

ТЕРМИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ТВЁРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ И СТОЧНЫХ ОСАДКОВ, СОСТОЯНИЕ ТЕХНИКИ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ В ИТАЛИИ

Резюме

В статье рассматривается несколько основных способов термической утилизации твёрдых коммунальных отходов и сточных осадков. Описаны также некоторые физико-химические и биологические методы, показаны их достоинства и недостатки. В работе представлены технологические условия сжигания и бескислородной ферментации отходов, а также основные законы, obowiązующие в Италии. В статье рассматривается состояние техники термической утилизации отходов в Италии.

В.А.ПАВЛЕНКО

Московский Строительный Институт - Москва СССР

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ СЖИГАНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Резюме: В работе представлены вопросы, связанные с проектированием установок для сжигания отходов. При этом учитывается высокая эффективность и надёжность, низкие капитальные затраты и экологическая чистота продуктов этих установок. Модифицированное диффузионное приближение для лучистого теплообмена может быть успешно использовано при расчёте сложного теплообмена в топочных устройствах разного типа.

1. ВВЕДЕНИЕ

Огромное количество отходов различных отраслей народного хозяйства ставит проблему их рациональной утилизации. Одним из возможных способов использования отходов является их сжигание в специальных установках с последующим использованием теплоты для различных технологических и бытовых нужд. При этом на первый план выдвигается создание установок не только высокоэффективных и надёжных с низкими капитальными затратами, но и экологически чистых, так как по количеству вредных выбросов энергетика занимает сейчас второе место в списке основных загрязнителей окружающей среды. Возможно, что следует отдать предпочтение сжиганию твёрдых отходов в низкотемпературном псевдосжиженном (кипящем) слое.

Установки с кипящим слоем обладают рядом неоспоримых преимуществ. В них интенсивнее теплоотдача, что позволяет снизить металлоёмкость агрегата. Кроме того, процесс устойчивого горения идёт при весьма низких содержаниях углерода, что позволяет сжигать в них низкокалорийные сильно зашлакованные топлива, какими часто являются отходы. Важно и то, что процесс горения в кипящем слое может быть организован при относительно низкой температуре, что уменьшает образование окислов азота.

Сжигание отходов в конкретных установках может быть реализовано различными путями. Возможны установки с низкотемпературными кипящими слоями, причём последние могут быть с внешними или внутренними циркулирующими слоями. В других вариантах может быть применён кипящий слой на цепной решётке.

Возможно сжигание отходов в факельно-слоевой топке, при этом крупные фракции сжигаются в кипящем слое.

Для создания надёжной методики расчёта топочных устройств для сжигания отходов различного вида, в том числе и установок с кипящим слоем необходимым является тщательный анализ тепловых условий и процессов.

Особенностью таких устройств является присутствие в них сложного или комбинированного теплообмена, обусловленного совместным действием конвективного и лучистого переносов тепловой энергии.

2. СПОСОБЫ ПЕРЕНОСА ТЕПЛА В УСТРОЙСТВАХ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ

Все элементарные способы переноса тепла (излучение, теплопроводность, конвекция) с достаточной полнотой описаны, подробно проанализированы основные вопросы теории, экспериментального исследования и методы расчёта каждого из этих процессов. Изучение процессов сложного теплообмена, когда передача тепла идёт одновременно со всеми способами, наталкивается на некоторые сложности, существует ряд нерешённых и спорных вопросов.

Для анализа процессы сложного теплообмена целесообразно разбить на три основные группы.

Первая группа включает задачи теплообмена излучением в движущихся теплопроводных средах.

Во второй группе задач рассматриваются процессы переноса теплоты в неподвижной полупрозрачной среде за счёт излучения и теплопроводности.

Третья группа – задачи, посвящённые исследованию теплообмена излучением в движущихся, но нетеплопроводных средах. Это допущение, естественно приводит к значительным погрешностям при расчёте реальных процессов.

Все три группы задач имеют одну общую особенность – система уравнений, точно описывающая процесс теплообмена, включает в себя нелинейные интегро-дифференциальные уравнения, причём общие методы решения некоторых из них недостаточно разработаны. Точные аналитические решения получить бывает затруднительно. Степень влияния принимаемых допущений оценить зачастую бывает трудно.

Наиболее сложным процессом является лучистый теплообмен в излучающе-поглощающей среде как с физической, так и с математической точки зрения.

3. МЕТОДЫ РАСЧЁТА ЗАДАЧ ТЕПЛООБМЕНА

Все методы исследования и расчёта лучистого теплообмена базируются на уравнении переноса излучения, которое описывает изменение интенсивности излучения во времени и пространстве.

Если предположить, что коэффициенты поглощения и рассеивания практически не зависят от направления (реальные среды в основном изотропны) и что рассеяние по частотам пренебрежимо мало по сравнению с рассеянием по направлениям, то уравнение спектрального лучистого переноса значительно упрощается. Его интегрирование по всему спектру частот позволяет получить уравнение переноса полного излучения.

Дальнейшее упрощение может быть получено при предположении серости среды и граничных поверхностей.

Сформулировав граничные условия, можно получить в ряде случаев решение уравнения лучистого переноса. В случае математических затруднений при решении системы уравнений приходится разработать различные приближённые методы расчёта.

И интегральные и дифференциальные методы исследований задач теплообмена излучением дают позитивные результаты. Предпочтение тому или иному методу может быть отдано после анализа конкретных условий задачи.

Несомненным достоинством интегральных методов расчёта является возможность алгебраической аппроксимации интегральных уравнений лучистого теплообмена. Это крайне важно, когда явления переноса протекают в системах сложной геометрической конфигурации. Однако интегральные уравнения теплообмена отличаются большой сложностью и их аналитические решения получены только для некоторых задач с большим числом упрощений.

Можно выделить два основных подхода к исследованию интегральных уравнений лучистого теплообмена. Первый связан с применением численных методов решения, которые обладают высокой точностью однако затрудняют обобщение и анализ полученных результатов. Второй подход – использование аналитических приближённых методов решения интегральных уравнений и это вполне эффективное средство исследования.

Другим направлением исследований задач о лучистом теплообмене является применение методов, основанных на использовании хорошо изученного класса дифференциальных уравнений. Они относительно просты, но основное их преимущество в том, что при решении задач сложного теплообмена дифференциальные уравнения хорошо увязываются с дифференциальными уравнениями конвективного теплопереноса и теплопроводности.

Дифференциально-разностное приближение, тензорное приближение В.И. Андрианова, хотя и обладают некоторыми недостатками, так как приходится предварительно оценивать некоторые коэффициенты, используются достаточно широко для исследования лучистого и лучисто-конвективного теплообмена.

Если интенсивность излучения распределена изотропно, то возможно применение приближения Милна-Эддингтона.

Диффузионное приближение, получившее своё название из-за используемой в нём аналогии выражений для потока излучения и диффузионного потока частиц в теории диффузии, очень интересно по ряду причин.

Этот метод, предложенный С. Росселандом ("Аппроксимация Росселанда"), применялся для нерассеивающих поглощающих сред с большой оптической толщиной, причём в условиях приближающихся к термодинамическому равновесию. Развитие диффузионного приближения нашло в работах С. Шорина и Г. Поляка.

Этот метод позволяет ввести понятие "лучистой теплопроводности".

Анализ лучисто-конвективного теплообмена, имеющего место в камерах сгорания, целесообразно проводить двумя путями. Первый, когда система уравнений подобия подвергается существенному упрощению за счёт соответствующих условий. Второй объединяет в себе аналитический и экспериментальный подходы и основан на использовании в качестве основного критерия зависимости, найденной из решения упрощённой схемы процесса.

Несомненный интерес с практической и теоретической точек зрения представляет вопрос об определении величины лучистой и конвективной составляющих сложного лучисто-конвективного теплового потока.

Хорошо известен метод продувки теплообменной камеры диатермичной средой. При этом предполагается использование принципа аддитивности между отдельными составляющими теплового потока, что является явным упрощением, так как каждый из тепловых потоков зависит от температурного поля, которое в свою очередь формируется этими тепловыми потоками.

Возможно определение лучистого теплового потока с помощью термозонда.

Метод двух радиометров также может быть использован для разделения тепловых потоков. Однако он имеет ряд недостатков, приводящих к существенным ошибкам.

Для расчёта лучистого теплообмена в излучающе-поглощающих (полупрозрачных средах) автор предложил использовать так называемое модифицированное диффузионное приближение, позволяющее учесть ряд факторов и в первую очередь оптическую плотность среды и степень черноты поверхностей, ограничивающих среду.

Анализ возможности применения "серого" приближения позволит определить

наиболее оптимальные способы усреднения коэффициента поглощения.

Следует учитывать и эффекты рассеяния излучения в неоднородных средах.

Предполагаемое приближение для лучистого теплового потока основано на физической модели процесса, хорошо отражающей основные закономерности процесса переноса тепла излучением.

Можно проанализировать поведение коэффициента диффузии излучения и показать, представляя поток излучения в виде бесконечного ряда, его зависимость от оптической плотности среды. Такой же анализ может быть проведён при варьировании степени черноты граничных поверхностей.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое качественное и количественное изучение величины коэффициента диффузии позволяет утверждать, что его значение изменяется от максимальной величины равной коэффициенту диффузии частиц в теории диффузии при больших оптических плотностях излучающе-поглощающей среды до нуля в случае, если среда абсолютно прозрачна.

Для практического использования метода удобно ввести в рассмотрение оптико-геометрический параметр, являющийся функционалом оптической толщины слоя среды, степени черноты граничных поверхностей, а также ряда показателей, определяющих лучистый и сложный теплоперенос.

Расчёты показывают, что модифицированное диффузионное приближение для лучистого теплообмена может быть удачно использовано при расчёте сложного теплообмена в топочных устройствах различного типа и, в частности, устройствах, предназначенных для сжигания отходов различных технологических процессов.

Wpłynęło do Redakcji : styczeń 1987 r.

Recenzent: Doc.dr hab. inż. Janusz Wandrasz

WYBRANE PROBLEMY WYMIANY CIEPŁA W PROCESACH SPALANIA ODPADÓW PRZEMYSŁOWYCH I KOMUNALNYCH

Streszczenie

Jednym z rozlicznych sposobów wykorzystania odpadów jest ich spalanie w specjalnie do tego celu skonstruowanych urządzeniach z możliwością wykorzystania wywiązanej energii dla różnych potrzeb technologicznych i komunalnych. Na pierwszy plan przy projektowaniu tych urządzeń wysuwają się zagadnienia ich wysokiej efektywności i niezawodności przy niskich kosztach eksploatacyjnych i zabezpieczeniu czystości ekologicznej.

Z zagadnieniami tymi nierozzerwalnie związane są procesy przepływu energii przez promieniowanie, przewodzenie i konwekcję. Analiza każdego z tych procesów oddzielnie nie stwarza problemu, trudności napotyka się dopiero przy procesach rzeczywistych, gdzie przepływ ciepła odbywa się równocześnie wszystkimi sposobami. Najbardziej złożony jest proces przepływu energii w ośrodku emitująco-pochłaniającym zarówno pod względem fizycznym, jak i matematycznym. Do rozwiązania powyższego problemu należy wykorzystać metody numeryczne lub przybliżone metody analityczne rozwiązywania równań całkowych. Inną grupę rozwiązań stanowią przybliżenia różniczkowo-różnicowe i inne. Zastosowane uproszczenia w obliczeniach wymiany ciepła przez promieniowanie mogą być z powodzeniem wykorzystywane przy projektowaniu urządzeń paleniskowych różnego typu, w szczególności urządzeń do spalania odpadów z różnych procesów technologicznych.

SOME PROBLEMS ON HEAT TRANSFER IN INDUSTRIAL AND MUNICIPAL WASTES INCINERATION PROCESSES

Summary

Waste incineration with heat utilization for some municipal or technological purposes is one of the possible ways of waste utilization. The most important questions connected with the designing of these plants are: high efficiency and operational reliability with low operational cost and ensured ecological harmlessness. Energy transfer processes by radiation, convection and heat conduction are connected with the questions mentioned above. Separate analysis of each of these problems is not difficult but some new problems occur if actual processes are considered because heat transfer takes place by all the mentioned ways. Most complicated physically as well as mathematically is the description of energy transfer in an emitting-absorbing medium. Numerical methods and approximate analytical methods were used for integral equations solving. Differential approximations were also used. The results show that approximate calculating methods of heat transfer by radiation are applicable for designing of incineration units, especially for industrial waste incineration plants.

Halina KRUCZEK
Stanisław KRUCZEK
Dariusz ŁUSZCZEK
Mieczysław ŚLABICKI
Adam TURCZYŃSKI
Mieczysław ZEMBRZUSKI

Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów Politechniki Wrocławskiej

UTYLIZACJA ODPADÓW Z PRODUKCJI FARB I LAKIERÓW

Streszczenie. W pracy przeprowadzono analizę składu chemicznego odpadów, powstających w zakładach produkcji farb i lakierów pod kątem możliwości ich unieszkodliwienia metodą dopalania. Przedstawiono wstępne wyniki badań nad zachowaniem odpadów o różnym stanie skupienia w warunkach nagrzewania oraz nad emisją pyłów ze spalania odpadów stałych. Na podstawie wyników analiz i badań zaproponowano specjalną konstrukcję pionowego paleniska do jednoczesnego spalania odpadów o różnym stanie skupienia. Palenisko składa się z trzech komór spalania, które pełnią jednocześnie rolę komór dopalania. Wydajność cieplna komory dla paliw ciekłych wynosi 1,1 MW, dla paliw stałych 0,5 MW przy zużyciu odpowiednio 150 kg/h i 110 kg/h.

1. WPROWADZENIE

Racjonalna gospodarka odpadami uwzględniająca zarówno aspekt ekonomiczny, jak i ekologiczny w przypadku zakładów produkujących farby i lakiery w chwili obecnej nie istnieje. Obowiązujący aktualnie model składowania odpadów i ich okresowego spalania na wolnym powietrzu jest uciążliwy dla środowiska naturalnego i nie daje żadnych efektów ekonomicznych.

Proces utylizacji odpadów powstałych w wyniku produkcji farb i lakierów jest bardzo trudny do zrealizowania. Wynika to z różnorodności spalanych odpadów pod względem składu chemicznego, a przede wszystkim stanu skupienia, a co za tym idzie, trudnego do przewidzenia oddziaływania spalania komponenta na spalanie innych. Zestawienie odpadów i surowców do produkcji farb i lakierów zamieszczono w tablicach I-II.

Próba rozwiązania powyższego problemu zostanie opisana na podstawie prac nad utylizacją odpadów we Wrocławskiej Fabryce Farb i Lakierów "POLIFARB". Opisana poniżej instalacja jest w trakcie realizacji.