

Экологические аспекты потребления энергии в химических реакциях



<http://www.oc-praktikum.de>

Реферат

Экологическая нагрузка, возникающая при потреблении электрической и тепловой энергии, особенно важна. Часто общее воздействие на природу продуктов и процессов определяется этой составляющей. Чтобы снизить экологическую нагрузку, энергию следует использовать очень эффективно. Это требование всегда учитывается на химических предприятиях, однако в лабораторных экспериментах снижению энергопотребления уделяют гораздо меньше внимания.

Все методики подачи энергии, необходимой для синтеза, базируются на расходовании электроэнергии. Эффективность различных методик нагрева различается в широких пределах. Исследования показывают, что для конкретного процесса превращения требуемая энергия сильно зависит от метода, применяемого для подачи энергии. Например, использование колбонагревателя требует только 70% от той энергии, которая затрачивается при применении в той же реакции масляной бани. Использование микроволновой техники требует всего 20% той энергии, которая потребляется для нагревания той же реакции на масляной бане. Эти различия можно объяснить тем, что потери энергии в окружающую среду для перечисленных методов нагрева сильно различаются, то есть отличается эффективность переноса энергии от нагревающей среды к реакционной среде. Различия в эффективности переноса энергии могут быть очень большими, и это подчеркивает важность этого аспекта. Эффективность снабжения энергией оказывает значительное влияние на химические реакции, поэтому ее нужно учитывать в той же степени, как и выбор исходных веществ для синтеза.

Если в реакции можно применять колбонагреватели, их следует предпочесть использованию масляной бани. Применение нетрадиционных методов подачи энергии,

например, микроволнового облучения, тоже может приводить к снижению потребления энергии. Важно также убедиться в хорошей изоляции реактора с целью снижения потерь энергии, ведь в этом случае снижается количество энергии, которое нужно подводить к реакции повторно.

Данные рекомендации эффективны только в том случае, если проблемы безопасности (например, локальные перегревы, возникающие при использовании колбонагревателя) и проблемы практической пригодности не препятствуют их осуществлению.

Целью данных исследований и экспериментов не является снижение энергопотребления в лаборатории, которое и так не является слишком существенным. Скорее это необходимо для внедрения в сознание студентов представлений о необходимости снижения энергопотребления и потерь энергии во время проведения химических реакций. При увеличении масштаба реакций эти факторы определяют эффективность реакции.

Введение

Экологическое воздействие, возникающее при расходовании энергии, например, выбросы при производстве электрической и тепловой энергии в процессе сжигания ископаемых топлив во многих случаях вносит определяющий вклад в экологическое равновесие (Beck et al., 2000), то есть величина экологической нагрузки от процесса в значительной степени определяется этим фактором.

Часто при проведении химических реакций требуется подвод или отвод тепловой энергии. В лаборатории подвод энергии обеспечивается преимущественно с использованием таких приборов, как колбонагреватель или обогревающая баня (водяная или масляная). Реже используются другие способы подачи энергии, например, реакции при облучении микроволнами, ультразвуком или с подачей механической энергии; такие способы применяют для определенных реакций. Различные способы подачи энергии базируются на различных принципах, однако по существу разницы нет: они все превращают электрическую энергию, источником которой является электросеть, в требуемую форму энергии.

Исследования

Какой из методов подвода энергии к реакции требует наименьшего количества электричества?

Какой из возможных способов подачи энергии наиболее благоприятен с точки зрения экологии? Другими словами, какой из способов требует наименьшего количества электричества для проведения конкретной реакции и, следовательно, наиболее эффективен? Чтобы изучить этот вопрос, реакцию проводили сначала с использованием колбонагревателя, затем ту же реакцию осуществляли с использованием масляной бани для подвода тепла, и, наконец, с нагревом микроволнами. Энергопотребление измеряли с помощью электросчетчика.



Результаты измерений показывают, что колбонагреватель требует только 70% энергии, которая требуется для проведения реакции при использовании масляной бани. При проведении реакции в условиях облучения микроволнами можно сэкономить до 80% энергии (Diehlmann, 2002).

В чем причины таких различий?

При различных способах подачи энергии наблюдаются значительные различия в энергопотреблении. В чем причины таких различий? По сравнению с классическими методиками (нагрев при помощи печей, масляная баня) при микроволновом синтезе время реакции сокращается, что может оказывать существенное влияние на потребление энергии. При использовании колбонагревателя или масляной бани время реакции примерно одинаково (в большинстве случаев для используемых в практикуме лабораторных синтезов оно составляет примерно 2 часа), а при использовании микроволнового нагрева может составить всего 30 мин. Однако отсутствие различий во времени проведения реакции между колбонагревателем и масляной баней при заметной разнице в энергопотреблении заставляет задуматься о других причинах экономии.

Экспериментальная установка, оснащенная ИК-камерой

Различия между перечисленными выше способами подачи энергии можно определить при помощи термографии (Рис. 1, Рис. 2).

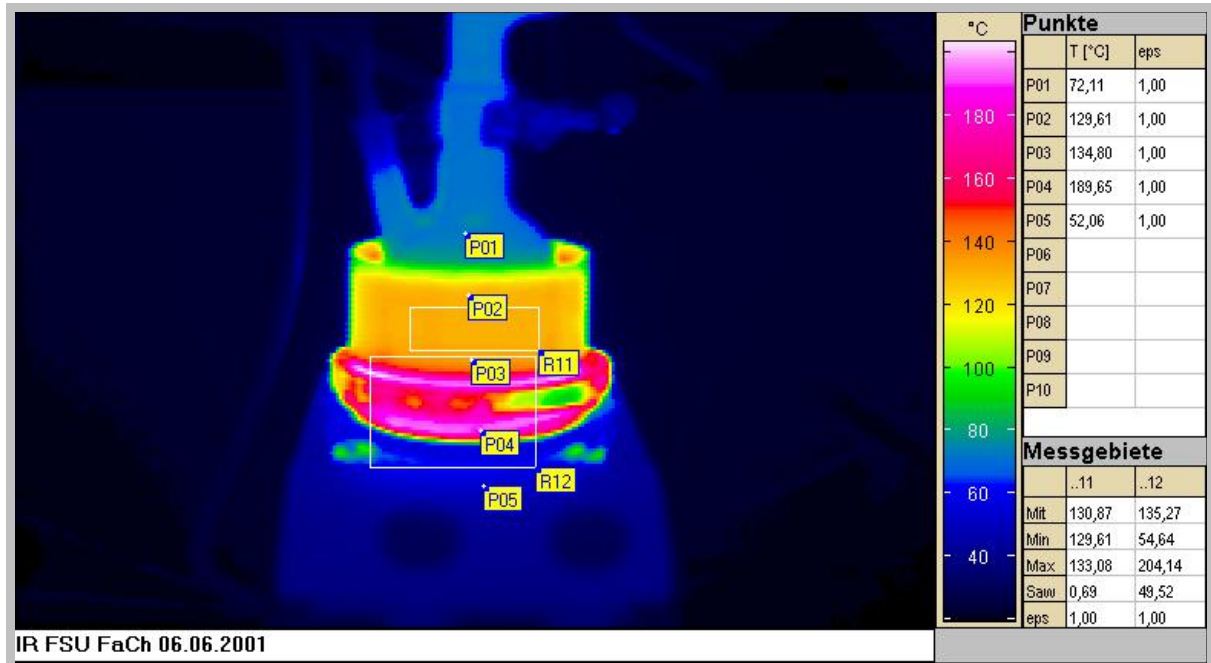


Рис. 1. ИК фотография – нагревание на масляной бани

Температура поверхности экспериментальной установки на стадии нагревания повышена до 190°C. Поверхность кожуха масляной бани имеет температуру приблизительно 130 °С. При использовании колбонагревателя температуры значительно ниже. Так, наибольшая наблюдаемая температура на поверхности составляет примерно 50 °С, что гораздо меньше, чем при использовании масляной бани.

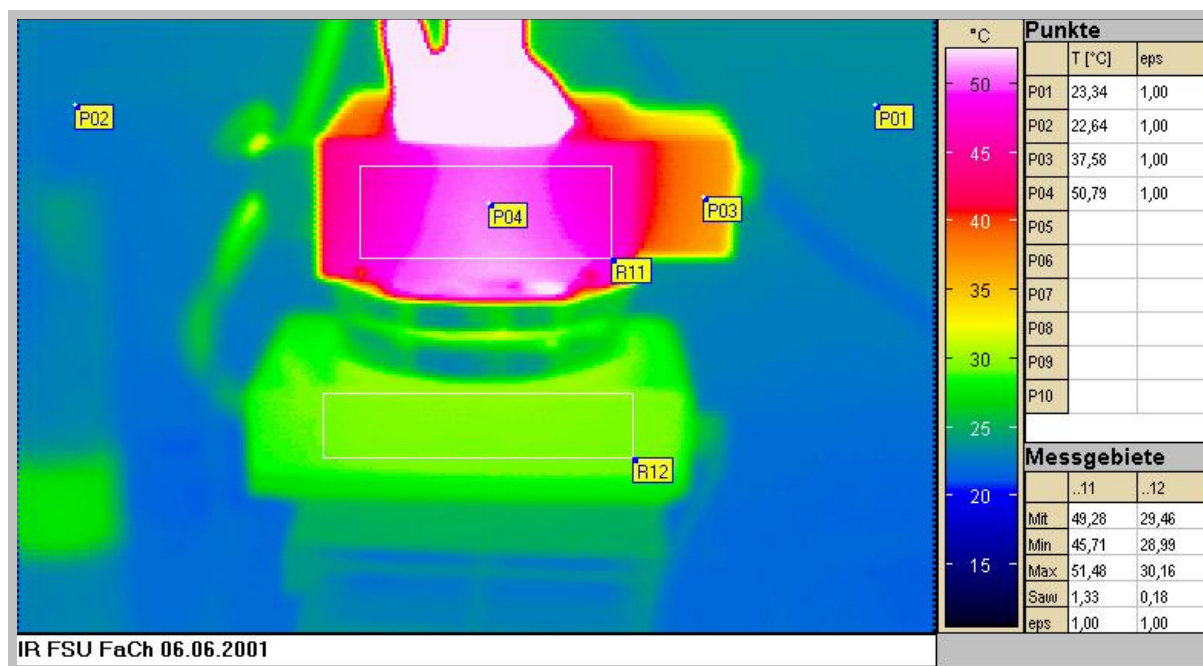


Рис. 2 ИК фотография - колбонагреватель

Температура поверхности влияет на перенос энергии

Потеря телом энергии в окружающую среду в основном происходит вследствие процессов конвекции. Тепловое излучение в исследуемой реакции имеет гораздо меньшее значение. В соответствии с уравнением теплопереноса конвективно излученная энергия Q увеличивается с увеличением разницы температур между нагревательным устройством и окружающей средой.

$$Q_K = \alpha \cdot F \cdot (T_{\text{тела}} - T_{\text{окружения}}) \cdot \Delta t$$

Q_k = конвективно излученная экспериментальной установкой энергия

α = коэффициент теплопереноса

F = величина поверхности экспериментальной установки

$T_{\text{тела}}$ = температура поверхности экспериментальной установки

$T_{\text{окружения}}$ = температура окружающей среды

Δt = время теплопереноса

Потребление энергии определяют теплоизоляция и время реакции

Из приведенных выше примеров следует, что преимущества «микроволнового синтеза» вытекают из более короткого времени реакции по сравнению с классическими системами обогрева. Потери энергии вследствие конвекции гораздо меньше, если

время реакции невелико. Различия в энергопотреблении между электрическим колбонагревателем и масляной баней также можно объяснить на основании приведенного выше уравнения. Благодаря различию температур поверхностей нагревающих устройств рассеивание энергии в окружающую среду также различается. Чтобы возместить эти потери, приходится забирать дополнительную энергию из электрической сети. Результаты приблизительного обчета данных, полученных из ИК фотографий, дают возможность приблизительно сравнить два типа классических нагревательных устройств. При использовании колбонагревателя приблизительно 50%, а при использовании масляной бани приблизительно 85% электрической энергии, взятой из сети, рассеивается в окружающую среду. Различия в энергопотерях при использовании двух классических типов лабораторных нагревателей и различные температуры поверхности нагревателей можно объяснить различием в степени изоляции нагревающего устройства.

Рекомендации, вытекающие из представленных результатов

Общие рекомендации:

При обсуждении влияния химических реакций на экологию энергетическому аспекту до настоящего времени уделяется недостаточное внимание. Наши исследования показывают, что значительную часть общего влияния на окружающую среду составляют процессы подготовки реакции, в том числе производство энергии на электростанциях. Поэтому важно в будущем учитывать экологическое воздействие стадии получения энергии, наряду с другими аспектами воздействия реакции. При планировании синтеза недостаточно, чтобы «химия» была правильной, следует учитывать также время реакции (кинетику), температуру и степень изоляции нагревательных приборов от потерь тепла.

Конкретные рекомендации:

Для исследователей можно дать рекомендации по планированию работы в лаборатории, в том числе по выбору оборудования для проведения химических реакций в каждом конкретном случае. По возможности следует предпочесть использование колбонагревателей использованию масляной бани на стадии нагревания. Эффективность колбонагревателей так же высока, как и масляной бани. Однако эффективность теплопереноса от нагревающей среды к реакционной смеси гораздо выше для колбонагревателя, благодаря лучшей теплоизоляции и меньшей поверхности.

Применение более новых методов (например, разогрев реакции с помощью микроволн) также требует определенного потребления энергии химическими реакциями в лабораторном масштабе. Однако сокращение времени реакции может быть очень существенным по сравнению с использованием нагревающих устройств классического типа. Эффективность микроволн составляет примерно 50%, однако рассеяния тепла практически не происходит, оно полностью передается реакционной среде. Кроме того, теплоизолирующее оборудование очень способствует сокращению потребления энергии.

Важно подчеркнуть, что данные выше рекомендации следует применять только в том случае, если соображения безопасности не препятствуют их применению. К таким обстоятельствам могут относиться локальные перегревы, возникающие при использовании колбонагревателей, или другие практические соображения.

Литература

Beck, A., Schering, M. und Hungerbühler, K. (2000). Fate modelling within LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 5(2000), 1-10.

Diehlmann, A. (2002). *Beitrag zur Implementierung des Leitbildes "Nachhaltige Entwicklung" in der Chemieausbildung*. Dissertation. Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Technische Chemie und Umweltchemie.