

нормальных мартенов новыми прямоточными сталеплавильными печами — парогенераторами с кислородным дутьём. Принятый в качестве примерного объекта завод выпускает в год $1,5 \cdot 10^6$ т проката и работает на кривокожской руде и донецком топливе. Вся сталь выплавляется в пламенных печах с содержанием в шихте 80% жидкого чугуна и 20% скрапа. Годовая производительность сталеплавильного цеха составляет $1,8 \cdot 10^6$ т, что соответствует 12 печам садкой 185—200 т и часовой производительности цеха 250 т.

Основываясь на приведённом выше материале, действительная экономия топлива при замене нормальных мартенов кислородными печами — парогенераторами, может быть в указанных условиях оценена равной $0,48 \cdot 10^6$ ккал, или 0,07 т условного топлива на 1 т выплавленной стали. Это соответствует годовой экономии по сталеплавильному цеху порядка 125 000 т топлива.

Одновременно с этим печи — парогенераторы, вырабатывающие в час 300—400 т пара, практически исключают отдельную котельную со сложным топочно-котельным оборудованием из состава заводского энергохозяйства, строящегося при этом на основе

комбинированного использования тепла технологического топлива.

* * *

Суммируя результаты изложенного, приходим к следующим заключительным выводам.

1. Радикальное решение задачи энергетической модернизации пламенных сталеплавильных печей даёт вариант прямоточной печи — парогенератора, питаемого воздухом, обогащённым кислородом с оптимальной концентрацией последнего порядка 50%.

2. В прямоточной печи — парогенераторе, прогрессивная тенденция комбинированной выработки продукции технологической и энергетической находит наиболее полное законченное выражение, открывающее широкие перспективы экономии топлива, дефицитных материалов, а также повышения технологической производительности печи.

3. Ближайшим и совершенно необходимым этапом реализации сталеплавильного агрегата нового типа является сооружение всестороннее металлургическое и теплоэнергетическое исследования полупромышленного его образца в условиях производственной эксплуатации.

ПРИМЕНЕНИЕ КИСЛОРОДА В МАРТЕНОВСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ*)

Проф. К. Г. ТРУБИН

Целесообразность применения кислорода в мартеновском производстве ясна далеко не во всех случаях практики и часто служит объектом дискуссий. Остановимся на возможных выгодах использования кислорода с точки зрения теплотехники и производительности сталеплавильного агрегата. Отсутствие надлежаще проведённых опытов как в отечественной, так и в зарубежной практике вынуждает ограничиться лишь соображениями самого общего характера. В каких же случаях применение кислорода или обогащённого им воздуха даст бесспорный экономический эффект?

Газ малой теплотворной способности как топливо мартеновских печей

Значительное количество мартеновских печей в СССР работает на газе низкой теплотворной способности (генераторный газ из сырых дров, торфа, из тощего каменного угля). Обогащение кислородом воздуха, потребного для сжигания такого газа, повысит тепловую мощность печей, а следовательно, и их производительность. Это относится преимущественно к заводам малой металлургии и потребует лишь небольших конструктивных изменений металлургических агрегатов.

Применяя кислород на заводах с полным металлургическим циклом, можно будет обеспечить работу мартеновских печей на ко-

*) Свод докладов на заседании Технического совета Главкислорода при СНК СССР 30 мая 1944 г.

лопниковом газе вместо смешанного или коксовального газа, а последний использовать в производстве синтетического аммиака. Возможен и другой вариант применения кислорода и, по видимому, ещё более целесообразный. Он состоит в использовании кислорода для газификации, а также в доменном процессе. Это позволит питать мартеновские печи газом повышенной калорийности.

Применение кислорода для мартеновских печей, работающих на пылевидном топливе

Препятствием к применению пылевидного топлива для мартеновских печей является быстрое зашлакование насадок регенераторов золой каменноугольной пыли. Использование кислорода позволяет отказаться от регенерации тепла и применить для сталеварения прямоточную печь.

Обогащённый воздух для сжигания пылевидного топлива, как показывают теоретические подсчёты, позволяет получить в рабочем пространстве печи необходимые температуры без регенерации тепла. Переход от регенеративной печи к прямоточной связан, несомненно, с увеличением относительного расхода горючего на тонну стали и обязывает поэтому использовать печь не только как сталеплавильный агрегат, но и как энергетический с использованием тепла отходящих газов.

Существенным недостатком пылевидного низкосортного угля является загрязнение печного шлака золой и серой топлива и нарушение в связи с этим шлакового режима процесса. Требуется специальные исследования, чтобы найти средства борьбы с этим явлением.

Использование кислорода для печей, работающих на высококалорийном горючем

Мартеновские печи, работающие на мазуте, каменноугольной смоле, коксовальном газе и других видах высококалорийного топлива, имеют упрощённую конструкцию, в частности, одну пару регенераторов. Применение обогащённого воздуха может позволить полностью отказаться от регенерации. Таким образом, конструкция печи станет ещё проще, но потребуются обязательное использование тепла отходящих газов в котлах-утилизаторах. Однако, это мероприятие может оправдать себя экономически лишь при значительном увеличении производительности печи.

На основании более чем скромных опытов, произведённых на заводах «Серп и Молот» и «Красное Сормово» ещё в 1932 г., мы знаем, что обогащение воздуха кислородом в печах, работающих на мазуте, приводит к увеличению производительности печи. Периоды завалки и плавления шихты, для которых повышенные температуры рабочего пространства печи имеет особо важное значение, могут быть сокращены. Указанные опыты производились в печах малого тоннажа (4 и 10 т), обогащение воздуха кислородом доходило до 25—38%, причём было достигнуто заметное увеличение производительности печи.

В настоящее время наши заводы имеют значительно больше скрапа, чем чугуна. Поэтому они используют карбюраторный вариант ведения скрап-процесса. Нельзя сомневаться в том, что применение кислорода в этом процессе даст значительный технико-экономический эффект. Реализация этого мероприятия не потребует сложных подготовительных операций или конструктивных изменений в печи. Основной недостаток карбюраторного процесса — его повышенная длительность — будет при этом устранён.

Расчётные данные, относящиеся к рассматриваемому процессу, для 5-тонной мартеновской печи, отапливаемой мазутом, показывают, что уже при обогащении воздуха кислородом до 31% можно отказаться от воздушных регенераторов, не понижая при этом температуры горения мазута в рабочем пространстве печи. Расход кислорода для печи указанного тоннажа составит около 5 м³ в минуту. Повышенный расход мазута (0,23 кг вместо 0,16 кг на 1 кг стали) должен компенсироваться выходом пара из котла-утилизатора.

Работа сталеплавильных печей на смешанном газе

Очень часто мартеновские печи работают на смешанном газе. В этих случаях сильное сужение газового пролёта в связи с высокой выходной скоростью газа создаёт ненормальный режим работы регенеративных камер: перегрев воздушной насадки и недостаточный нагрев газовой. Есть полное основание полагать, что применение подогретого воздуха, обогащённого кислородом, позволит вести работу мартеновской печи на холодном смешанном газе. Таким образом, отмеченный выше недостаток печи будет устранён полностью.

Обогащение дутья кислородом позволит работать на смешанном газе при более низких температурах газа и воздуха. Теплотехнические подсчёты, произведённые для данного случая, привели к следующим результатам. При обогащении воздуха кислородом до 30—40% теплосодержание продуктов горения достигает обычной величины уже при более низких температурах подогрева газа и воздуха. Что же касается величины теплоотдачи, отнесённой к 1000 ккал теплотворной способности горючего, то она значительно понижается по сравнению с достигаемой в обычных условиях горения при подогреве газа и воздуха. Это обстоятельство приводит к выводу, что относительный расход горючего будет превосходить обычные нормы мартеновского производства, даже если учесть некоторое сокращение длительности плавки.

Получение высоких коэффициентов теплосодержания продуктов горения при значительно более низких степенях подогрева газа и обогащённого воздуха или одного обогащённого воздуха позволит в ряде случаев перейти полностью или частично от регенеративной мартеновской печи к прямоточной. При этом продукты горения должны использоваться в паровом котле. Количество полученного пара с избытком покроет расход энергии на производство кислорода.

Влияние обогащённого воздуха на качество стали

Высказываемые нередко опасения за качество стали, полученной на обогащённом кислородом воздухе, не имеют достаточных оснований. Наоборот, следует ожидать выявления некоторых технологических преимуществ при работе с кислородом. Так, например, по предположению некоторых иностранных исследователей при работе на пылевидном угле является возможность такой регулировки количества пыли, воздуха и кислорода, при которой сжигание углерода можно будет вести исключительно на окись углерода и получать при этом необходимые температуры. Благодаря отсутствию в газовой среде CO_2 , O_2 и незначительному содержанию H_2O возможно будет интенсифицировать восстановительные процессы и приблизить ход процесса к электросталеплавильному.

Нет сомнений, что применение кислорода в мартеновском производстве поставит нас перед целым рядом трудностей. Эти трудности нам придётся преодолевать путём систе-

матической экспериментальной работы. Однако, можно с уверенностью сказать, что затраченные на это силы и средства компенсируются с избытком выгодами, не поддающимися пока количественному учёту.

ОБСУЖДЕНИЕ

Акад. А. В. Винтер (НКЭС СССР): Проблему комбинированного производства металла и пара можно разрешить только путём практической проверки приведённых здесь теоретических расчётов и проектов. Нужно построить и испытать сталеплавильную печь, работающую на кислородном дутье и снабжённую паровым котлом. Ведущая роль в этой работе должна принадлежать металлургам. Каким бы заманчивым процесс ни был и какие бы он ни сулил выгоды в отношении выработки паровой энергии, он себя не оправдает, если окажется слишком неудобным или сложным для металлургии. Металлурги должны так регулировать работу печи, чтобы обеспечить не только максимальное количество получаемого металла, но и его высокое качество.

Итак, за металлургами сохраняется полная свобода маневрирования, а энергетики будут играть роль подчинённую, используя только тепловые отходы печи. Задача энергетиков в предстоящих опытах — выяснить характеристику работы агрегата как парогенератора: будет ли установка пульсировать или вообще будет работать с пониженной производительностью, можно ли будет включить её энергетическую продукцию в общую сеть и т. д. Для проведения опытов вполне достаточно небольшая печь, рассчитанная на 2—4 т стали.

Инж. С. В. Кафтанов: Применение кислорода для мартеновских печей будет выгодно только при условии комбинации сталеплавильного производства с производством пара. Целесообразно применять кислород лишь в новых, специально для этого построенных печах. Перевод старых мартенов на обогащённое дутье потребует их коренной реконструкции, если мы не хотим ограничиться только небольшой степенью обогащения дутья кислородом.

Парокотельные цехи металлургических заводов используют в настоящее время штыб и другие виды низкосортного топлива. Это топливо может найти применение в другом месте, так как работа мартеновских печей на кислородном дутье и наличие парогенерато-

ров обеспечат завод паром без затраты энергетического топлива.

В результате применения кислорода сталеплавильные печи смогут работать на бедном газе. Сейчас мы вынуждены строить наши коксовые заводы рядом с металлургическими для того, чтобы обогащать доменный газ коксовальным. Перевод печей на кислородное дутьё даст нам возможность ограничиться только доменным газом. Высококачественный коксовальный газ мы сможем целиком передать химической промышленности для производства синтетического аммиака и т. д.

Перечисленные преимущества кислородного дутья, безусловно, оправдывают затраты на опытные работы. Необходимо построить сталеплавильную печь полузаводского масштаба, опробовать все её параметры, подобрать кладку, установить режим и уточнить баланс процесса.

Инж. В. А. Голубцов (НКЭС СССР): Кислород, несомненно, найдёт широкое применение в комплексных процессах. Одним из таких процессов является объединение в одном агрегате сталеплавильной печи и парового котла. При этом пар будет вырабатываться на тепловых отходах мартеновской печи в полном соответствии с режимом металлургического производства.

Благодаря ускорению процессов в мартеновской печи в период завалки и плавления шихты будет обеспечено увеличение производительности, по крайней мере, на 15%. Все остальные стадии мартеновского процесса можно будет вести на обычно принятых температурах. Варьируя количество кислорода в дутье, всегда можно держать температуру в плавильной камере на необходимом уровне.

Установка парогенератора и правильное использование тепловых отходов мартеновской печи обеспечат возможность получить большое количество дополнительной энергии и замкнуть таким образом тепловой процесс металлургического завода.

Инж. И. В. Орлов (Гипромез НКЧМ): Мартеновскую печь можно рассматривать, с одной стороны, как нагревательный прибор, а с другой — как агрегат, в котором осуществляются определённые металлургические процессы. Докладчик рассматривал здесь мартеновскую печь как теплотехнический агрегат, не принимая при этом во внимание протекающих в ней металлургических процессов. Должен сказать, что теплотехнические показатели не имеют самодовлеющего значения для мартеновской печи. Печь предназна-

чена прежде всего для осуществления металлургических процессов. Нужно приложить все усилия к тому, чтобы интенсифицировать физико-химические процессы, протекающие в ванне, повысив этим производительность сталеплавильного агрегата и тем самым улучшив его КПД, который в настоящее время значительно выше названной докладчиком цифры 0,11. Одним из средств интенсификации процесса является повышение температур в плавильном пространстве. Однако, возможность повышения температур в печи лимитируется отсутствием высокоогнеупорных материалов. Мы и сейчас имеем средства для повышения температурного уровня в плавильной камере. Однако, над нами тяготеет забота, как бы не сжечь свод. Поэтому металлурги как в нашей стране, так и за границей, настойчиво ищут новых огнеупорных материалов. Уже освоено производство хромо-магнезитовых огнеупоров, которые внедряются в промышленность. К сожалению, пока они не оправдывают целиком тех надежд, которые с ними связывались. Всё же, когда мы будем располагать хромо-магнезитовыми огнеупорами, мы сможем повысить температуру в плавильном пространстве. При обсуждении проблемы применения кислорода для мартеновских печей мы прежде всего столкнёмся с влиянием этого фактора.

Необходимо также остановиться на вопросе о качестве топлива для комплексного агрегата. Докладчик предполагает отапливать прямоточную мартеновскую печь смешанным газом — теплотворной способностью 2000 ккал/м³, причём расход его на тонну стали удваивается по сравнению с современными нормами. Это поведёт к расходуванки наиболее ценного в топливном балансе завода топлива — коксового газа — на энергетические нужды, где может применяться наиболее низкосортное топливо. Если кислородное дутьё позволит перевести мартеновские печи на бедный газ — до чистого доменного включительно, это будет большим улучшением энергетического баланса завода.

Предложение использовать кислород для интенсификации мартеновского процесса путём повышения температур в плавильном пространстве является несомненно интересным, но гораздо больший интерес представило бы применение кислорода как острого орудия непосредственного воздействия на физико-химические процессы в ванне. Это позволит устранить основные противоречия в конструкции мартеновской печи, в которой ванна изолирована от газовой среды слоем

шлака, а основной окисляющий реагент вводится в малоактивной форме кусковой руды.

Акад. Б. Е. Веденеев. Комбинирование мартеновского процесса и производства пара, безусловно, заслуживает большого внимания. Сейчас мы вынуждены завозить энергетическое топливо на металлургические заводы. В условиях комбинированного производства металлургический завод сможет

иметь замкнутый энергетический баланс и покрыть потребность в паре без затраты дополнительного топлива. Это составляет существенное преимущество такого комбинированного хозяйства. Необходимо в самом ближайшем времени произвести экспериментальные работы на небольшой опытной установке, обеспечивающей одновременное получение металла и пара.

ПОЛУЧЕНИЕ КРЕМНЕ-АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ СПОСОБОМ НА КИСЛОРОДНОМ ДУТЬЕ*)

Кандидат техн. наук В. В. КОНДАКОВ

Кандидат технических наук Вадим Всеволодович Кондаков одним из первых в СССР занялся изучением вопросов применения кислорода в металлургии. В 1931 г. он начал опыты по доменной плавке на кислородном дутье и доказал принципиальную возможность этого процесса. В настоящее время В. В. Кондаков является главным инженером бюро по применению кислорода в чёрной металлургии.

Промышленное производство металлического алюминия существует всего несколько десятилетий. Однако, несмотря на это, алюминий успел занять одно из важнейших мест в ряду основных материалов, которыми пользуется современная техника. Диапазон областей применения алюминия в виде металла, и, в особенности, в виде самых разнообразных сплавов чрезвычайно велик. Сложнейшие технические конструкции, приборы и аппараты, предметы обихода и тысячи других изделий производятся из алюминия. Поэтому изучение новых, экономически эффективных путей получения этого ценного металла, позволяющих расширить объём промышленного производства лёгких сплавов, является одной из самых актуальных проблем.

Благодаря высокой химической активности, большому сродству алюминия к кислороду и высокому количеству свободной энергии, выделяющейся при окислении алюминия, получение его в металлическом виде весьма затруднительно. Только высокие температуры электрических печей позволили создать промышленное производство алюминия.

В настоящее время стала реальной возможность экономичного получения кислорода в количествах, позволяющих применять его в промышленных масштабах для процессов горения. При этом удаётся получать высокие температуры, которые до сего времени были достижимы только с помощью вольтовой дуги. Этим открываются широкие возможности в осуществлении ряда новых технологических процессов, в частности, процессов получения металлов и сплавов пирометаллургическим способом взамен электрометаллургического. Особенно интересным и перспективным представляется способ получения алюминия и его сплавов в обычных тепловых металлургических аппаратах, в которых требуемые для процесса температуры достигаются сжиганием твёрдого топлива за счёт обогащённого кислородом дутья.

Не встречаясь в природе в чистом виде, алюминий весьма распространён в виде различных соединений, главным образом с кислородом и кремнием, с которыми он составляет большую часть массы земной коры. Верхний слой земной коры, толщиной в 16 км (считая от условной земной поверхности), содержит 7,51% алюминия и 4,70% железа. Таким образом, распространённость алюминия в при-

*) Доклад на заседании Технического совета Главкислорода при СНК СССР 8 февраля 1944 г.