

УДК 669.051

Г. М. Дружинин¹, Л. А. Зайнуллин¹, М. Д. Казяев², Н. А. Спириин²,
Ю. Г. Ярошенко², М. В. Губинский³

¹ ОАО «Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники» (ВНИИМТ),
г. Екатеринбург, Россия

² ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
Институт материаловедения и металлургии,
кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии»,
г. Екатеринбург, Россия,

³ Национальная металлургическая академия Украины,
кафедра промышленной теплоэнергетики, г. Днепропетровск, Украина

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСОЭНЕГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Аннотация

Рассмотрены проблемы энергоэффективности и ресурсосбережения в черной металлургии. Основное внимание уделено резервам энергосбережения в доменном производстве и в нагревательных и термических печах металлургических предприятий.

Ключевые слова: энергоэффективность, ресурсосбережение, черная металлургия.

Abstract

The study describes the problems of energetic efficiency and resource conservation in ferrous metallurgy. Focus is made on energy conservation reserves in blast furnaces and heating and thermal furnaces of metallurgical enterprises.

Keywords: energy efficiency, resource conservation, ferrous metallurgy.

Основной причиной высокой энергоемкости (по сравнению с зарубежными странами) промышленной продукции являются энергоемкие и, по современным стандартам, устаревшие технологии и, соответственно, технологические и тепловые агрегаты, в т. ч. для получения э/энергии и тепла. Сам вывод является не новым, но при этом, по различным причинам, все кампании по энергосбережению направлены почему-то на решение только организационно-правовых вопросов. В этой связи и термин «энергосбережение» стал обозначать с некоторых пор самостоятельное научно-техническое направление вне всякой связи с технологией, процессом, агрегатом. Энергосбережение в промышленном производстве связано, по большому счету, с технологией процесса, и заниматься энергосбережением – значит заниматься снижением затрат энергии любого вида на осуществление конкретного технологического процесса в конкретном технологическом или тепловом агрегате.

Значительное сокращение энергоемкости металлопродукции может быть достигнуто только за счет внедрения передовых малоэнергоемких металлургических технологий. В силу

© Дружинин Г. М., Зайнуллин Л. А., Казяев М. Д., Спириин Н. А., Ярошенко Ю. Г., Губинский М. В., 2014

различных субъективных и объективных причин металлургическая промышленность развитых стран еще в 50–60 годы прошлого столетия пошла по пути интенсивного снижения энергоемкости продукции за счет применения современных малоэнергоемких технологий, в т. ч. созданных в нашей стране (непрерывная разливка стали, испарительное охлаждение и др.).

Сегодня металлургический комплекс России потребляет 30 % производимой электроэнергии, 25 % добываемого природного газа, 10 % нефти и нефтепродуктов. Удельный расход топлива на 1 т проката в России выше на 25,0 % , чем в Японии и на 37,5 % выше, чем в странах ЕС. Это связано как с использованием морально устаревших технологий и физически изношенной, выработавшей свой ресурс техники, так и с низким уровнем внедрения научных достижений в области энергосбережения и использования внутренних вторичных ресурсов.

Главная цель развития металлургической промышленности России – преобразование ее в динамично развивающуюся, высокотехнологичную и конкурентоспособную отрасль, интегрированную в мировую металлургию в рамках международного разделения труда [1]. Для достижения указанной цели главными задачами являются:

- техническое перевооружение действующего производства;
- внедрение современных энерго- и ресурсосберегающих экологически безопасных технологий.

Развитие отечественной металлургии в XXI веке происходит в новых условиях [2]:

1. Практически сформировались рынки сырья и топлива. Импорт сырья для производства металлов и экспорт продукции стал повсеместным явлением отечественной металлургии.

2. В мире наблюдается сокращение, а для некоторых регионов исчезновение месторождений чистых по примесям руд.

3. Изменения экологических систем в России, которые неизбежно приведут к смене приоритетов в технологической деятельности. Производительность, как главный приоритет в плановой экономике, уступит свое место ресурс- и энергосбережению. Возрастут требования к экологической чистоте металлургического производства.

4. В ближайшие годы следует ожидать сокращения использования в металлургии природного газа.

5. В XXI веке вряд ли можно прогнозировать рост масштабов производства черных металлов альтернативными способами. На протяжении последних 20 лет доля черных металлов, производимых внедоменным путем в мире, не превышала 5–6 %.

Факторами, лимитирующими развитие черной металлургии в большинстве стран, в том числе и России, в настоящее время являются дефицит природных и энергетических ресурсов и загрязнение окружающей среды [3–4].

Сложные, энергоемкие, высокотемпературные, зачастую быстропротекающие процессы, повышенные требования к экологической безопасности технологий и агрегатов требуют проведения детального как предпроектного математического моделирования этих процессов, так и создания математических моделей реального времени для автоматизированных систем управления. Разработка новых технологий, математическое моделирование процессов возможны лишь на основе дальнейшего развития теории теплообменных процессов с учетом специфики пирометаллургических технологий.

Остановимся более подробно на двух основных потребителях топлива и энергии в черной металлургии: доменном производстве и печном хозяйстве прокатных и термических цехов, потребляющих до 80 % топлива в черной металлургии России.

Резервы отечественного доменного производства

Среди переделов современной черной металлургии доменное производство остается самым энергоемким, на его долю приходится 50 % используемого в черной металлургии топлива. Одна из главных задач совершенствования доменного производства – сокращение расхода кокса – основного энергоносителя [5–9].

Основными направлениями развития мирового доменного производства в XXI веке являются минимизация расхода природных ресурсов и негативного влияния на окружающую среду за счет [5–9]:

- *технического оснащения доменных печей.* Новыми высокоэффективными российскими техническими разработками, превышающими мировой уровень являются воздухонагреватели Калугина и загрузочное устройство с роторным распределителем шихты. Отечественные доменные печи оснащены в основном устаревшими двухконусными загрузочными устройствами. Замена их на бесконусные лотковые и роторные загрузочные устройства обеспечивает рост производства и экономию кокса 5–6%.

- *снижения энергозатрат на выплавку чугуна.* Температура дутья находится на уровне 1100–1150 °С. При применении воздухонагревателей конструкции Калугина (г. Екатеринбург) температура дутья может быть увеличена до 1400 °С, что позволит сократить расход кокса и повысить производительность печей на 5–8 %. Отечественный воздухонагреватель Калугина, по сравнению с лучшими зарубежными воздухонагревателями, имеет меньшую материалоемкость, в десятки раз меньшее содержание СО в отходящих газах. В настоящее время в мире эксплуатируется 109 таких воздухонагревателей и 45 строится и проектируется. Как правило, для выработки электроэнергии не используются (за исключением ОАО «Северсталь» и ОАО «НТМК») энергия сжатого доменного газа, теплота дымовых газов воздухонагревателей, система испарительного охлаждения с выработкой пара технологических параметров, современная сухая очистка от пыли доменного газа и аспирационных отсосов.

- *разработки инновационных технологий, расширяющих использование низкосортных руд, некоксуемых и слабококсуемых углей и отходов.* Основным энергоносителем, замещающим 15–20 % кокса в России, является природный газ, цена которого непрерывно увеличивается и может достичь критического значения 0,7–0,8 от цены кокса за 1000 м³. В этих условиях использовать природный газ становится экономически невыгодным.

Снижение стоимости чугуна может быть достигнуто за счет использования более дешевых энергоносителей и, в частности, за счет подачи в доменные печи пылеугольного топлива. Большинство доменных печей за рубежом работает с вдуванием пылеугольного топлива (в среднем 150 кг/т чугуна, а на лучших заводах – до 240 кг/т чугуна), в первую очередь это – Япония и Западная Европа. Как свидетельствует мировой опыт, при использовании пылеугольного топлива уже в настоящее время достигается экономия топлива 20–30 %, а в перспективе эта экономия может достичь 40–50 %.

Не осуществляется в полной мере рециклинг железосодержащих отходов и др. Объективными факторами более высоких энергетических затрат в черной металлургии России являются низкое содержание железа в руде, повышенные затраты на ее обогащение и получение товарного концентрата. Так, среднее содержание железа в добываемой руде в России со-

ставляет 36 %, Бразилии – 58 %, Индии – 61 %, ЮАР – 62 %, Австралии – 64 %. В связи с этим особое внимание следует уделять утилизации отходов на предприятиях черной металлургии: окалины, сухой пыли и шлама газоочисток технологических газов, аспирационного воздуха. Полной переработке подлежат все текущие шлаки доменного, сталеплавильного и ферросплавного производств, выход которых составляет более 30 млн т/год. Все текущие и отвальные железосодержащие отходы следует полностью использовать в производстве, при этом мощности по переработке отходов должны быть рассчитаны на ликвидацию отвалов в течение 15 лет, что исключит загрязнение почвы и бассейнов рек тяжелыми металлами. Использование всех текущих и отвальных железо-углеродсодержащих отходов позволит сократить затраты на добычу, обогащение и транспортировку первородного железорудного сырья, исключить загрязнение почвы и бассейнов рек оксидами тяжелых металлов и другими вредными веществами.

- *внедрения современных информационно-моделирующих систем для максимального приближения управления доменным производством к автоматизированному.* Отечественный и зарубежный опыт убедительно доказывает, что развитие предприятий металлургического комплекса, его техническое перевооружение, решение проблем качества и конкурентоспособности металлопродукции на мировом рынке требуют коренного совершенствования систем сбора, хранения, обработки, передачи и использования информации, применяемых как для управления технологическими процессами, так и для управления производством в целом. Период экономического финансового кризиса характеризуется нестабильным спросом на металлопродукцию, изменением условий снабжения предприятий железорудными материалами и коксом, а также изменением цен на сырье и железнодорожные тарифы. В период кризиса условия работы доменных цехов существенно изменились. Эти изменения привели к необходимости частых перешихтовок, периодических остановок и переводу печей на тихий ход. Следует отметить, что анализ состояния вопроса по реально используемым математическим моделям в практике технологии ведения доменной плавки показывает: в настоящее время разрыв между потенциальными возможностями средств автоматизации и реальными возможностями используемого программного обеспечения огромен. В связи с этим следует выделить научные и технические проблемы, первостепенными из которых являются [10]:

- использование современных достижений в области математического моделирования, моделирования знаний, распознавания образов, теории и практики доменной плавки, теории управления при разработке автоматизированных систем управления;

- разработка на основе современных принципов соответствующего математического, алгоритмического и программного обеспечения;

- создание интегрированных интеллектуальных компьютерных систем поддержки принятия решений для управления как доменной печью, так и комплексом доменных печей цеха в целом.

Решение этих проблем возможно только при наличии финансовых средств, интеграции интеллектуальных ресурсов вузов, НИИ, проектных институтов и металлургических предприятий.

Резервы энергосбережения в печном хозяйстве

В настоящее время в России наблюдается «революционный бум» по переводу сталеплавильного комплекса на новые технологии. Получение новых профилей литых заготовок в машинах непрерывного литья большой производительности требует совершенствования технологии нагрева металла и коренного технического перевооружения нагревательных и термических печей, парк которых исчисляется тысячами единиц на заводах России. Для примера укажем количество нагревательных и термических печей только некоторых заводов: НТМК ~20 печей, УВЗ ~400, УЗТМ ~150, ВСМПО ~200, ЧМК ~350, СинТЗ ~300, КУМЗ ~100. Нагревательные и термические печи Уральского региона обеспечивают работу прокатного и прессового комплексов заводов, а также выполняют функцию, так называемого, четвертого передела – термическую обработку готовой продукции, от которой зависит качество выпускаемых металлических изделий. В XXI век российская промышленность вошла с парком печей, спроектированных и построенных в 40–60 гг. прошлого столетия. В настоящее время конструкции этих печей физически и морально устарели. На ежегодные капитальные ремонты требуются огромные затраты. К примеру, на капитальный ремонт только одной роликовой печи для нагрева листа перед прокаткой стана «1700» Челябинского металлургического комбината необходимо примерно 21 млн. рублей.

Проблемы, требующие решений при модернизации печей сводятся к следующим [11–13]:

1. Большинство печей выполнены по старой «кирпичной» технологии. Это означает, что огнеупорная кладка представляет огромный массив, требующий больших затрат тепла на ее нагрев, для чего расходуется значительное количество топлива и электроэнергии.

2. Использование на печах устаревших топливосжигающих устройств, не имеющих индивидуальных автоматических систем, обеспечивающих гибкое управление процессом сжигания газа. Некачественное сжигание топлива приводит к его перерасходу и к загрязнению вредными выбросами окружающей среды.

3. Высокотемпературные печи зачастую не имеют аппаратов для подогрева воздуха, подаваемого для горения топлива, а если и имеют, то использование тепла уходящих из печи продуктов горения находится на низком уровне, обеспечивающем подогрев воздуха только до 200–300 °С.

4. Большинство печей не имеют комплексной автоматизации управления тепловым режимом, который ведется вручную и полностью зависит от «человеческого фактора». На некоторых тепловых агрегатах существует система автоматического управления, но она оснащена аппаратурой, разработанной в 50–70 гг. годах прошлого века.

Отмеченные проблемы свидетельствуют о том, что отечественные тепловые агрегаты на сегодняшний день работают с большими удельными расходами топлива. Для примера, методические нагревательные печи, осуществляющие нагрев слябов и блюмов перед прокаткой, работают с удельным расходом топлива в пределах 80–100 кг у. т. /т проката, в то же время работа зарубежных аналогичных печей осуществляется с удельными расходами 40–50 кг у. т. / т проката.

Отдельные направления модернизации печей сводятся к следующим:

- Замена кирпичной кладки на футеровку из современных теплоизоляционных и огнеупорных керамоволокнистых материалов. Основное их преимущество проявляется через хо-

рошие теплоизоляционные свойства. Плотность стандартных кирпичных огнеупоров составляет 1300–2100 кг/м³, а плотность волокнистых материалов – 120–200 кг/м³. Применение этих материалов позволяет снизить потери тепла теплопроводностью через футеровку и с аккумуляцией на 25–30 %, что обеспечивает экономию топлива до 15 %.

- Увеличение степени использования тепла уходящих газов непосредственно в агрегате, применение современных топливосжигающих устройств. Качественное сжигание газа при интенсификации теплообмена в рабочем пространстве печей способно повысить производительность и равномерность нагрева металла. Интенсификация теплообмена возможна, прежде всего, за счет увеличения скорости движения газов в рабочем пространстве печей. Существующие устаревшие горелки обеспечивают скорости факелов 20–40 м/с. Новые конструкции скоростных горелок создают скорости порядка 150–200 м/с. Конструктивные особенности этих горелок обеспечивают сжигание газа по ступенчатому принципу, что позволяет резко увеличить скорости истечения продуктов горения из горелок и снизить вредные выбросы СО и NO_x. Современные скоростные горелки являются автоматизированными конструкциями с индивидуальным управлением розжигом, контролем пламени и расходом газа и воздуха. Эти конструкции горелок могут оснащаться теплообменными аппаратами, встроенными непосредственно в корпус горелки, что позволяет поднять температуру подогрева воздуха горения до 600–900 °С. Практика применения таких горелок показала возможность экономии топлива от 30 до 50 %, с одновременным увеличением производительности печей на 20 % и снижением вредных выбросов ниже самых жестких норм предельно-допустимых концентраций.

- Внедрение комплексной многоуровневой системы автоматического управления тепловыми режимами печей с использованием логических контроллеров обеспечивает полное устранение «человеческого фактора» в управлении тепловым агрегатом. Это позволяет дополнительно экономить до 10–15 % топлива.

- Замена дорогостоящих видов топлива (кокса, мазута, пропан-бутана, электроэнергии) на более дешевые в России природный газ, каменный уголь, а также сбросные газы, сжигаемые в настоящее время на «свечах».

Актуальная проблема – замена устаревшего оборудования, может быть комплексно и эффективно решена при модернизации существующих нагревательных печей и при строительстве новых тепловых агрегатов. Ряд уральских заводов уже приступили к комплексной модернизации печного парка, это, прежде всего, НТМК, ЧМК, ВСМПО, КУМЗ.

Выводы

1. Все энергетические программы должны быть направлены, в первую очередь, не на обеспечение роста производства энергоресурсов, а на их экономное и рациональное использование. Для этого должны быть созданы соответствующие механизмы и условия, которые в настоящее время отсутствуют или практически не работают.

2. Опыт последних 20 лет показал, что ежегодный рост тарифов на первичные энергоносители (природный газ, уголь, нефтепродукты, электроэнергию из системы РАО «ЕЭС России») и транспорт, увеличение налогов на выбросы и складирование вредных отходов приводят только к соответствующему росту цен на металлопродукцию, не побуждают вести модернизацию.

цию производства и внедрять мероприятия по использованию вторичных ресурсов и энергосбережению.

3. Для внедрения мероприятий по использованию внутренних ресурсо-экологических резервов и по энергосбережению требуются крупные финансовые затраты, и их реализацию следовало бы проводить при активном осуществлении государством стимулирующих и контрольных функций.

4. На государственном уровне следует обязать компании (ООО, ОАО, АК, холдинги и пр.):

- разработать на период до 2020 г. план технического перевооружения предприятий;
- выполнить мониторинг источников выбросов вредных и парниковых газов, накопленных и текущих техногенных отходов производства и вторичных энергетических ресурсов;
- определить потребность в сырье и энергетических ресурсах, исходя из условий использования техногенных отходов и вторичных ресурсов;
- разработать планы мероприятий по максимально возможному снижению выбросов до 2020 г.;
- определить потребность в инвестициях на эти цели и сроки реализации инновационных проектов и ресурсосберегающих мероприятий;
- установить госконтроль за осуществлением плановых мероприятий в согласованные сроки и с целевым расходованием средств.

5. Проведение энергосберегающей политики в области пирометаллургии, разработка и реализация энерго- и экологосберегающих технологий и агрегатов возможны только на основе теоретических представлений, базирующихся на фундаментальных науках, таких как математика, теплофизика, термодинамика и гидродинамика. В связи с этим одной из важнейших задач, решаемых научной школой металлургов-теплотехников, является развитие теплофизики процессов, теории тепломассообмена применительно к металлургическим технологиям, поэтому на государственном уровне следует заинтересовать компании в реальной поддержке отечественных ведущих научных школ в области ресурсо-энергосбережения в промышленности (в металлургии, в частности). В противном случае не только развитие, но и сохранение отечественных ведущих научных школ, а также подготовка необходимого квалифицированного научного и инженерно-технического и производственного персонала, способного решать проблемы ресурсо- и энергосбережения в России, станет проблематичным.

Список использованных источников

1. Стратегия развития металлургической промышленности Российской Федерации на период до 2020 года. Приказ Министра промышленности и энергетики Российской Федерации 18.03.2009 года, № 150.
2. Лисин В. С. Стратегические ориентиры экономического развития черной металлургии в современных условиях. М.: Экономика, 2005. 404 с.
3. Юзов О. В., Седых А. М., Афонин С. З. Экономические показатели и проблемы развития черной металлургии России // Черная металлургия: бюл. Ин-та «Черметинформация». 2005. № 4. С. 3–11.
4. Юзов О. В., Седых А. М., Афонин С. З. Тенденции изменения экономических показателей развития черной металлургии России // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2008. № 2. С. 67–73.
5. Юсфин Ю. С. Основные направления ресурсосбережения в доменном производстве и его влияние на окружающую среду // Сталь. 2010. № 4. С. 12–13.
6. Юсфин Ю. С. Металлургия чугуна / под ред. Ю. С. Юсфина. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. 774 с.
7. Савчук Н. А., Курунов И. Ф. Доменное производство на рубеже XXI века. М.: ОА «Черметинформация», 2000. 42 с.
8. Курунов И. Ф. Доменное производство в Китае, Японии, Северной Америке, Западной Европе и России // Металлург. 2010. № 2. С. 69–77.
9. Ярошенко Ю. Г., Гордон Я. М., Ходоровская И. Ю. Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии черной металлургии. Екатеринбург: ОАО «УИПЦ», 2012. 670 с.
10. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки металлургии // Н. А. Спирина, В. В. Лавров, В. Ю. Рыболовлев и др.; под ред. Н. А. Спирина. Екатеринбург: УрФУ, 2011. 462 с.
11. Казяев М. Д., Казяев Д. М., Вохмяков А. М. Современные направления энергосбережения в нагревательных печах: труды IV Международного конгресса «Новые направления в области теплотехнического строительства. Конструкции, технологии, материалы. Энергосбережение, экология и промышленная безопасность» (Москва. 27–28 марта 2013 г.). С. 40–60.
12. Дружинин Г. М., Лошкарев Н. Б., Ашихмин А. А. и др. Эффективность регенеративной системы отопления нагревательной печи // Сталь. 2010. № 3. С. 71–74.
13. Основы методологии модернизации конструкций и режимов работы нагревательных и термических печей: сб. докладов научно-технической конференции / Г. М. Дружинин, М. Р. Барташ, В. А. Леонтьев, А. П. Мартынов. Екатеринбург: ОАО «ВНИИМТ», 2010. 366 с.