



Анализ концентрации карбамидо-аммиачной смеси с использованием цифровых плотномеров и рефрактометров Anton Paar

Актуально для:

производителей удобрений



1 Введение

Карбамидо-аммиачная смесь (КАС) представляет собой раствор мочевины, нитрата аммония и воды, которая используется в качестве удобрения. Как быстродействующее, так и долговременное питание обеспечивается тремя формами азота. Этими формами являются азот аммония, азот нитрата и водорастворимый органический азот в составе мочевины.

Как правило, анализ КАС необходим для определения концентрации аммиачной селитры, карбамида и общего азота. Установленные способы анализа КАС, такие как: разложение и титрование, ионная хроматография или анализ сгорания, имеют ряд недостатков. Поэтому актуален вопрос разработки нового простого надежного и точного метода для анализа карбамидо-аммиачной смеси.

Новой методикой анализа КАС является сочетание определения ее плотности и показателя преломления. Этот метод легок и безопасен, он обеспечивает точные результаты комплексного анализа в течение нескольких минут. Далее будут представлены формулы для расчета концентрации нитрата аммония, мочевины, воды и общего азота. Кроме того, были выполнены тестовые замеры для проверки корреляции между измеренными и предсказанными результатами КАС.

2 Свойства карбамидо-аммиачной смеси

Класс КАС 32 чаще всего используется в США и содержит 32% азота по массе. В Канаде из-за холодных температур более распространена карбамидо-аммиачная смесь, содержащая 26% азота по массе, так как она имеет меньшую температуру высаливания.

Примерно половина азота входит в состав мочевины, другая - входит в состав нитрата аммония. Примерно одна четвертая часть азота находится в составе аммиака, одна четвертая - в нитрате, остальная половина - это водорастворимый органический азот в составе мочевины.

КАС 32 - это прозрачная или золотистая жидкость с легким запахом аммиака и плотностью около 1,3 г/см³. Она, как правило, имеет pH около 6 и 7, незначительное давление насыщенных паров и обладает вязкостью 5,5 МПа·с.

3 Традиционные методы анализа КАС

Существует несколько способов анализа КАС, многие из которых имеют серьезные недостатки:

- *Разложение и титрование:* большие затраты по времени, использование жестких и потенциально опасных химических веществ, значительная вероятность человеческой ошибки.
- *Ионная хроматография:* дорогой метод, интенсивное техническое обслуживание, требование технических знаний.
- *Анализ сгорания:* трудоемкость, дороговизна, показывает только общее значение содержания азота.

4 Анализ КАС, соответствующий современным требованиям

Полный анализ КАС может быть выполнен в течение нескольких минут с помощью одновременного измерения плотности и показателя преломления. Результаты рассчитываются для аммиачной селитры, мочевины, воды и общего азота. Нет необходимости пробоподготовки или применения жестких и опасных химических веществ. Человеческий фактор минимален, измерения и расчеты выполняются автоматически.

5 Приборы

Измерения плотности проводились на плотномере Anton Paar DMA 5000M. Измерения показателя преломления проводились с помощью рефрактометра Anton Paar Abbemat RXA 170. Два прибора были подсоединены вместе так, что оба были заполнены одним образцом для

одновременного измерения. Результаты и все последующие расчеты были выведены и затем автоматически перенесены в электронные таблицы.

Также возможно ввести формулы как функции пользователя в DMA М. Все рассчитанные значения концентраций будут показываться на дисплее и сохраняться во внутренней памяти.

6 Вычисления

Для расчета концентрации аммиачной смеси и карбамида от значений удельного веса (SG) и показателя преломления (RI) использовались следующие формулы. Для этой формулы требуются показатели удельного веса при 15 °C/15 °C (60 °F/60 °F) и значения показателя преломления при температуре 30 градусов C (86 °F).

$$AN[\%] = 42.8 + \frac{[-(1.81649 * RI) + (1.32456 + SG)]}{0.00235}$$

$$Urea[\%] = 31.9 - \frac{[-(3.17199 * RI) + (3.28537 + SG)]}{0.00291}$$

$$H_2O[\%] = 100 - AN[\%] - Urea[\%]$$

$$Nitrogen[\%] = 0.35 * AN[\%] + 0.47 * Urea[\%]$$

7 Валидация

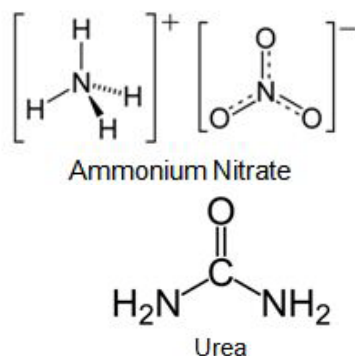
Раствор КАС 32 с известной концентрацией измеряли дважды, чтобы проверить обоснованность модельных расчетов.

Образец КАС 32:

SG 15 °C/15 °C = 1.3228
RI при 30 °C = 1.4565 nD

[AN] = 43.5%
[Urea] = 36.0%
[H₂O] = 20.5%

Общий азот = 32.1%



Раствор КАС 32 разбавляют дистиллированной водой трижды для дополнительного и более точного тестирования.

Образец 1: 4.99g H₂O добавили к 50.02g КАС 32
Ожидаемый результат = **КАС 29**

Образец 2: 9.98g H₂O добавили к 50.02g КАС 32
Ожидаемый результат = **КАС 27**

Образец 3: 15.02g H₂O добавили к 50.02g КАС 32
Ожидаемый результат = **КАС 25**

8 Результаты

Образец 1:
SG 15 °C/15 °C = 1.2889, RI при 30 °C = 1.4430 nD
[AN] = 39.5%, [Urea] = 32.9%, [H₂O] = 27.6%
Общий азот = **29.3%**

Образец 2:
SG 15 °C/15 °C = 1.2615, RI при 30 °C = 1.4322 nD
[AN] = 36.2%, [Urea] = 30.5%, [H₂O] = 33.3%
Общий азот = **27.0%**

Образец 3:
SG 15 °C/15 °C = 1.2387, RI при 30 °C = 1.4231 nD
[AN] = 33.4%, [Urea] = 28.5%, [H₂O] = 38.1%
Общий азот = **25.1%**

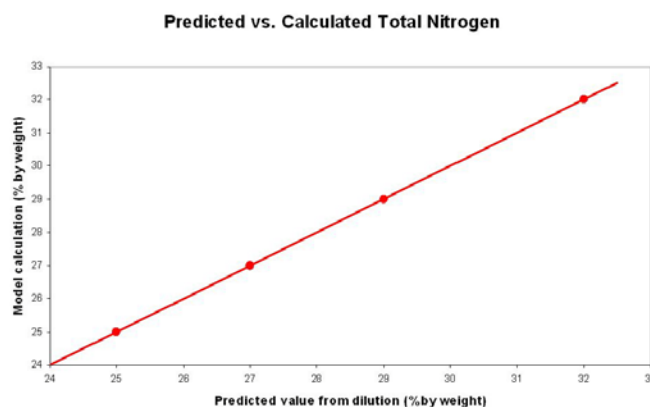


Fig. 1 Соотношение ожидаемого и померенного общего азота

9 Выводы

Сочетание измерения плотности и показателя преломления является быстрой, легкой и безопасной альтернативой традиционным способам для определения всех представляющих интерес в образцах КАС компонентов с высокой точностью.

Результаты предлагаемой математической модели хорошо коррелируют с экспериментальными данными, обеспечивая ценный инструмент, который экономит время и защищает от возможных источников ошибок.

10 Благодарности

Anton Paar хотел бы поблагодарить Koch Industries и Dyno Nobel за их вклад в эту работу. Спасибо также Darren Scott Wilson из команды Anton Paar США за эти исследования и предоставление данных.