

ПРИМЕНЕНИЕ В УКРАИНЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ С ВДУВАНИЕМ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Изложен опыт применения на металлургических заводах Украины технологии доменной плавки с вдуванием пылеугольного топлива (ПУТ), направления исследований в этой области. Показано, что для успешного и эффективного применения технологии доменной плавки с использованием ПУТ в Украине необходимо ускорить замену ДП малого и среднего объема печами большого объема и оснащение их бесконусными загрузочными устройствами.

доменная печь, пылеугольное топливо, исследования, реализация

В послевоенные годы в мире началось активное восстановление и обновление оборудования доменных печей, строительство печей большого объема, впервые построенных и освоенных в Украине и России по инициативе ученых ИЧМ. Перед учеными и технологами-доменщиками одной из важных задач было уменьшение расхода кокса всеми возможными способами, в том числе путем вдувания в доменную печь природного газа или пылеугольного топлива (ПУТ). Технология доменной плавки с вдуванием природного газа активно развивалась и применялась в СССР, а технология плавки с применением ПУТ наиболее активно развивалась в европейских странах и в Японии.

Первые опыты по вдуванию пылеугольного топлива в доменную печь были проведены в 1948 году на доменной печи объемом 427 м³ завода им. Дзержинского в Днепродзержинске под руководством профессора В.И. Логинова [1]. Подготовленная угольная пыль подвозилась к печи в цистернах, откуда перекачивалась в циклон, вмещавший 13–14 тонн пыли. Пыль подавалась в печь через форсунки, установленные в четырех из девяти фурм. При одновременной работе трех форсунок максимальная подача ПУТ достигала 7 т/час. Поскольку цистерна опорожнялась в течение 30–60 мин., то непрерывная подача пыли в печь длилась не более одного часа. В результате опытов установлена возможность и целесообразность вдувания ПУТ в доменную печь, достигнута скорость вдувания в горн печи до 20 т/час. Показано, что вдувание угольной пыли в количестве 5–6% общего расхода кокса позволяет уменьшить последний примерно на такую же величину. При вдувании угольной пыли с содержанием золы 16–18% и 1,7–3% серы, качество чугуна не ухудшилось.

В 1966 году на заводе «Запорожсталь» была построена разработанная по технологическому заданию ИЧМ и проекту Укргипромеза *первая* в Украине установка для вдувания пылеугольного топлива в горн доменной печи № 3 объемом 1300 м³ (инициатором и руководителем этих разработок был академик З.И. Некрасов) [2]. Угольная пыль подавалась от системы пылеприготовления одного из котлов ТЭЦ. Пылеугольное топливо

фракции менее 0,088 мм подается двухкамерным пневмонасосом по двум пылепроводам в циклоны осадительных устройств, где ПУТ отделяется от транспортирующего воздуха, и далее к распределительным устройствам у доменной печи, откуда направляется к шестнадцати фурмам доменной печи. При испытаниях было обнаружено неравномерное распределение ПУТ по окружности доменной печи, что потребовало усовершенствования системы распределения топлива по фурмам [3].

В 1967 г. в английском журнале [4] опубликована статья о применении ПУТ как будущего источника энергии для производства чугуна, где указано, что первыми установили возможность использования углей в доменной плавке ученые СССР. К началу 1966 г. с вдуванием ПУТ в мире работали 8 ДП – одна в СССР, 4 в США, 2 во Франции и одна в Англии.

В 1978 году З.И. Некрасовым с сотрудниками ИЧМ опубликованы результаты исследований и совершенствования технологии доменной плавки при использовании ПУТ, природного газа и обогащенного кислородом дутья [2,3]. Показано, что при вдувании ПУТ до 70 кг на тонну чугуна коэффициент замены кокса составил 0,88 кг/кг. Трехлетняя промышленная эксплуатация установки ИЧМ для вдувания ПУТ подтвердила надежность в работе и обеспечение подачи угольной пыли в горн доменной печи в пределах от 40 до 200 т/сутки.

В 1980 году завершено строительство на Донецком метзаводе промышленной установки для вдувания ПУТ в доменные печи № 1 и № 2 ДМЗ. Применение этих установок позволило в 2002–2010 годах обеспечить выплавку чугуна с вдуванием ПУТ 120 кг/т чугуна, уменьшить расход кокса с 550 до 420 кг/т, и расход природного газа на 80%. Это достигнуто путем улучшения качества кокса и использования концентрата угля марки «П» для вдувания в горн ПУТ. Применение кокса улучшенного качества позволило на ДП-2 ДМЗ увеличить расход ПУТ до 165–170 кг/т чугуна без вдувания природного газа при применении ПУТ из 70% углей марки «П» и 30% углей марки «Г». Следует заметить, что опыт вдувания ПУТ накоплен на доменных печах Донецкого МЗ малого объема около 1000 м³, оснащенных конусными загрузочными устройствами, с ограниченными возможностями управления распределением шихты и газов по радиусу печей. Видимо по этой причине в работах С.Л. Ярошевского и др. [5,6] вопросы управления распределением шихты и газов по сечению печи не рассматриваются. В то же время в зарубежных странах освоение технологии плавки с применением ПУТ ведется на печах большего объема, оснащенных бесконусными загрузочными устройствами, что существенно увеличивает возможности управления процессом.

В работе [6] выполнен анализ опыта применения ПУТ на Донецком металлургическом заводе и металлургических заводах Европы, Китая и Украины в 1980–2009 гг. показано, что хотя первый патент на доменную плавку с применением ПУТ был выдан еще в 1831 г., первые исследова-

ния, опыты и реализация технологии начались только в шестидесятых годах прошлого столетия. Представлены технологические требования к качеству шихтовых материалов и углей для вдувания пыли в ДП, показано, что для эффективного использования ПУТ необходимо применение высококачественного кокса, увеличение температуры дутья и обогащения его кислородом. Недостатком представленных в работах [5 и 6] материалов разработок и рекомендаций является их жесткая привязка к условиям работы доменных печей малого объема, оснащенных конусными ЗУ, что затрудняет их использование и распространение на других заводах Украины.

В 2010 г. на Алчевском меткомбинате введены в эксплуатацию установки для вдувания ПУТ на доменных печах № 1 объемом 3000 м³, оснащенной лотковым БЗУ и № 5 объемом 1719 м³ с конусным ЗУ, продолжается строительство новой доменной печи объемом 4440 м³, которая будет оснащена бесконусным ЗУ с лотковым распределителем и установкой для вдувания ПУТ. Оценка первого опыта освоения технологии плавки с вдуванием ПУТ на ДП № 1 и № 5 АМК показала, что ДП № 5 меньшего объема с конусным ЗУ работает более стабильно при расходе ПУТ 137 кг на тонну и большем расходе кокса высокого качества 421,9 кг/т чугуна, а ДП-1 большего объема, оснащенная БЗУ, работает с расходом ПУТ 160 кг/т и расходом кокса худшего качества 396,7 кг/т, но с недостаточно стабильным выполнением плана по производству чугуна на уровне 95,2%. Это подтверждает необходимость анализа и совершенствования технологии плавки при вдувании ПУТ на ДП-1 и ДП-5. Здесь следует реализовать новые более совершенные приемы контроля и управления распределением шихты, газов и тепла по сечению и высоте доменной печи.

Для успешного освоения технологии доменной плавки с применением пылеугольного топлива на металлургических заводах Украины, кроме совершенствования шихтовых условий и выбора углей для пылевдувания, необходимо разрабатывать приемы управления тепловым состоянием доменной плавки в горне и по всей высоте печи, средства контроля и способы управления распределением шихты и газов в доменных печах различного объема, оснащенных современными загрузочными устройствами [7,8].

Важнейшим перспективным направлением развития и совершенствования доменного производства является разработанное и реализованное учеными ИЧМ на доменных печах Украины и России строительство доменных печей большого объема (ДП-9 Криворожстали, ДП-5 Северстали и ДП-6 НЛМК) и оснащение их современными бесконусными загрузочными устройствами [9]. Наиболее активно и оперативно это направление развития и повышения экономической эффективности доменного производства было реализовано в Японии [10], где с 1965 до 1991 года средний объем доменных печей увеличен с 1000 м³ до 3000 м³, а максимальный объем с 2000 м³ до 5700 м³. При этом практически все новые доменные

печи оснащались бесконусными загрузочными устройствами, установками для вдувания ПУТ и современными средствами контроля процесса плавки. В результате радикального изменения объема доменных печей и уменьшения их количества с 70 до 40, удельная выплавка чугуна на одного работающего в доменном производстве Японии увеличилась с 500 т/чел. в год до 1600 т/чел. Это направление активно реализуется в Германии и других странах, его реализацию необходимо активизировать на Украине. Следует обратить внимание на то обстоятельство, что радикальное уменьшение количества доменных печей существенно влияет на количество установок для вдувания ПУТ и на численность персонала в доменных цехах. По этим соображениям принятый в Японии и Европе стратегический подход к модернизации и совершенствованию оборудования доменных цехов с целью уменьшения энергетических и трудовых затрат, утилизации отходящих газов, тепла и шлаков, по нашему мнению, наиболее эффективен и целесообразен [7–10].

За последние 20–30 лет количество имеющихся доменных печей (39 ДП) в Украине практически остается неизменным, а в эксплуатации в 2009 году находились 33 доменные печи с общим полезным объемом 55908 м³, из которых 6 ДП оснащены БЗУ, а 4 ДП находились на капитальном ремонте. Одной из важнейших задач металлургов Украины является увеличение внутреннего потребления металлопродукции [11], для чего необходимо получать высококачественную отечественную конечную продукцию.

В ИЧМ наряду с исследованиями и совершенствованием технологии доменной плавки с использованием ПУТ ведутся разработки и исследования по применению альтернативных энергосберегающих технологий с использованием других энергоносителей [13].

В 2011 году введена в эксплуатацию новая доменная печь № 3 на Енакиевском металлургическом заводе объемом 1719 м³, оснащенная лотковым БЗУ фирмы П.Вюрт, на которой предусмотрено применение ПУТ. Сопровождение освоения этой печи начиная с проведения предпусковых исследований, обоснования и применения рациональных программ загрузки и технологического режима плавки, обеспечения ровного хода печи, уменьшения расхода топлива и тепловых потерь осуществляется учеными ИЧМ в сотрудничестве со специалистами доменного цеха.

Изложенное позволяет сформулировать следующие задачи, требующие оперативного решения учеными и специалистами доменщиками, а также опытно-экспериментальной проверки приемов вдувания ПУТ, обеспечения полного сгорания частиц пыли, выбора рациональных режимов дутья, распределения шихтовых материалов и газового потока по сечению печи. Для эффективного и обоснованного решения главной задачи – уменьшения расхода кокса и природного газа при обеспечении стабильной и высокопроизводительной работы доменных печей – необходимо

активизировать новые разработки и обеспечить их реализацию на доменных печах Украины. С этой целью необходимо выполнить следующие исследования и разработки, опирающиеся на имеющиеся в ИЧМ научные знания и опыт их реализации на доменных печах различного объема, оснащенных современным оборудованием и новыми средствами автоматизированного контроля параметров плавки и распределения шихты и газов [7–13]:

1. Изучить влияние режимов вдувания ПУТ на изменение параметров плавки, целесообразность использования природного газа в ограниченном объеме, металлодобавок, пара, других компонентов. Исследовать влияние режимов работы печи на изменение параметров плавки и распределение газов по сечению и высоте шахты доменной печи, что необходимо для создания и реализации технологии выплавки чугуна с применением ПУТ и меньшим расходом дорогостоящих энергоносителей.

2. Оценить необходимость и особенности управления газовым потоком, в том числе интенсивностью движения газов в осевой и периферийной зонах печи.

3. Выполнить сравнительный анализ особенностей работы доменных печей различного объема с вдуванием ПУТ, оснащенных бесконусными и конусными загрузочными устройствами при близких шихтовых условиях и различной интенсивности вдувания ПУТ.

4. Определить целесообразную величину дополнительного тепла и кислорода, необходимых для интенсификации горения частиц ПУТ и организации стабильных условий работы горна доменной печи.

5. Выбрать рациональный состав и объем средств контроля и управления, необходимых для обеспечения стабильного и эффективного процесса плавки с применением ПУТ.

6. Для успешного и эффективного применения технологии доменной плавки с использованием ПУТ в Украине необходимо ускорить замену ДП малого и среднего объема печами большого объема, оснащенными бесконусными ЗУ.

7. Продолжить исследования и разработки других энергосберегающих технологий, обеспечивающих уменьшение расхода кокса и природного газа [13]

Заключение

Представлен анализ отечественного и зарубежного опыта применения пылеугольного топлива с целью замещения дефицитных дорогостоящих энергоносителей в производстве чугуна и уменьшения его стоимости. Показано, что наиболее целесообразный путь уменьшения энергетических и других производственных затрат состоит в строительстве доменных печей большого объема, оснащении их бесконусными загрузочными устройствами, оборудованием для вдувания пылеугольного топлива и современными средствами контроля процесса плавки. Выполнение учеными ИЧМ

комплекса теоретических и прикладных исследований позволит обеспечить применение на отечественных металлургических заводах экономически эффективной технологии доменной плавки с использованием пылеугольного топлива и других энергоносителей.

1. *Вдувание* пылеугольного топлива в горн доменной печи / В.И. Логинов, Г.Г. Орешкин, И.Г. Половченко и др. // *Сталь*. 1956, № 8. – С. 675–682.
2. *Усовершенствование* оборудования установки для вдувания пылеугольного топлива в горн доменной печи / З.И. Некрасов, Я.М. Ободан, Ю.А. Приходько и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 1970, № 6. – С. 1–5.
3. *Работа* доменной печи при совместном применении природного газа, пылеугольного топлива и обогащенного кислородом дутья. / З.И. Некрасов, Л.Д. Юпко, П.Я. Мухин и др. // Сб. «Интенсификация процессов доменной плавки и освоение печей большого объема». Тематический отраслевой сборник № 4. М., Металлургия. 1978. – С. 22–29.
4. *Future Sources of Energy For Ironman king* / W.C. Sieghardt, H.E. Harris, C.S. Finney // *Blast Furnace and Steel Plant*. 09.1967. P. 809-815.
5. *Ярошевский С.Л.* Выплавка чугуна с применением пылеугольного топлива. / М.: Металлургия, 1988. – 176 с.
6. *Эффективность* и перспективы пылеугольной технологии выплавки чугуна в ЗАО «Донецксталь» металлургический завод / С.Л. Ярошевский, А.В. Емченко и др. // Бюл. «Черная металлургия». 2010, № 5. – С. 37–45.
7. *Большаков В.И.* Технология высокоэффективной энергосберегающей доменной плавки. / К.: Наука думка, 2007. – 412 с.
8. *Использование* информации профилемера для выбора управляющих воздействий на ход доменной плавки / В.И. Большаков, И.Г. Муравьева и др. // Бюл. Черная металлургия. –2006. – Вып.5. – С.29–34.
9. *Большаков В.И.* Современные тенденции развития доменного производства / *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 2006. – № 2. – С. 6–12.
10. *Большаков В.И.* Динамичное развитие технологии и оборудования доменного производства Японии / *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 2006. – № 6. – С. 10–13.
11. *Технический* уровень и научное сопровождение металлургической отрасли Украины / В.И. Большаков, Л.Г. Тубольцев, А.Ф. Гринев // *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 2011. – № 2. – С. 1–6.
12. *Плискановский С.Т., Большаков В.И.* Достижения и перспективы развития доменного производства / *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 2011. – № 4. – С. 4–8.
13. *Альтернативные* коксосберегающие технологии – перспектива развития доменного производства / И.Г. Товаровский, В.И. Большаков, В.П. Лялюк // *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 2011. – № 2. – С. 10–13.

*Статья рекомендована к печати
д.т.н.И.Г.Товаровским*

В.І.Большаков

Застосування в Україні технології доменної плавки з вдуванням пиловугільного палива.

Представлено досвід застосування на металургійних заводах України технології доменної плавки з вдуванням пиловугільного палива (ПВП), напрямки досліджень в цій області. Показано, що для ефективного застосування технології доменної плавки з використанням ПВП необхідно прискорити заміну доменних печей малого та середнього діаметру печами великого об'єму та обладнання їх безконусними завантажувальними пристроями.