

Утилизация отходящего тепла металлургических процессов

В.И. Бычков

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В данной статье рассмотрена современная проблема металлургической отрасли, связанная с малой эффективностью использования вторичных тепловых энергетических ресурсов. Выделены производственные технологические участки, на которых наблюдаются значительные тепловые выбросы и потери энергии. Рассмотрены причины появления этих потерь и выбросов и варианты для их минимизации. Описаны преимущества и недостатки технических решений, направленных на переработку отходящего тепла на участке охлаждения литейных форм. Предложено устройство, максимально исключающее недостатки предыдущих технических решений. Сделаны выводы о целесообразности решения заявленной проблемы.

Ключевые слова: *теплота, регенерация, рекуперация, техническое решение.*

В настоящее время существует проблема неэффективного использования вторичных энергетических ресурсов. Отходы предприятий (газы, пыль, тепловая энергия) загрязняют окружающую среду, что является в том числе результатом несовершенства технологических процессов производства. Следует искать и реализовывать технико-экономические решения для минимизации образования отходов и их переработки. Что касается отходящего тепла металлургических процессов, то его необходимо утилизировать с целью получения вторичной энергии для нужд производства.

В настоящее время, в производственно-конкурирующей среде проблема максимального использования вторичных энергетических ресурсов является значимой и актуальной. Кроме того, занимаясь изучением поставленной проблемы, можно прогнозировать увеличение экономических показателей предприятия, а занимаясь решением – реализовывать прогнозы в прибыль. Так, например, в цветной металлургии теплоту отходящих газов можно использовать для нагрева, поступающего в печь воздуха для сжигания топлива. Происходит экономия топлива, улучшается процесс его горения и производительность печи.

Следует отметить, что в металлургической области из всех вторичных энергетических ресурсов наиболее распространены тепловые энергоресурсы. Тепловые потери и выбросы очень часто наблюдаются в технологической цепочке изготовления отливок и зачастую, это приводит к снижению или торможению развития металлургической отрасли.

Так, значительные потери тепловой энергии расплавленного металла наблюдаются при длительной транспортировке чугуновозных ковшей от

доменной печи до электросталеплавильного цеха [3]. Продолжительность транспортировки определяет величину тепловых потерь. Длительная транспортировка ковшей обуславливается тем, что ковши в электросталеплавильный цех подаются с запасом. Делается это с той целью бесперебойной работы электросталеплавильной печи. Однако возникают простои из-за ожидания расходования чугуна предыдущего состава и соответственно пустых ковшей следующей партии выпуска чугуна из доменной печи. В итоге получается, что при средней продолжительности плавки, составляющей один час, суммарная продолжительность простоя чугуновозных ковшей составляет, как минимум четыре часа. Один ковш за этот период охлаждается в среднем на 550 – 650°C. К четырем часам стоит добавить время движения ковшей с чугуном от доменных печей до электросталеплавильного цеха, составляющее от 40 минут до одного часа. Таким образом, цикл движения чугуновозных ковшей составляет в среднем шесть часов.

Не стоит забывать тот факт что, транспортировка осуществляется без защиты зеркала металла, что увеличивает отдаваемое им количество теплоты. Всё это приводит к образованию шлаковых или металлических настывлей на стенках ковшей. В ходе чего происходит снижение эффективности использования чугуна при выплавке стали; увеличение потерь чугуна со скрапом, то есть остаток металла, образующийся в конце слива, представляет собой застывшие на стенках и днищах ковша зашлакованные отходы, которые отправляют на переплавку; увеличение затрат на ремонт ковшей. Также длительные простои приводят к серьёзному охлаждению футеровки ковшей. Вследствие этого остаточный застывший в объёме ковша металл образует горловинные и донные «козлы». Тем самым сокращается стойкость ковшей по наливам. При норме в 300 наливов ковши выдерживают только 120, а количество образующего скрапа ковшей составляет более 5000 тонн в месяц. Постепенный рост остаточного металла ковша создаёт трудности для слива чугуна из ковша, приводя к образованию донных «козлов». Таким образом, это приводит к ощутимому увеличению веса пустого ковша. Снижается ёмкость ковша и уменьшается объём его заполнения, по сравнению с его номинальной вместимостью. Ковши раньше положенного срока выходят из эксплуатации и отправляются в ремонт с целью удаления из них остаточного затвердевшего металла выбивкой. При этом удаляется не только металл, но и футеровка, что приводит к высокому расходу огнеупорных материалов и нарушению геометрических размеров ковша, который в дальнейшем становится непригодным для футеровки [4].

Решение проблемы в этом случае сводится к внедрению стационарного миксера, который обеспечивает бесперебойную подачу чугуна в сталеплавильную печь. В нём происходит усреднение химического состава расплава, снижаются потери тепла и время пребывания чугуна в ковшах, снижается длительность простоев пустых порожних ковшей, что ведет к снижению образования горловинных и донных настывлей и сокращению выхода из строя ковшей. В результате температура заливаемого в печь чугуна повышается, что сокращает расход электроэнергии на выплавку стали.

Ещё одним участком в технологической цепочке изготовления отливок, где наблюдаются значительные потери тепловой энергии, является участок охлаждения литейных форм. Зачастую, отходящая теплота от отливок не представляет никакого интереса для энергетиков, поэтому она просто удаляется в атмосферу, загрязняя тем самым окружающую среду. Кроме того ухудшаются и становятся неблагоприятными условия труда персонала. Персонал участка испытывает дискомфорт за счёт повышенного температурного фона и, как следствие, снижается работоспособность, результатом которой может быть увеличение производственных ошибок, возрастание количества брака. Поэтому возникает потребность в снижении тепловых выбросов в атмосферу от охлаждающихся литейных форм.

Традиционно применяют рекуперацию и регенерацию тепла. Их суть заключается в повторном использовании отходящей теплоты литейных форм. В каждом процессе используется теплообменник, в который поступает тепло от нагретого объекта, в данном случае объектом является литейная форма. Одна часть теплообменника подвергается нагреву, а другая охлаждению. Внутри теплообменника находится термочувствительное рабочее тело, которое совершает работу за счёт разности температур на концах теплообменника. В зависимости от того, как поступает теплота в теплообменник, непрерывно или переменным, различают устройства рекуперации и регенерации тепла. Но все они работают по схожему принципу: конвертируют тепло в механическую и/или электрическую энергию.

Применение рекуперации и регенерации тепла не всегда представляется целесообразным и экономически оправданным мероприятием. Трудности могут возникнуть при монтаже такого оборудования, ведь необходимо учитывать габариты литейных форм, особенно, если на производстве большая номенклатура изготавливаемых отливок и формы различаются большим размахом по геометрическим размерам. В условиях массового производства, где литейные формы, залитые на конвейер, движутся через специальные тоннели охлаждения, применение рекуперации и регенерации экономически нецелесообразно. Ведь для этого необходимо отказываться от традиционного охлаждения отливок в тоннелях и разрабатывать и применять передвижные комплексы для этого оборудования, которые требуют дополнительных затрат и занимают некоторую производственную площадь.

Техническое решение на основе рекуперации и регенерации в самом общем смысле должно состоять в применении оборудования отбора тепла от охлаждающейся литейной формы, переработке этого тепла и выдаче результата переработки в виде полезной работы.

Устройства преобразования тепловой энергии достаточно распространены и известны. Однако не все из них можно интегрировать и применить к конкретному случаю. Многие варианты и компоновки существующих устройств попросту не применимы либо нуждаются в серьёзных изменениях и доработке, чтобы соответствовать предъявляемым к ним требованиям. Опишем общие недостатки и преимущества таких устройств. Отметим, что устройства преобразования тепловой энергии имеют

термочувствительное рабочее тело, и принцип работы заключается в периодическом нагреве и охлаждении этого тела. За счёт перепада температур рабочее тело совершает движение по замкнутому контуру, тем самым совершая полезную работу.

В паросиловых установках преобразования паровой энергии в механическую преобразование энергии осуществляется за счёт испарения жидкого рабочего тела. Испарившееся жидкое тело представляет собой пар, который подаётся в рабочую камеру установки. Там он, совершив работу, он отводится в конденсатор. Для увеличения энергетического эффекта жидкое рабочее тело предварительно сжимают и подогревают. Недостатком такого технического решения является отсутствие рекуперации тепловой энергии в процессе повторного испарения отведенного в конденсатор пара. В результате неполной переработки сконденсированного пара КПД установки оказывается невысокой. Из преимуществ следует выделить простоту и компактность устройства.

В следующем техническом решении применяется газообразный теплопоглотитель и жидкий теплоноситель. В соответствии с технологией работы этой установки газообразный теплопоглотитель сжимают в рабочей камере поршнем, затем, нагретый до температуры, превышающей температуру газообразного теплопоглотителя в конце сжатия, теплоноситель впрыскивают в рабочую камеру. Тепловая энергия теплоносителя отдаётся газообразному теплопоглотителю. В результате чего совершается работа. Происходит преобразование тепловой энергии в механическую работу. Преимуществом данного технического решения по сравнению с первым является повышенный энергетический эффект. Из недостатков выделим то, что для сжатия газообразного теплопоглотителя необходимо затратить энергию. А для нагрева теплоносителя в техническом решении применяется автономный источник теплоты, который нагревает теплоноситель за счёт выделяющейся теплоты сжигаемого топлива. Это связано с дополнительными финансовыми затратами, а за счёт выделения продуктов сгорания это отрицательно сказывается на экологическом фоне окружающей среды [1].

Устранить недостатки предыдущих устройств можно при помощи следующего технического решения, в котором тепловая энергия для подогрева жидкого теплоносителя добывается из объектов-нагревателей окружающей среды (тепловые котлы, охлаждающиеся литейные формы и другие), а не за счёт теплоты сгорания какого-либо вида топлива. Высокий КПД процесса достигается за счёт того, что кроме поглощения тепла жидким поглотителем от теплоносителя, дополнительно поглощается тепло газообразным рабочим телом. Отработанное рабочее тело удаляется за пределы рабочей камеры в виде воздуха или азота и выпускается в атмосферу. Таким образом, экологические характеристики этого устройства выше других аналогичных [2].

К общим недостаткам устройств, имеющих термочувствительное рабочее тело, можно отнести конструктивную сложность, включающую несколько составных элементов, сборочных узлов, что усложняет обслуживание оборудования. Импульсность получения механической энергии, которая

снижает эффективность использования тепла и как следствие устройство имеет низкий коэффициент полезного действия по сравнению с устройствами с получением непрерывной механической энергии. В масштабах производства необходимо применять более массовое, конструктивно простое и недорогое в обслуживании устройство.

Автором предлагается техническое устройство, устраняющее большинство описанных выше недостатков, рис. 1.

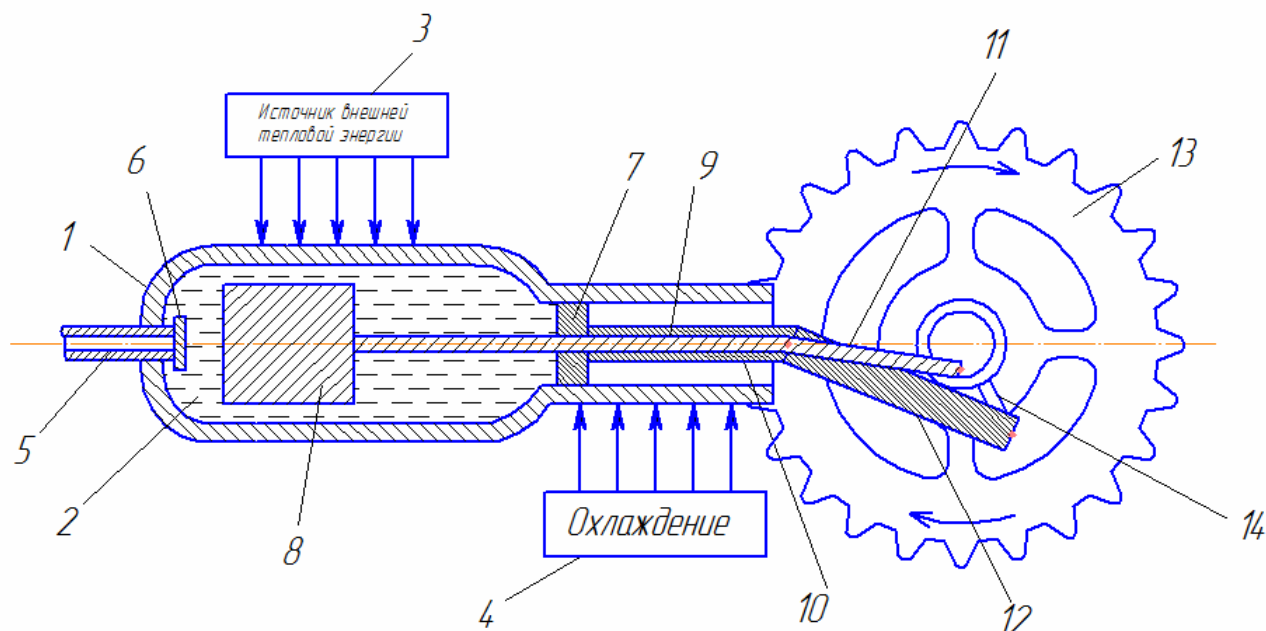


Рис. 1 – Схема установки

Принцип работы установки следующий: через трубопровод 5 и клапан 6 подаётся в сосуд 1 жидкое термочувствительное рабочее тело 2. Источник внешней тепловой энергии 3 нагревает рабочее тело 2. Создаваемое давление толкает рабочий поршень 7 со штоком 10 вправо. При помощи шатуна 12 рабочего поршня происходит вращение коленчатого вала 14, который в свою очередь приводит во вращение маховик 13 (вытеснительный поршень 8 неплотно прилегает к стенкам). Маховик 13 получает вращение, толкает влево вытеснительный поршень 8 через шатун 11 и шток 9, тем самым перемещая горячее рабочее тело 2 из левой части в правую. Источник охлаждения 4 охлаждает рабочее тело 2. Тем самым оно сжимается. Рабочий поршень 7 перемещается влево. Вытеснительный поршень 8 перемещается вправо, тем самым перемещая охлаждённое рабочее тело 2 в левую часть. Далее цикл повторяется.

Цикл работы устройства состоит из четырёх фаз и разделён двумя переходными фазами: нагрев, расширение, переход к источнику холода, охлаждение, сжатие и переход к источнику тепла. Полезная работа в устройстве зависит от разницы температур нагревателя и охладителя.

Применение данной установок в действующем производстве, по мнению автора, будет способствовать развитию энергосберегающих технологий,

которые являются одним из важных приоритетов политики многих предприятий, работающих в сфере производства.

Библиографический список

1. Патент РФ № 2166103 F01K25/04 Способ преобразования тепловой энергии в механическую работу и устройство для его осуществления / Романовский В.Ф., Романовская А.М. 2001 Бюл. № 12

2. Патент РФ № 2189496 F03G7/06 Способ преобразования тепловой энергии в механическую работу и устройство для его осуществления / Романовский В.Ф. 2002 Бюл. № 26

3. Телегин А.С. Тепломассоперенос: Учебное пособие для вузов по направлению "Металлургия" и специальности "Теплофизика, автоматизация и экология тепловых агрегатов в металлургии" / Телегин А.С., Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г. – М.: Металлургия, 1995. – 400с.

4. ТИ 13657842 – СК.ДЭС – 2013. Передача жидкого чугуна от доменных печей ОАО «Уральская Сталь». Новотроицк: ОАО «Уральская Сталь», 2013. – 12с.