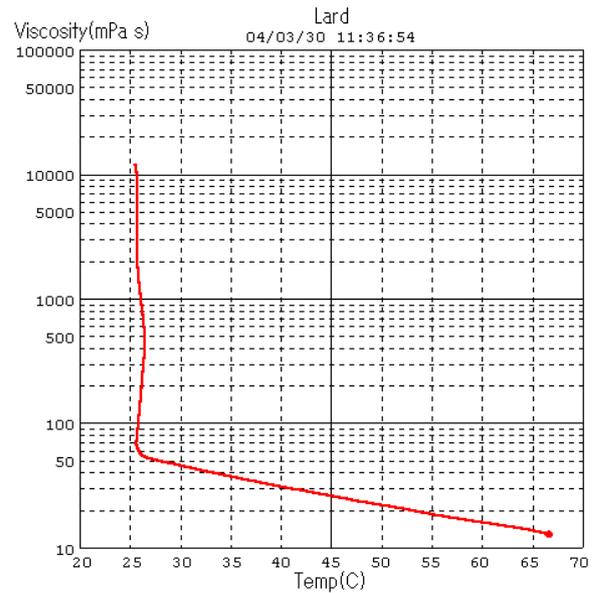


Диаграмма 40 Свиной жир

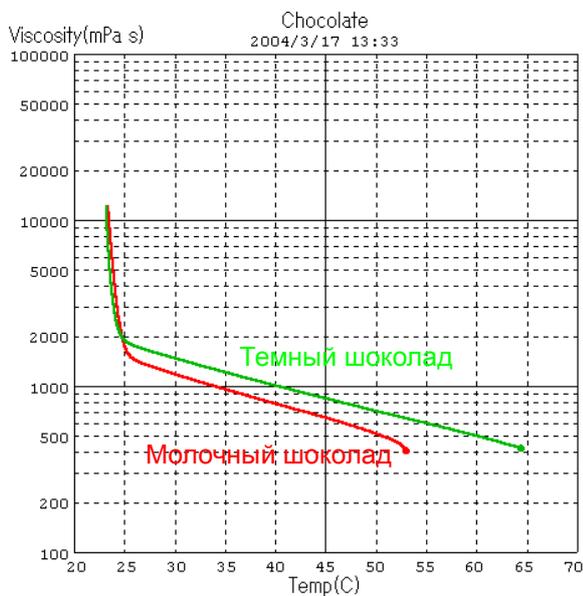


Диаграмма 41 Шоколад

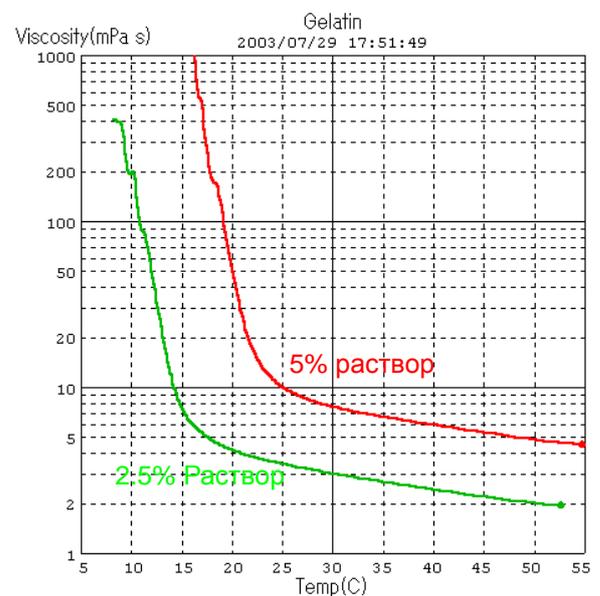


Диаграмма 42 Желатин

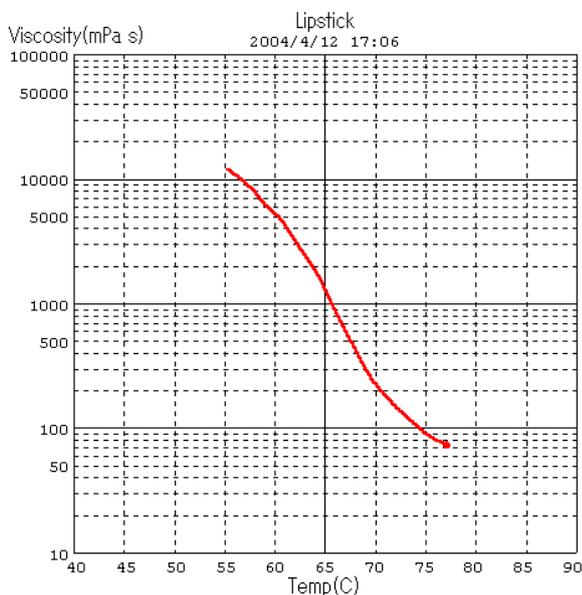


Диаграмма 43 Губная помада

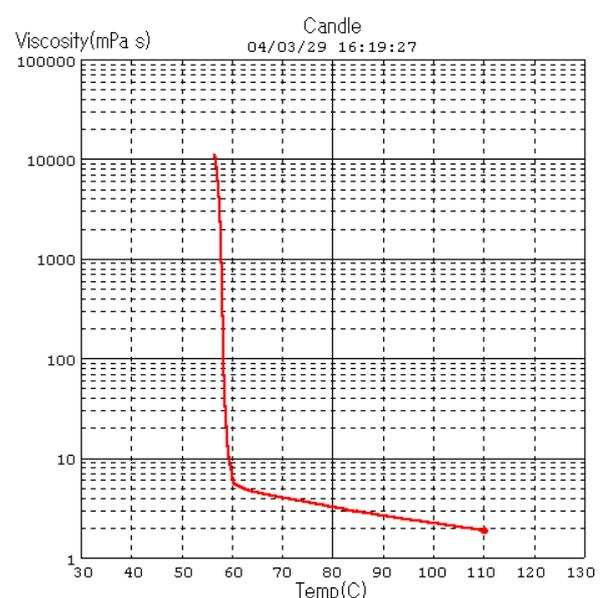


Диаграмма 44 Свеча

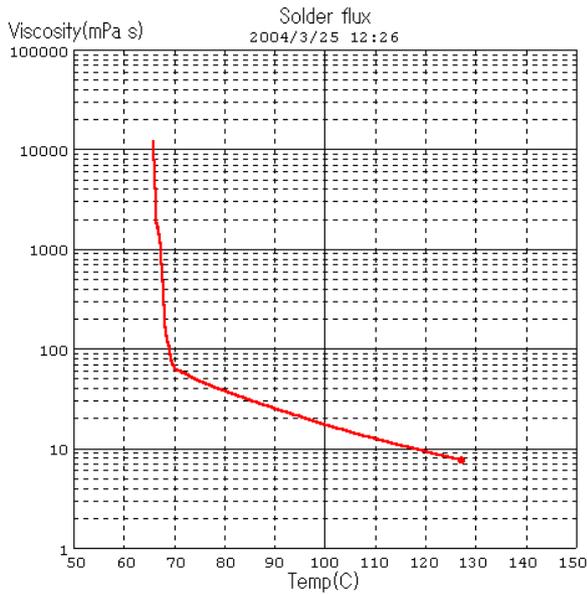


Диаграмма 45 Паяльный флюс

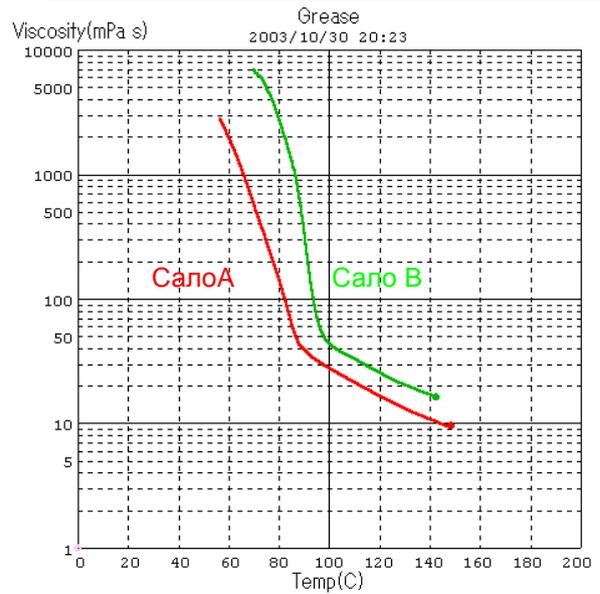


Диаграмма 46 Топленое сало

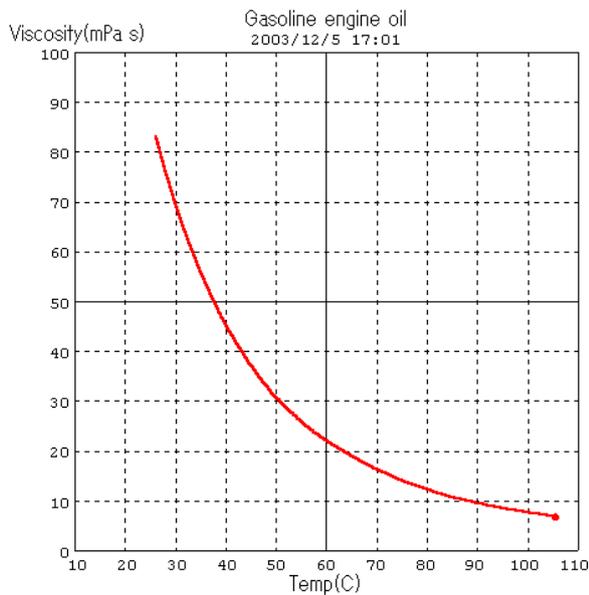


Диаграмма 47 Машинное масло для бензинового двигателя

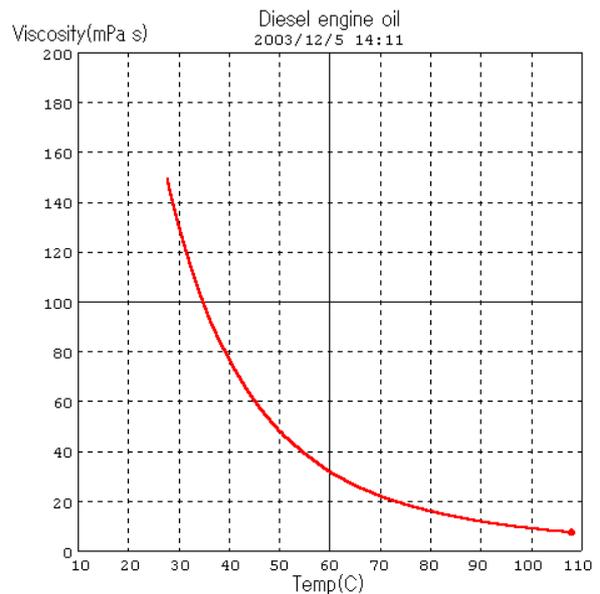


Диаграмма 48 Машинное масло для дизельного двигателя

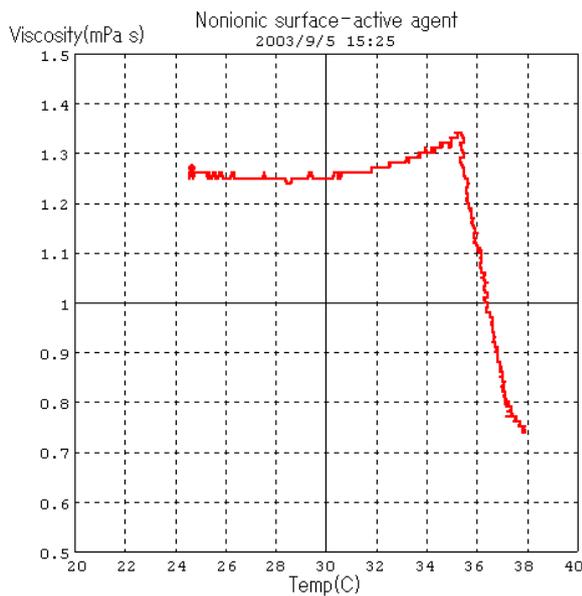


Диаграмма 49 Неионный поверхностно-активный агент

(4). Измерение образца с изменяющейся концентрацией

(a) Раствор этанола

Метод измерения : Измерялась вязкость раствора этанола в очищенной воде. Измерения проводились при различной концентрации (весовая пропорция).

Температура образца : 25.0°C

При использовании SV-10: (Диаграммы 35,36)

№	Наименование образца	Вязкость (измеренное значение) [мПа·с]
73	Раствор этанола (концентрация 100%)	0.89
74	Раствор этанола (концентрация 80%)	1.49
75	Раствор этанола (концентрация 60%)	1.98
76	Раствор этанола (концентрация 60%)	2.17
77	Раствор этанола (концентрация 20%)	1.70
78	Очищенная вода (концентрация этанола 0%)	0.90

(b) Адгезив для литья под давлением

Метод измерения : Измерялась вязкость адгезива для литья под давлением, разбавленного очищенной водой. Измерения проводились при различной концентрации (весовая пропорция).

Температура образца : 23.5°C

При использовании SV-10: (Диаграмма 37)

№	Наименование образца	Вязкость (измеренное значение) [мПа·с]
79	Адгезив для литья под давлением (Неразбавленный)	2.66
80	Адгезив для литья под давлением (водный раствор, концентрация 50%)	1.50
81	Адгезив для литья под давлением (водный раствор, концентрация 20%)	1.23
82	Адгезив для литья под давлением (водный раствор, концентрация 10%)	1.02
83	Адгезив для литья под давлением (водный раствор, концентрация 5%)	0.97
84	Очищенная вода	0.93

(c) Изоляционное покрытие

Метод измерения : Измерялась вязкость изоляционного покрытия, разбавленного растворителем. Измерения проводились при различной концентрации (весовая пропорция).

Температура образца : 22.5°C

При использовании SV-10: (Диаграмма 38)

№	Наименование образца	Вязкость (измеренное значение) [мПа·с]
85	Изоляционное покрытие (концентрация 100%)	14.7
86	Изоляционное покрытие (концентрация 85%)	10.0
87	Изоляционное покрытие (концентрация 50%)	3.49
88	Растворитель	0.75

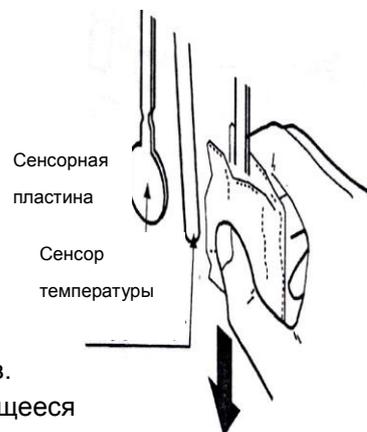
■ Обслуживание

А. Сенсорная пластина

No.	Вопрос	Ответ
28	Может ли пользователь заменять сенсорные пластины?	Нет. В случае порчи сенсорных пластин, а также, если вы не сможете очистить их от затвердевших остатков образца, вам следует направить прибор в сервисный центр A&D для замены пластин и настройки..

В. Очистка

No.	Вопрос	Ответ
29	Как следует чистить устройство измерения?	<p>После завершения измерений очистите сенсорные пластины, сенсор температуры и протектор с помощью чистящего средства или растворителя, чтобы удалить с них остатки образца.</p> <p>Если был использован затвердевающий образец, необходимо очистить прибор как можно скорее.</p> <p>Очистите также чашку для образцов.</p> <p>Если использовалось неиспаряющееся необходимо протереть прибор салфеткой, смоченной в очищенной воде, чтобы исключить погрешности при следующем измерении.</p> <p>Как выполнять очистку: как показано на диаграмме выше, слегка удерживайте сенсорную пластину или сенсор температур между пальцев с помощью салфетки. Двигаясь сверху вниз, сотрите остатки образца. Если вы будете чистить снизу вверх, то вы можете погнуть сенсорную пластину. После этого обмакните салфетку в чистящее средство или растворитель и повторите процедуру очистки. При необходимости повторите еще раз с использованием очищенной воды.</p> <p>Обычно легкое нажатие пальцев не вызывает повреждения сенсорных пластин, сенсора температуры или протектора. Однако не следует прилагать к ним каких-либо дополнительных усилий.</p>



С. Поиск и устранение неисправностей

No.	Вопрос	Ответ
35	<p>Результаты измерения нестабильны.</p>	<p>Проверить, нет ли в помещении вибрации или сквозняков.</p> <ul style="list-style-type: none"> ●Используйте прочный устойчивый стол для работы. ●Избегайте прямых сквозняков вблизи вискозиметра. ●Продумайте установки функций, а именно раздел "Условия" . <p>Нет ли поблизости источника сильного электрического или магнитного поля, напр. двигателя?</p> <p>Не соприкасается ли протектор или защитная крышка с сенсорными пластинами или сенсором температуры?</p> <ul style="list-style-type: none"> ●Правильно установите протектор и защитную крышку. Они не должны соприкасаться с сенсорными пластинами и сенсором температуры. ● Когда это потребуется, снимите протектор и защитную крышку.
36	<p>Результаты измерения нестабильны.</p> <p>?????</p>	<p>Находится ли поверхность образца в центре узкой части сенсорных пластин?</p> <ul style="list-style-type: none"> ●Отрегулируйте высоту столика прибора с помощью винта таким образом, чтобы центр узкой части сенсорных пластин находился на одном уровне с поверхностью образца. <p>На одном ли уровне находятся левая и правая сенсорные пластины?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Если нет, отрегулируйте установку прибора с помощью регулировочных ножек. Поверхность образца должна быть горизонтальной. Угол наклона вперед или назад не оказывает значительного влияния на точность измерений, т.к. толщина сенсорных пластин всего лишь 0.3 мм. <p>Не погнулись ли сенсорные пластины?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Если да, то обратитесь в сервисный центр A&D для выполнения ремонта. <p>Не образуются ли в образце пузырьки? Это может быть вызвано разность между температурой образца и температурой окружающего воздуха. Не происходит ли налипание пузырьков на сенсорные пластины?</p> <p>Была ли выполнена калибровка?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Если для вас важно значение абсолютной вязкости, рекомендуется выполнять периодическую калибровку с использованием стандартной калибровочной жидкости.
37	<p>Значение температуры неверное.</p>	<p>Правильно ли выполнено подключение устройства дисплея к основному устройству с помощью соединительного кабеля?</p> <p>Поскольку устройство дисплея и основное устройство отрегулированы как пара, не следует выполнять настройку приборов с различными серийными номерами.</p>
38	<p>Только левая сенсорная пластина интенсивно вибрирует?</p>	<p>Это иногда случается в том случае, если только левая сенсорная пластина фиксируется в образце во время измерения процесса затвердевания.</p> <p>В таком случае хорошенько перемешайте образец, чтобы он стал однородным как с левой, так и с правой стороны.</p>

§ Спецификация синусоидальных вибровискозиметров серии SV

Метод измерения Камертонная вибрация, частота вибрации 30Гц
 Диапазон измерения вязкости SV-10: 0.3 мПа·с – 10000мПа·с (сП) / SV-100: 1 – 100 Па·с (10 – 1000 П)
 Повторяемость измерений вязкости 1% (Стандартное отклонение)

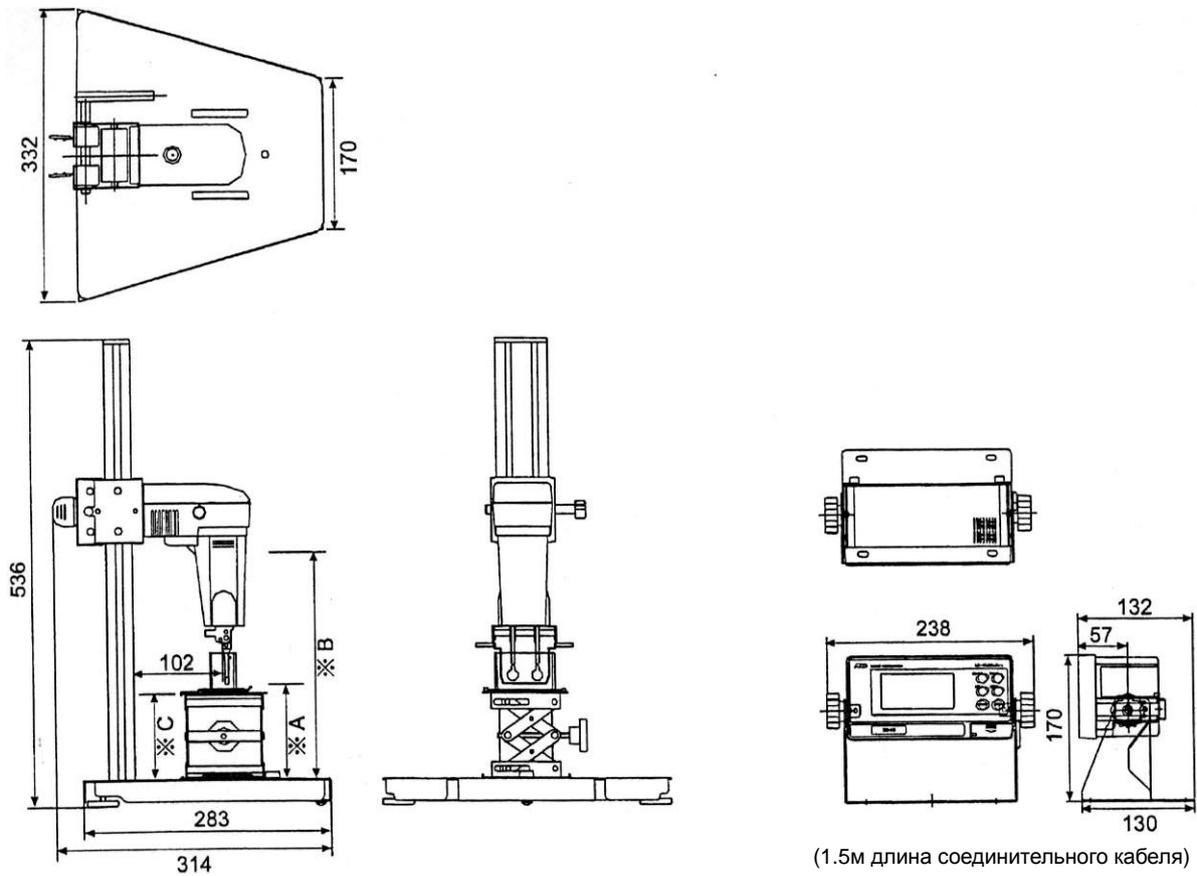
Разрешение

Диапазон вязкости (мПа·с)	SV-10		SV-100
	Разрешение дисплея (мПа·с)	Разрешение дисплея (мПа·с)	Разрешение дисплея (мПа·с)
0.3 – 10	0.01	0.0001	—
10 – 100	0.1	0.0001	—
100 – 1000	1	0.001	—
1000 – 10000	10*	0.01	0.01
10000 – 100000	—	—	0.1

* Единица измерения изменяется на Па·с

Единицы измерения вязкости	мПа·с*, Па·с, сП*, П (* Только SV-10)
Рабочая температура	10–40°C
Минимальный размер образца	35мл или больше
Диапазон температуры образца	0 – 160°C /0.1°C
Предельная погрешность измерения температуры	±1°C(0 – 20°C) ±0.5°C(20 – 30°C) ±2°C(30 – 100°C) ±5°C(100 – 160°C)
Дисплей	Вакуум-флюоресцентный дисплей (VFD)
Длина соединительного кабеля	Прибл. 1.5м (измерительное устройство – устройство дисплея)
Интерфейс	RS-232C Источник питания Сетевой адаптер (Убедитесь, что тип адаптера соответствует параметрам вашей сети)
Потребляемая мощность	Прибл. 14ВА (включая сетевой адаптер)
Габариты/Вес	Устройство измерения 332×314×536(мм) / Прибл. 5.0кг Устройство дисплея 238×132×170(мм) / Прибл. 1.3кг
Стандартные аксессуары	Сетевой адаптер(1 шт.) Программное обеспечение WinCT-Viscosity (1 CD-ROM) Чашки для образцов (поликарбонатные) (4 шт.) Кабель RS-232C (25P–9P, 1 шт.) Соединительный кабель (1шт.)
Опции	AX-SV-33 Чашка для образцов (PC [поликарбонатная], 35-45мл) Аналогичны контейнеру, входящему в комплект поставки. Набор из 10 шт. AX-SV-34 Маленькая чашка для образца (PC [поликарбонатная], 10мл) Набор из 10 шт. AX-SV-35 Стеклоанная чашка для образца (объем прибл. 13мл) AX-SV-36 Установочный стопор AX-SV-37 Водяная рубашка (корпус: поликарбонат, герметик: силиконовая смола), с 4 маленькими чашками для образца и колпачками AX-SV-38 Стеклоанная чашка для образца (объем прибл. 60мл). Набор из 10 шт. AX-SV-42 Аналоговый выход voltage (0-1В) AX-SV-43 Удлинительный кабель (5м) для подключения основного устройства к устройству дисплея AD-8121В Компактный принтер

Габаритные размеры



- *A=Наиболее низкое положение сенсорных пластин 3.5мм (с использованием протектора, без столика)
- *B=Наиболее высокое положение сенсорных пластин 268мм
- *C=Высота столика: 54 – 140 мм

Ед. измерения: мм