

Область техники

Изобретение относится к способам управления энергией на предприятиях, сжигающих твердое органическое топливо.

Предшествующий уровень техники

Предприятия, производящие электроэнергию, вынуждены преодолевать неравномерность потребления электричества в течение каждого суточного цикла. На протяжении суточного периода потребление меняется ежечасно, причем периоды пикового потребления типично приходится на утро и вечер, а низкого потребления - на ночное время. Перепад между уровнями высокого и низкого потребления может превышать 30% от уровня высокого потребления. Поскольку электричество является товаром, который не может запасаться в его непосредственной форме, это приводит к тому, что очень большая часть генерирующей мощности предприятия используется неэффективно. Кроме того, частые значительные колебания уровней генерирования влекут за собой большие затраты в виде эксплуатационных расходов и механического износа, особенно на электростанциях, сжигающих твердое органическое топливо, такое как уголь.

Работа электроэнергетических предприятий, сжигающих органическое топливо, основана на процессе преобразования тепловой энергии топлива в пар, который затем вращает турбину, производящую электроэнергию. Технология, основанная на сжигаемом угле, предусматривает участки обработки и подготовки угля, котлы с горелками, участки обработки золы и газовых выбросов, оборудование, относящееся к турбинам и генераторам, водоочистные и вспомогательные участки.

Системы обработки и подготовки угля включают разгрузочное оборудование для поездов, барж и других средств транспорта, угольный склад, в котором обычно хранится запас угля на 1,5-2 месяца, транспортировочные мощности для доставки угля со склада на электростанцию, углетранспортеры и пылесистемы и оборудование для подачи угля в печи котлов.

Работающие на угле электростанции высокочрезвычайно сложны в эксплуатации и отличаются очень медленной динамикой процессов. Работающая на угле электростанция требует многочасовой подготовки до того, как может начаться генерирование электроэнергии, поэтому отключение во время низкого потребления неэкономично. В то же время участки выработки электроэнергии должны быть строго синхронизированы по их нагрузке для соблюдения целостности производства и безопасности работы. Если потребление падает ниже критического уровня, одно только угольное топливо не может в достаточной степени поддерживать необходимые термические условия котла, и другие виды топлива, такие как дизельное, должны использоваться вместе с углем для того, чтобы поддерживать котел в нужном состоянии. Это является нежелательным и повышает эксплуатационные расходы.

Для уменьшения разницы нагрузки между периодами высокого и низкого потребления поставщики электроэнергии прибегают к агрессивной политике дифференцирования цен, чтобы побудить потребителей понижать потребление электроэнергии во время высокого потребления на нее и повышать его во время низкого потребления. Но, хотя стоимость электроэнергии во время высокого потребления может в несколько раз превышать эту стоимость во время низкого потребления, одна эта стратегия не всегда достаточна для того, чтобы выровнять разницу в потреблении.

Было предложено много различных решений для создания запаса электроэнергии во время низкого ее потребления для использования ее во время высокого потребления. Одним из таких решений является перекачка воды в высоко расположенные водохранилища во время низкого потребления и использование этой воды на гидроэнергетических установках во время высокого потребления. Этот способ, называемый «гидроаккумуляция энергии», используется довольно широко в мире, включая США. Гидроаккумуляция энергии требует больших капитальных вложений и оказывает сильное воздействие на окружающую среду.

Патент США 3631673 предлагает аккумулировать энергию в непиковое время путем запасаания сжатого воздуха. В пиковые часы сжатый воздух приводит в движение газовую турбину. Патент США 5491969 предлагает использовать сжатый воздух для сжигания топлива в газовой турбине (обычно используемые компрессоры на это время отключаются). Патент США 3849662 описывает электростанцию, сжигающую угольный газ, полученный при газификации угля, в паровой турбине. Угольный газ, произведенный в часы малого потребления электроэнергии, хранится в газгольдере под давлением и используется в газовой турбине в пиковые часы.

Более 30% электроэнергии в США вырабатывается за счет сжигания угля. Производство угля в США составляет 1,1 млрд коротких тонн в год. Более 90% этого угля используется для выработки электроэнергии. Америка имеет запасы угля, которых хватит на 250 лет при нынешних уровнях потребления.

Качество угля может оцениваться с использованием различных показателей, таких как энергетическая ценность, содержание влаги, содержание летучих компонентов, зольность, содержание серы. Каждый показатель в большей или меньшей степени влияет на способ использования угля, на характеристики его горения, а, следовательно, на его экономическую ценность. Эти показатели отличаются от одного угольного месторождения к другому, более того, внутри определенного месторождения характеристики угля могут существенно отличаться.

Залежи угля, такие как расположенные в бассейне реки Паудер в штатах Вайоминг и Монтана, так

же, как и другие подобные месторождения по всему миру, содержат угли, обычно называемые «низкосортными». Низкосортный уголь включает суббитуминозные угли и лигниты, и его также называют бурым углем. В таком угле содержание воды значительно и достигает уровней намного выше чем 30%.

В отношении содержания влаги в угле данное изобретение будет далее опираться на определения и стандартные методы, используемые Американским обществом специалистов по испытаниям и материалам (American Society for Testing and Materials, ASTM).

Общая влага означает величину потери веса в воздушной атмосфере при строго контролируемых показателях температуры, времени и потока воздуха, как определено в соответствии либо с § 870.19(a), либо с § 870.20(a), содержание которых включено в данное изобретение посредством ссылки.

Связанная влага означает влагу, которая является неотъемлемой частью угольного пласта в естественных условиях, включая воду в порах, но исключая воду, присутствующую в макроскопически видимых трещинах, как определено.

Избыточная влага означает разницу между общей влагой и связанной влагой, вычисляемую в соответствии с § 870.19 для низкосортных углей либо в соответствии с § 870.20 для низкосортных углей, содержание обоих параграфов включено в данное изобретение посредством ссылки. «Избыточная влага» далее в настоящем изобретении будет называться «поверхностной влагой».

Низкосортные угли означают суббитуминозные угли сорта С и лигниты.

Высокосортные угли означают антрацит, битуминозные угли и суббитуминозные сортов А и В.

Лабораторная процедура для измерения связанной влаги описана в ASTM D1412-93, содержание которого включено в данное изобретение посредством ссылки. Сбор образцов угля для измерений также определен документами ASTM.

Кратко, лабораторная процедура состоит в следующем. Уголь размалывают до состояния мелкого порошка и подвергают воздействию открытого воздуха в течение определенного периода времени, так что поверхностная влага угля по большей части высушивается, а остаточная поверхностная влага угля становится равной влажности среды. Считается, что остаточная влага в угле является связанной влагой. Затем уголь нагревают в печи и по потере массы вычисляют количество связанной влаги.

В угле находится два различных типа влаги: поверхностная влага и связанная влага. Поверхностная влага является водой, содержащейся в частице угля, которая может быть результатом смачивания угля путем физического выливания влаги на него при нормальных условиях, например под дождем или под опрыскивающими системами. Воздействие на частицу угля со стороны источника тепла, такого как солнце или поток горячих газов, или со стороны физически высушивающих механизмов, например центрифуги, может удалить такую влагу.

Связанная влага - это вода, заключенная внутри частицы угля, в основном, со времени его образования или просочившаяся в частицу угля в ходе процесса, характеризующегося большой длительностью и высоким давлением. В типичном случае связанная влага заключена в капиллярах угольных частиц или химически связана с углем, и ее невозможно удалить способами, используемыми для сушки от поверхностной влаги, если только не использовать более экстремальные воздействия, такие как высокая температура и/или высокое давление.

Традиционные способы обезвоживания или сушки угля для удаления связанной влаги являются сложными и осуществляются с применением экстремальных способов. Большинство из этих способов основано на технологии, при которой частицы угля нагреваются традиционным способом и к системе прилагают давление или создают в ней давление. Сочетание сил в этом процессе удаляет из угольных частиц связанную влагу. Окончательное содержание влаги в угле, обработанном способом такого типа, в основном, зависит от условий среды, где осуществляют способ. Конечный результат заключается в том, что сушка угля для достижения низкого содержания связанной влаги требует очень большого количества энергии и длительного нахождения угля в процессе сушки.

Существующие методы обезвоживания используют традиционные способы теплопередачи для испарения воды с частиц угля. Недостатком этих способов является то, что нагревание частиц угля для испарения воды производится снаружи вовнутрь. Известно, что уголь является теплоизолятором с очень большим сопротивлением передаче тепла, что приводит к неэффективности, так как большое количество тепла расходуется на нагревание каждой частицы угля и окружающего ее пространства, при том что подъем температуры должен быть достаточно большим, чтобы преодолеть высокое сопротивление угольной частицы передаче тепла. Такое нагревание рискованно и требует специальных мер предосторожности, так как воздействие на уголь высокой температуры может воспламенить его.

Процесс обезвоживания для обогащения низкосортных углей с большим содержанием связанной влаги исторически сталкивался с двумя важными недостатками, ограничивавшими применение промышленных систем обезвоживания в больших масштабах. До сегодняшнего дня обогащенный низкосортный уголь отличался низкими температурами самовоспламенения и самопроизвольным сгоранием, что происходит быстрее, чем в других углях, включая небогатый низкосортный уголь. Испытаниями было установлено, что, когда масса обезвоженного угля в течение ряда часов (в типичном случае в течение менее чем 72 ч) подвергается воздействию потока воздуха, температура этого угля поднимается до точки, при которой происходит самопроизвольное воспламенение или самовозгорание. Самопроизвольное

нагревание и сгорание угольных частиц являются обычными проблемами небогатенных углей с высоким содержанием связанной влаги, но такие происшествия обычно случаются после более долгих периодов подверженности действию открытого воздуха, измеряемых днями и неделями. Данный феномен усугубляется процессом обезвоживания, который существенно увеличивает отношение площади поверхности к объему, отсюда увеличение активности частиц угля в поглощении влаги из воздуха, что еще более сокращает сроки хранения обогащенного угля.

Другой проблемой, наблюдаемой при обезвоживании угля, является производство большого количества угольного порошка. Каждая манипуляция с обезвоженным углем после окончания процесса еще больше уменьшает размер угольных частиц и производит больше угольной пыли, так как обезвоженный уголь более хрупок. Высушенный уголь не имеет свойственной влажному углю способности притягивать мелкие частицы к своим поверхностям. Это приводит к распылению мелких частиц, которые теряются во время транспортировки и создают высокий риск пожаров и взрывов.

Статья в «Австралийском угольном обозрении» (The Australian Coal Review) от октября 1999 г., с. 27, описывает сухую обработку угля, т.е. отделение угля от отходов (породы) без водной флотации. В процессе сухой очистки содержание влаги в исходном угле не должно достигать такого уровня, при котором частички слипаются, что зависит от поверхностной влаги. Таким образом, низкосортный уголь может иметь довольно высокий уровень связанной влаги и все-таки быть поверхностно сухим и пригодным для сухой чистки. Статья предлагает для уменьшения поверхностной влаги до достаточно низкого уровня использовать термальную сушилку и рекомендует пропускать уголь на транспортере через микроволновую сушилку. В таком типе сушилок вода легко поглощает тепловую энергию и испаряется, в то время как уголь не нагревается.

Патент США 4280033 описывает микроволновое (МВ) сушильное устройство и способ коксования или газификации для высокосортного размолотого угля. Устройство содержит замкнутый конвейерный транспортер, проходящий через закрытую зону обработки, пластинчатые электроды на противоположных сторонах транспортера с углем и воздуходувную систему для нагнетания горячего воздуха над конвейером для удаления влаги.

Патент США 4259560 описывает способ микроволнового нагревания/сушки для проводниковых порошковых материалов, в особенности угля перед коксованием. Измельчение в порошок используется для предотвращения искрения. Содержание влаги может быть отрегулировано в реальном времени путем использования измерений ИК-детекторами.

Удаление различных примесей из угля с использованием электромагнитного излучения также известно. В связи с этим можно сослаться на статьи «Mossbauer analysis of the microwave desulfurization process of raw coal» S. Weng (1993); «Effect of microwave heating on magnetic separation of pyrite» Uslu и др. (2003); и «Microwave embrittlement and desulphurisation of coal» Marland и др. (1998).

Сущность изобретения

Настоящее изобретение относится к новой системе управления энергией и к способу обогащения твердого органического топлива, такого как уголь, для использования в указанной системе. Более конкретно, изобретение касается способа аккумуляирования недорогостоящего электричества, выработанного в периоды низкого потребления, в форме обогащенного угля для использования его во время периодов высокого потребления, когда цена электричества намного выше.

Изобретение сочетает деловые способы, согласно которым электричество генерируют и аккумулируют в периоды низкого потребления и используют для генерирования электричества по высоким ценам во время высокого потребления, и физические способы, позволяющие осуществить такое аккумуляирование.

Согласно способу в соответствии с настоящим изобретением дешевое электричество используют во время низкого потребления, например в ночное время, для обогащения дешевого органического топлива с низкой энергетической ценностью для использования его в качестве замены дорогого топлива с высокой энергетической ценностью. Обогащенное топливо аккумуляируют и используют в установках, вырабатывающих электроэнергию, на всем протяжении суток, особенно во время высокого потребления, для производства электроэнергии, которая может быть продана на розничном энергетическом рынке по значительно более высокой цене.

Согласно первому аспекту настоящего изобретения предлагается способ управления электроэнергией, произведенной в течение периодов низкого потребления, на рынке электроэнергии, где имеют место периоды с различным потреблением электроэнергии. Способ включает обогащение твердого органического топлива с помощью сушилки электромагнитным излучением (ЭМИ) в течение периодов с низким потреблением и утилизацию обогащенного топлива.

Утилизация предпочтительно включает сжигание обогащенного органического топлива для производства электроэнергии, по меньшей мере, в течение периодов с высоким потреблением. Однако она также может включать сжигание топлива в другом промышленном производстве, потребляющем тепло, или торговлю топливом с другим деловым субъектом.

Способ управления особенно полезен для применения на электростанции, где обогащение производят с помощью электроэнергии, выработанной на том же предприятии. Предпочтительно, чтобы обогащенное органическое топливо хранилось и сжигалось также на той же электростанции с целью выработ-

ки электроэнергии, по меньшей мере, в течение периодов с высоким потреблением.

Предпочтительно, чтобы количество произведенного и аккумулированного в течение периодов с низким потреблением обогащенного органического топлива покрывало всю потребность в топливе для производства электроэнергии на той же электростанции в течение периодов с высоким потреблением. Более предпочтительно, чтобы среднее ежедневное количество произведенного и аккумулированного обогащенного органического топлива покрывало, по меньшей мере, среднюю дневную потребность в топливе для производства электроэнергии на той же электростанции.

Предпочтительно сушка с помощью ЭМИ, используемая в данном способе, уменьшает на 50% или более содержание связанной влаги в обогащенном органическом топливе.

В соответствии со вторым аспектом настоящего изобретения предлагается способ обогащения твердого органического топлива. Способ включает обезвоживание твердого органического топлива с помощью ЭМИ таким образом, чтобы содержание связанной влаги в обогащенном твердом органическом топливе уменьшалось по меньшей мере вдвое. Суточное количество обогащенного твердого органического топлива, полученного способом электрического обезвоживания, соизмеримо с суточным потреблением электростанцией и/или другим промышленным предприятием.

Твердое органическое топливо может быть низкосортным углем, нефтяным сланцем, битуминозным песком, суббитуминозным углем и т.д. с высоким содержанием связанной влаги. Однако высококачественные угли с низким исходным содержанием связанной влаги могут быть далее высушены до такого низкого содержания связанной влаги, как 1%.

Способ лучше всего может быть осуществлен там, где потребление электроэнергии благодаря другим потребителям подвержено колебаниям и где процесс электрического обезвоживания осуществляют в течение периодов с низким потреблением электроэнергии.

Предпочтительно способ обезвоживания с помощью ЭМИ выполняют с использованием электроэнергии, произведенной электростанцией, сжигающей органическое топливо в обогащенном состоянии. В более частном случае способ выполняют там, где электростанция работает в режиме ежедневных пиков производства электроэнергии, и способ обезвоживания осуществляют предпочтительно во время непиковых часов производства электроэнергии.

Способ включает аккумулирование обогащенного органического топлива, полученного в непиковые часы, и использование обогащенного органического топлива для производства электроэнергии во время ежедневных пиков. Предпочтительно количество обогащенного органического топлива, полученного в непиковые часы, покрывает, по меньшей мере, суточную потребность электростанции или потребность между двумя соседними периодами низкого потребления. Это существенно уменьшает производственные затраты на процесс обезвоживания.

Сушке с помощью ЭМИ может предшествовать удаление поверхностной влаги с использованием горячих газов.

Предпочтительно, чтобы сушка с помощью ЭМИ выполнялась с использованием микроволнового излучения.

Способ согласно настоящему изобретению в особенности относится к обезвоживанию (сушке) низкосортного твердого органического топлива при низких температурах и давлениях с использованием электромагнитного излучения. Способ включает короткие периоды начала и завершения операций, пригодные для прерывной работы на протяжении коротких периодов времени, а также требует малой площади, что позволяет использовать способ внутри или рядом с электростанцией. Использование данного способа в обогащении низкосортного угля во время низкого потребления для подготовки требуемого для следующих суток угля может сэкономить предприятию миллионы долларов за счет уменьшения затрат на топливо.

Физический процесс обезвоживания основан на воздействии на твердое органическое топливо высокочастотным электромагнитным излучением. У процесса обезвоживания с помощью излучения есть много преимуществ перед другими процессами обезвоживания. Обезвоживание с помощью излучения производится при атмосферном давлении и не требует нагревания самой частицы топлива. Начало и завершение процесса - быстрые, что делает процесс пригодным для недлительного, прерывного режима, ограниченного временными рамками дешевизны электроэнергии. Более того, излучение может быть более эффективным, чем другие методы, так как обезвоживание частиц топлива не требует полного испарения воды, поскольку некоторая часть воды может быть удалена с частиц топлива механическим способом.

В отличие от существующих способов устранения связанной влаги, предполагающих воздействие экстремальных температуры и давления, требующих больших производственных площадей и обычно применяемых рядом с источником топлива, способ согласно настоящему изобретению может быть реализован на малой площади, он не является шумным, экологически чист и прост в использовании, что делает его пригодным для обеих сторон в топливной экономической цепочке - как со стороны предложения топлива, так и со стороны производителя электроэнергии.

Одним фундаментальным условием способа является воздействие на частицы топлива электромагнитным излучением с частотой радиоволн, микроволн или более высокой. Интенсивность излучения, т.е. количество энергии на единицу объема топлива, и частота излучения могут варьироваться согласно тре-

бованиям, принимая во внимание все актуальные факторы. Другим важным условием способа является использование дешевой электроэнергии в течение периодов с низким потреблением для обезвоживания и обогащения топлива, которое используется для производства более дорогой электроэнергии на протяжении суток, в особенности в течение периодов с высоким потреблением. Это дает предприятиям инновационное средство, с помощью которого электричество может генерироваться и аккумулироваться внутри топлива в течение периодов с низким потреблением для использования в течение периодов с высоким потреблением с целью получения более высокого дохода.

Когда способ осуществляют рядом с электроэнергетической установкой предприятия, становится возможным в большой степени интегрировать его в существующие топливные мощности предприятия, отсюда значительная экономия в капитальных затратах. В таком случае процесс обезвоживания осуществляется на стадии до подачи топлива в пылесистему, где твердое топливо размалывают в порошок перед подачей порошка в устройство для сжигания. В данном случае низкосортное топливо можно подавать со склада с помощью наличных традиционных подающих мощностей. Топливо затем можно сушить с помощью обычного тепла, т.е. потока горячих газов, а затем пропускать через установки излучения. Обезвоженное (обогащенное) топливо можно складировать для последующего использования или можно подавать непосредственно из установок излучения в имеющуюся пылесистему. Затем можно продолжать нормальные производственные процессы электростанции.

Когда обогащенное топливо складывают для последующего использования, можно использовать имеющиеся либо новые пристроенные складские помещения, такие как бункеры или накопители, или любой другой закрытый сухой участок хранения материала. Это топливо затем может подаваться напрямую в пылесистему или вновь поступать в нормальные производственные процессы электростанции. Хранение обогащенного топлива в закрытом складском помещении и при контролируемых условиях продлевает его срок хранения и снижает риск нежелательного возгорания. Накопленное топливо может храниться в накопителях, бункерах или в любом другом хранилище. Во время хранения складские помещения можно продувать инертными газами, такими как азот или углекислый газ, для предотвращения возгорания топливной пыли и топлива.

Перед воздействием излучения на твердое низкосортное топливо оно может быть размельчено. Это может быть сделано любым пригодным способом, например дроблением или размалыванием. Следующее уменьшение размеров частиц происходит при пылеприготовлении, которое производят после процесса обезвоживания до подачи топлива в устройство для сжигания. Сушка низкосортного топлива с помощью ЭМИ производит пыль, и облученное топливо характеризуется хрупкостью, что может оказаться полезным для пылесистемы.

Способ согласно настоящему изобретению позволяет обогащать органическое топливо в местах, расположенных близко от места его использования, как в пространстве, так и во времени, так что высушенное органическое топливо не требует много дополнительных манипуляций, таких как транспортировка. Непосредственно после сушки топливо можно подвергать дальнейшему процессу размельчения - превращению в порошок. Таким образом, мелкие частицы угля не теряются при транспортировке и уменьшается риск пожаров и взрывов.

Топливо можно обрабатывать партиями, но предпочтительно, чтобы его обрабатывали полунепрерывно или непрерывно. Так, топливо можно пропускать сквозь или через один, или более источников электромагнитного излучения на пригодных транспортирующих устройствах. Такие устройства предпочтительно являются не восприимчивыми к электромагнитному излучению.

В транспортирующих устройствах можно использовать любой пригодный материал, например конвейеры или другие транспортирующие устройства, изготовленные из таких материалов, например керамики или нержавеющей стали, которые не восприимчивы к излучению. Это страхует от напрасной траты энергии на нагревание во время процесса тех элементов, которые не способствуют главной цели удаления влаги, заключенной в частицах топлива.

Топливо может быть подвергнуто излучению на одной или более стадиях. Электромагнитное излучение пригодной частоты возбуждает молекулы воды, заключенные внутри частиц топлива, и, как следствие, повышает температуру воды, так что вода высвобождается и удаляется из топлива. Это, в свою очередь, может повысить температуру частиц топлива. Более высокая температура воды понижает действие поверхностного натяжения, так что силы, удерживающие воду внутри капилляров в частицах топлива, уменьшаются и процесс обезвоживания становится более эффективным.

Также возможно варьировать физические характеристики каждой стадии. Например, по меньшей мере на одной стадии топливо может быть подвергнуто электромагнитному излучению в присутствии подходящего инертного газа, такого как азот или углекислый газ, который выполняет задачу подавления возгорания топлива и препятствует образованию условий, при которых может произойти взрыв. Этот газ может также нагревать обработанное топливо для удаления его поверхностной влаги, которая может находиться в топливе изначально или накапливаться в ходе процесса облучения.

В большинстве случаев водяной пар, высвобождаемый процессом излучения, является чистым и может быть выпущен в атмосферу.

Топливо может быть подвергнуто охлаждению, что также удалит водяной пар, после чего высу-

шенное топливо может быть подвергнуто дополнительной сортировке и регенерации. Может также потребоваться, чтобы обезвоженные угольные частицы хранились в определенных условиях среды, так чтобы удалить любую избыточную поверхностную влагу, которая может накопиться в результате излучения.

Согласно следующему аспекту настоящего изобретения предлагаются нижеследующие системы для реализации вышеуказанных способов.

Система производства электроэнергии за счет сжигания твердого органического топлива на предприятии, производящем электроэнергию, оснащенном устройствами для сжигания, имеет установку сушки с помощью ЭМИ для обогащения твердого органического топлива и средства транспортировки для подачи обогащенного твердого топлива в устройство для сжигания. Установка ЭМИ адаптирована для уменьшения на 50% или более уровня связанной влаги в обогащаемом твердом органическом топливе. Система предпочтительно имеет средства для хранения, пригодные для аккумуляирования обогащенного твердого органического топлива в количестве, по меньшей мере, соизмеримом с ежедневным потреблением предприятия, производящего электроэнергию.

Система для производства обогащенного твердого органического топлива для сжигания в промышленном производстве, таком как генерирование электроэнергии, включает установку сушки с помощью ЭМИ, адаптированную для уменьшения на 50% или более уровня связанной влаги в обогащаемом твердом органическом топливе, и средства для хранения, пригодные для аккумуляирования указанного обогащенного твердого органического топлива в количестве, по меньшей мере, соизмеримом с ежедневным потреблением в промышленном производстве.

В системе для производства обогащенного твердого органического топлива, включающей установку сушки с помощью ЭМИ, адаптированную для уменьшения на 50% или более уровня связанной влаги в обогащаемом твердом органическом топливе, установка сушки с помощью ЭМИ адаптирована для обработки одного из следующих видов топлива: низкосортных углей, нефтяного сланца, битуминозного песка.

Согласно следующему аспекту настоящего изобретения предлагается обогащенное твердое органическое топливо, полученное сушкой с помощью ЭМИ с использованием вышеописанных способов или вышеописанных систем. Наши испытания показывают, что обогащенное топливо имеет повышенную энергетическую ценность или пониженные выбросы, в то же время его экономическая ценность также является повышенной.

Краткое описание графических материалов

Для того, чтобы понять изобретение и увидеть, как оно может быть реализовано на практике, ниже будет описана конкретная реализация лишь как неограничивающий пример со ссылкой на прилагаемую фигуру, являющуюся блок-схемой, показывающей сушку и утилизацию низкосортного угля согласно способу настоящего изобретения.

Подробное описание графических материалов

На фигуре стадии и компоненты одного примера реализации способа и системы в соответствии с изобретением показаны на основе существующего процесса сжигания угля на электрогенерирующем предприятии, как это описано в разделе «Предшествующий уровень техники». Для целей иллюстрации фигура показывает процесс обезвоживания угля, но он сходным образом применим для любого другого твердого органического топлива. Описанный способ разработан таким образом, чтобы его было можно осуществлять между складом угля и угольными бункерами, питающими пылесистему.

В производственную схему для реализации способа включены следующие главные компоненты: угольный склад 10, участок 12 подготовки угля, участок 16 погрузки, микроволновая сушильная установка 20, участок 34 охлаждения и стабилизации, склады 66 сухого угля, пылесистема 68 и водоочистная установка 30. Другие элементы блок-схемы будут пояснены ниже. В данной блок-схеме выделенный участок 8 иллюстрирует процесс согласно настоящему изобретению, а часть, лежащая вне выделенного участка, представляет существующий процесс на предприятии.

Необогащенный низкосортный уголь хранят на складе 10 и подают с использованием пригодной техники на участок 12 подготовки угля, где уголь может быть размельчен. Если необходимо, уголь можно подвергнуть дроблению или размолу любым пригодным образом.

Затем уголь подают на участок 16 погрузки, где уголь переносят на транспортирующие устройства (например, транспортеры), являющиеся прозрачными для микроволнового излучения и способные выдерживать температуру процесса без получения механических повреждений. Например, в изготовлении подходящих транспортеров (не показаны) может использоваться керамика, пластик или нержавеющая сталь, которые не нагреваются микроволновым излучением и которые материально не задерживают такое излучение. Участок 16 погрузки использует обычные системы перемещения материалов. Конструкция может быть различной для каждого частного случая и в зависимости от того, используется ли циклический или непрерывный процесс. В циклическом процессе уголь загружают определенным образом в МВ установку 20, и энергия, требуемая для сушки, зависит от времени облучения. При непрерывной обработке уголь пропускают через микроволновую сушильную установку 20, и энергия, требуемая для сушки, зависит от скорости перемещения.

Микроволновая сушильная установка 20 включает корпус и ряд источников микроволнового излу-

чения (не показаны). Корпус изготавливают из специального материала, такого как нержавеющая сталь, и экранируют таким образом, чтобы микроволновое излучение не выходило за пределы корпуса, тем самым гарантируя электромагнитную защиту окружающего пространства и предотвращая утечку высвобождаемого водяного пара и газов. Корпус также сконструирован так, чтобы фокусировать электромагнитное излучение непосредственно на уголь, для того чтобы максимизировать выход высушенного угля относительно затрат энергии.

Источники МВ излучения могут изготавливаться с использованием магнетрона или другой подходящей технологии. Частота излучения каждого источника и плотность энергии внутри корпуса могут варьироваться согласно требованиям и принимая во внимание все учитываемые обстоятельства. Сходным образом, время, в течение которого уголь подвергается излучению, может варьироваться с учетом эффективности процесса обезвоживания.

Нагнетаемый воздух или инертный газ, такой как азот или углекислый газ, в зависимости от условий процесса, направляется из источника 22 на установку 20. Введение нагнетаемого воздуха или инертного газа используется для поддержания низкого уровня влажности среды внутри корпуса. Влажность внутри корпуса возникает в результате высвобождения воды из угля и из-за низкой температуры процесса. Существенное количество водяного пара 28 высвобождается из угля. Этот водяной пар удаляется в атмосферу с помощью воздуха или инертных газов 22, которые нагнетаются в корпус.

В случае, если избыточное количество воды высвобождается из угля, сливаемая вода 24 может направляться на водоочистной участок 30. Этот процесс может не требоваться, если вода, удаляемая из угля, может быть выпущена в окружающую среду.

МВ сушка на установке 20 может, например, быть одностадийной. Она также может быть многостадийной, в зависимости от требуемой степени обезвоживания и от количества обезвоживаемого угля.

Несколько МВ установок могут быть сгруппированы параллельно или последовательно в отношении друг к другу. Параллельное размещение служит увеличению мощности процесса в целом, тогда как последовательное размещение служит увеличению мощности каждой из линий в отдельности.

Высушенный уголь после выхода из установки 20 направляют на участок 34 охлаждения и стабилизации. На этой стадии уголь может содержать поверхностную влагу, возникшую в результате удаления связанной влаги с помощью электромагнитного излучения (см. ниже).

После выхода с участка 34 охлаждения и стабилизации обогащенный уголь 64 можно направлять либо на закрытые склады 66 сухого угля, либо на следующую стадию производственного процесса предприятия, обычно являющуюся пылесистемой 68, подготавливающей уголь к сжиганию.

Емкость склада 66 сухого угля предусматривает размещение количества обогащенного угля, достаточного для производства электроэнергии на протяжении периода высокой нагрузки, когда установка МВ излучения отключена. Инертные газы 70 также могут подаваться в закрытые склады 66 для содержания угля в условиях, не приводящих к возгоранию или пожару. Как показывает разделительная пунктирная линия на фиг. 1, закрытые склады 66 могут быть частью существующей структуры предприятия или могут быть специально добавлены для размещения обогащенного угля, произведенного процессом сушки.

Линия 72 обеспечивает прямое соединение между участком 34 охлаждения и стабилизации и пылесистемой 68. Эту линию можно задействовать в течение периодов с низким потреблением производимой электроэнергии.

Режим работы таков, что уголь служит средством для аккумуляции энергии, причем дешевая электроэнергия используется для обогащения угля, используемого в течение периодов с высоким потреблением электроэнергии. Данная стратегия приносит дополнительную пользу предприятию тем, что позволяет энергоустановке продолжать работать при определенной нагрузке в течение периодов с низким потреблением, а, следовательно, служит сбалансированию и стабилизации нагрузочных характеристик на протяжении суток, таким образом стабилизируя генерирование электричества. Процесс также имеет относительно короткие периоды начала и завершения.

Для уменьшения стоимости энергии, требуемой для всего процесса, МВ установки должны иметь производственную мощность, достаточную для сушки количества угля, требуемого для работы в течение целых суток, за несколько часов, когда потребление на электричество самое низкое. Это требует, чтобы процесс работал лишь в некоторые часы и включался и отключался по мере изменения потребления в течение суток.

Приведенный конкретный пример настоящего изобретения отстает от обычного процесса предприятия в точке угольного склада 10 и возвращается к обычному процессу на входе в пылесистему 68. Склад 66 предназначен для хранения угля в течение периодов с высоким потреблением и имеет такую емкость, которой достаточно для таких периодов с высоким потреблением, когда обезвоживающая МВ установка 20 отключена.

Хотя в качестве примера использовалось МВ излучение, может использоваться и другое электромагнитное излучение. Электромагнитное излучение нагревает связанную влагу, заключенную внутри угольной частицы. Когда эта вода нагревается, результатом становится увеличение давления внутри угольной частицы, что служит силой, вытесняющей водяной пар из каждой угольной частицы. На пути к поверхности угольной частицы водяной пар может механически увлекать другую воду, заключенную

внутри частицы. Этот процесс может повышать температурную эффективность излучения, поскольку не вся связанная влага должна быть испарена для того, чтобы быть удаленной из частицы угля. В результате условиями процесса являются относительно низкие температуры и не вся вода, удаляемая из угля, находится в фазе пара. Жидкая вода может быть удалена с поверхности угля и из корпуса механическими средствами. Нагнетание воздуха или инертного газа 22 служит способом удаления излишней воды, но возможны и другие способы.

Испытания обезвоживания, результаты которых приводятся ниже, были проведены на низкосортном угле, таком как уголь из бассейна Powder River, с помощью высокочастотного электромагнитного излучения при умеренных условиях процесса. Они показали, что уровень связанной влаги может быть уменьшен от более чем 25% до 1-2%. Более того, испытания показали, что этот способ также подходит для высокосортных углей с начальным уровнем связанной влаги 6-10%, который может быть уменьшен даже до 1%. Также сушка угля с помощью ЭМИ показала возможность сохранять содержание летучих веществ, что является решающим показателем энергетической ценности угля и его способности быстро сгорать в котле. Способ обогащения твердого органического топлива с помощью ЭМИ имеет параметры, которые просты для контроля, такие как уровень излучения, время излучения, размер частиц и другое - эти факторы делают способ легким для контроля и оптимизации.

Определенное количество необогащенного угля из бассейна Powder River было перевезено в лабораторию в Хайфе, Израиль, для начальных испытаний. Образцы испытывались в бытовой микроволновой печи с рабочей мощностью 900 Вт и частотой 2450 МГц. В дополнение к обработанному углю, исследовался и образец необогащенного угля, в нижеследующей табл. 1 представлены результаты испытаний.

Таблица 1

Образцы:	Необогащенный (A)	B	C
МВ время (мин)		6,00	10,00
Исходная масса (г)		418,40	427,00
Итоговая масса (г)		346,80	336,30
Энергия (Вт-час)		90,00	150,00
Потеря массы (г)		71,60	90,70
Изменение массы в процентах		17,11%	21,24%
г/КВт-час		795,56	604,67
Короткие тонны/МВт-час		0,88	0,67
Лабораторный анализ:			
Связанная влага	25,30%	9,40%	1,80%
Зола	2,40%	3,00%	5,40%
Летучие компоненты	35,10%	41,00%	48,20%
Фиксированный уголь	37,20%	46,60%	44,60%
Общая сера	0,13%	0,16%	0,31%
Эффективность потери массы			
Исходное количество воды (г)		105,8552	108,031
Итоговое количество воды (г)		32,60	6,05
Потери воды (г)		73,26	101,98
Фактическая потеря массы (г)		71,60	90,70
МДж/кг	20,96	25,58	27,83
БТЕ (Британская тепловая единица)/фунт	9011,18	10997,40	11964,74

Из лабораторного анализа очевидно, что потеря массы, наблюдаемая во время физических испытаний, вызвана уменьшением количества связанной влаги угля;

обработанный уголь имеет отличающиеся составы благодаря тому, что вода была удалена, а общая масса образца уменьшена;

летучие компоненты не подверглись влиянию процесса, что является важным отличием от всех других процессов удаления связанной влаги из угля Powder River. Фактически, содержание летучих компонентов увеличилось пропорционально уменьшению связанной влаги.

Лабораторные результаты в вышеприведенной таблице показали, что сушка связанной влаги в угле Powder River не только возможна, но способ также является относительно эффективным. Более того, если способ осуществляется в течение периодов низкого потребления электричества, он также высокоэкономичен.

Нижеследующая табл. 2 суммирует эффективность процесса.

Таблица 2

Исходная температура:	60° F
Точка кипения:	212° F
Термодинамика:	
Энергия для нагревания 1,0 фунта воды	153,52 БТЕ
Энергия для доведения воды до кипения (скрытое тепло)	970,00 БТЕ
Суммарная энергия для нагрева и испарения 1,0 фунта воды	1123,52 БТЕ
Результаты испытаний	
Вариант В	
Количество испаренной воды	0,16 фунтов
Энергия для испарения	307,09 БТЕ
Суммарная энергия для нагрева и испарения 1,0 фунта воды	1909,17 БТЕ
Эффективность	58,8%
Вариант С	
Количество испаренной воды	0,225 фунтов
Энергия для испарения	511,82 БТЕ
Суммарная энергия для нагрева и испарения 1,0 фунта воды	2271,11 БТЕ
Эффективность	49,5%

Техника сушки связанной влаги угля с помощью электромагнитного излучения дает, по меньшей мере, следующие потенциально полезные результаты: способ является относительно простым и недорогим, осуществляется при низких давлении и температуре; малое время нахождения на установке ЭМИ, что дает возможность обработать большое количество угля непрерывным или полунепрерывным способом; способ обработки является экологически чистым; способ легко начать и завершить; малая площадь установки, пригодной для реализации на обычном предприятии; способ использует дешевую энергию для обогащения угля, используемого в течение периодов с высоким потреблением электроэнергии для производства дорогой электроэнергии; способ дает топливо, которое будет использовано через малое время, следовательно, устраняется проблема самовозгорания; способ осуществляется рядом с пылесистемой, следовательно, устраняются проблемы угольной пыли, и это решение хорошо интегрируется в весь процесс генерирования электроэнергии на предприятии.

Хотя представлено описание конкретной реализации, предусматривается, что могут быть сделаны различные изменения без выхода из рамок настоящего изобретения. Например, настоящий способ может быть модифицирован и применен для обогащения иных, чем уголь, видов твердого органического топлива. Способы согласно настоящему изобретению могут реализовываться на отдельном предприятии сушки топлива (не производящем электроэнергию), обогащенное твердое топливо может быть продано другим потребителям или может использоваться на других промышленных установках, таких как цементные печи, топки и т.д.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ регулирования электроэнергии, предназначенной для сбыта на рынке электроэнергии, где имеют место периоды с различным потреблением мощности, включающий

обогащение твердого органического топлива с помощью сушки электромагнитным излучением в течение периодов с низким потреблением указанной электроэнергии и утилизацию обогащенного твердого органического топлива.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанная утилизация включает одну или более из следующих операций: сжигание указанного обогащенного органического топлива для производства электроэнергии по меньшей мере в течение периодов с высоким потреблением, сжигание указанного обогащенного органического топлива в промышленном производстве, потребляющем тепло, или продажу указанного обогащенного органического топлива.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что применяется на предприятии, производящем электроэнергию, причем указанное обогащение осуществляют с помощью электроэнергии, произведенной тем же предприятием.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что дополнительно включает аккумулирование по меньшей мере части указанного обогащенного твердого органического топлива.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что указанная утилизация включает сжигание указанного обогащенного органического топлива для производства электроэнергии на том же предприятии, производящем электроэнергию, по меньшей мере, в течение периодов с высоким потреблением электроэнергии.

6. Способ по п.5, отличающийся тем, что количество указанного обогащенного и аккумулированного органического топлива, по меньшей мере, равно количеству, которое потребляется для производства электроэнергии на том же предприятии в течение периодов с высоким потреблением электроэнергии.

7. Способ по п.6, отличающийся тем, что среднее суточное количество указанного обогащенного и аккумулированного органического топлива, по меньшей мере, равно тому, которое потребляется в среднем ежесуточно для производства электроэнергии на том же предприятии, производящем электроэнергию.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанная сушка с помощью электромагнитного излучения включает уменьшение содержания связанной влаги в обогащенном органическом топливе на 50% или более.

9. Способ по п.1, отличающийся тем, что указанное твердое органическое топливо является одним или более из следующего: низкосортный уголь, нефтяной сланец, битуминозный песок.

10. Способ обогащения твердого органического топлива для сжигания в промышленном производстве, включающий сушку указанного твердого органического топлива с помощью электромагнитного излучения, причем указанную сушку с помощью электромагнитного излучения осуществляет первый потребитель энергии в том месте, где потребление электроэнергии из-за потребителей, отличных от первого, включает периоды с различным потреблением электроэнергии, причем указанную сушку с помощью электромагнитного излучения осуществляют в течение периодов с низким потреблением электроэнергии.

11. Система для производства энергии путем сжигания твердого органического топлива на предприятии, производящем электроэнергию, оснащенном устройствами для сжигания, включающая установку сушки с помощью электромагнитного излучения для обогащения твердого органического топлива, адаптированную для уменьшения уровня связанной влаги в обогащенном твердом органическом топливе на 50% или более, и средства транспортировки для подачи обогащенного твердого топлива в устройство для сжигания.

12. Система по п.11, дополнительно включающая средства для хранения, пригодные для аккумулирования обогащенного твердого органического топлива в количестве по меньшей мере, соизмеримом с суточным потреблением предприятия, производящего электроэнергию.

