**Введение.**

Доменная плавка как процесс и доменная печь как агрегат сформировались в конце средневековья и последние 500-600 лет не изменили своей сущности, сохранив следующие особенности: непрерывный характер процесса, шахтный принцип конструкции, противоточное движение шихты и газа (шихта движется вниз, а нагретые газы и продукты сгорания поднимаются вверх), наличие в одном агрегате зон твердого, пластичного и жидкого состояния, значительный диапазон температур (от 20 до 3500 °С).

Температура в нижней зоне может достигать 2400°С. При такой температуре сгорает все органическое и химическое с образованием летучих оксидов и газов. Но домна устроена так, что ни те ни другие в атмосферу не попадают. Стало быть, домна, что бы в ней ни сжигалось, окружающую среду не загрязняет и представляется идеальным "котлом" для сжигания и полного уничтожения и твердых, и жидких отравляющих веществ.

Нужно сказать, что идея сжигания отравляющих веществ не нова. В девяностые годы только в России запатентованы десятки разных способов и устройств. Например, предлагалось сжигать ОВ в отработанных нефтяных и газовых скважинах, подавая в них вместе с отравой горючее и окислитель, при том под солидным давлением. Способ экологически чист, но требуются глубокие и, главное, прочные скважины. Кроме того, заполнить скважину твердыми ОВ весьма проблематично. Вот и получается, что нет для этого дела ничего лучше домны.

**Отходы народного хозяйства в доменной плавке.**

До недавнего времени достаточно молодая отрасль переработки твердых бытовых отходов и отсчитывающая не одно тысячелетие черная металлургия сосуществовали параллельно и не пересекались. Стремительное развитие первой привело к появлению новых технологий и новых материалов из вторичных ресурсов, зачастую эффективно заменяющих традиционные. В настоящее время существует множество технических возможностей переработать отходы бумаги, полимеров, резины и т.д.

На начало 1999 года на предприятиях различных отраслей промышленности накопилось около 1500 млн. тонн токсичных отходов производства и потребления. Ежегодно на предприятиях Российской Федерации образуется около 90 млн. тонн токсичных промышленных отходов (ПО), из которых 87 млн. тонн относятся к III и IV классам опасности. Количество отходов потребления, или твердых бытовых отходов (ТБО), ежегодно возрастает в России на 30 млн. тонн.

В 1999 году предприятиями использовано в собственном производстве около 40 млн. тонн (40%) и полностью обезврежено 9 млн. тонн (10%) от общего количества образовавшихся за год отходов. Остальные отходы переданы на полигоны для захоронения.

Развитие черной металлургии всегда было тесно связано с использованием собственных отходов или отходов смежных отраслей. Металлургия является отраслью, полностью перерабатывающей отходы потребления из черных металлов, замыкая таким образом их жизненный цикл. Как отмечает профессор Московского института стали и сплавов Ю.С. Юсфин, «с переработки стального лома в мартеновских печах, конвертерах, а затем и в электропечах началась эра промышленного рециклинга».

В последние годы вовлечение металлургических агрегатов в переработку различных видов отходов наблюдается во всем мире. Металлурги разных стран мира, начиная со второй половины ХХ века, предлагают и успешно реализуют идеи утилизации в высокотемпературных металлургических агрегатах различных горючих компонентов ТБО. Это обусловлено тем, что ни один мусоросжигатель не может конкурировать с такими высокотемпературными металлургическими агрегатами как кислородный конвертер или доменная печь по условиям обезвреживания токсичных отходов, включающим температуру до 2500 – 2700 °С, активную окислительную или восстановительную атмосферу, интенсивный тепло – и массообмен, наличие высокоактивных основных шлаков, связывающих негорючий остаток от сжигания отходов и переводящий его в остеклованный шлак. В таких условиях практически невозможно образование диоксинов. Диокси́ны — это группа полихлорированных полициклических соединений, состоит из сотен веществ близкого строения, одно из самых токсичных синтетических соединений. Кроме этого, мощные металлургические агрегаты оснащены полным набором оборудования для улавливания и очистки выделяющихся газов, а также имеют замкнутую систему водоснабжения.

Наиболее перспективным считается использование пластмассовых отходов (кроме ПВХ) в доменном производстве. Отходы пластмасс проявляют восстановительные свойства и при этом не образуются диоксины. Смешанные отходы пластмасс используются при выплавке стали путем вдувания отходов в доменные печи, т.е. происходит вдувание твердых гранулированных или измельченных отходов пластмасс (Япония, Германия). При этом уничтожаются отходы и используется их теплота горения. Более простым способом является инжекция через фурмы жидкостей, в частности электротехнических (совол, совтол), основу которых составляют полихлорбифенилы (ПХБ). В процессе их производства появляются микропримеси, а при их горении диоксины образуются в чрезвычайно опасных количествах. Это подтверждено последствиями пожаров силовых подстанций. Поэтому в настоящее время ПХБ-материалы выводятся из эксплуатации, и проблема их уничтожения стоит очень остро.

Эксперименты по уничтожению жидких ПХБ-отходов вдуванием в доменную печь с успехом проводятся на НЛМК.

Известно, что металлургические компании Германии и Японии уже более 10 лет перерабатывают отходы пластмасс.

Германская фирма «Stahlwerke Bremen GmbH» перерабатывает в доменных печах свыше 70 тыс. т. в год отходов пластмасс. Регулярный мониторинг выбросов в атмосферу показал, что количество выбросов пыли, SO2 и NOx при использовании пластмасс находится существенно ниже уровня предельно допустимых выбросов. В выбрасываемых в атмосферу газах были обнаружены следовые концентрации диоксинов – менее 0,001 нг/м3, что более чем в 100 раз ниже уровня ПДК диоксинов в атмосферном воздухе, составляющего в Германии 0,1 нг /м3. Фирма «Eko-Stahl» в г. Айзенхюттенштадт вдувает отходы пластмасс в доменные печи с 1996 г. с устойчивым расходом 30-60 кг/т чугуна.

В Японии использование отходов пластмасс в доменных печах ведется с 1993 г. Металлургическая компания «Ниппон Кокан» в г. Кейхане более 10 лет вдувает отходы пластмасс в доменную печь объемом 4907 м3 с расходом до 200 кг/т чугуна, в 2004 г. на переработку на металлургический комбинат было направлено около 20 % муниципальных отходов. По мнению руководителей компании, металлургические предприятия, расположенные вблизи крупных городов, находятся в зоне образования большой массы отходов и их уникальные технологические возможности должны быть использованы для их утилизации. В настоящее время система рециклинга пластмасс, разработанная этой компанией, широко используется другими японскими металлургическими предприятиями, поддерживающими международный стандарт ISO 14001. В состав типичных пластмассовых отходов, утилизируемых в доменных печах, входят офисное оборудование, бутылки и контейнеры, пленка и др. В настоящее время Япония приближается к уровню 1 млн. т в год отходов пластмасс, перерабатываемых в доменных печах, что составляет 10 % от уровня их ежегодного образования.

В России разработки в области переработки отходов в черной металлургии традиционно ведутся государственными техническими университетами – Московским институтом стали и сплавов (МИСИС), Сибирским государственным индустриальным университетом (СибГИУ) и др. Учеными МИСИС разработан ряд технологий переработки отходов пластмасс, отработанных масел и других видов отходов в доменных печах. Проведенные исследования с использованием метода математического моделирования при помощи программ IVTANThermo, позволяющих рассчитать равновесное состояние сложных систем в условиях металлургических агрегатов, показали, что в условиях доменной печи концентрация диоксинов и фуранов составляет менее 10-30 %. На основании полученных результатов учеными МИСИС сделан вывод о том, что появление в отходящих газах доменной печи суперэкотоксикантов (фуранов, диоксинов, HCN, COS и др.) при вдувании в печь пластмасс исключено.

Существует очень интересная разработка в России - «печь Ванюкова». Это совместная разработка институтов «Гинцветмет» и МИСИС при участии Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова – предусматривает сжигание ТБО в условиях, характерных для сталеплавильных агрегатов: высокая температура, наличие шлакового расплава, использование кислородного дутья, мокрая система газоочистки и др. Проведенный комплекс промышленных испытаний данной технологии на печи Ванюкова, установленной на Рязанском опытно-экспериментальном металлургическом заводе, показал, что применение технического кислорода при температурах 1400 – 1700 °С приводит к полному разрушению всех токсичных компонентов отходов. Установлено отсутствие диоксинов на выходе пылегазового потока, в жидких продуктах плавки (шлак, металлосодержащий продукт), а также по газоходному тракту, что свидетельствует о том, что их вторичное образование также не происходило. Это объясняется тем, что условия сжигания ТБО в печи Ванюкова приводит к такому разрушению структурной решетки диоксинов, что их обратимая фрагментация становится практически невозможной.

Таким образом, металлургические агрегаты обеспечивают более безопасное сжигание горючих компонентов отходов, чем мусоросжигательные заводы. Идея использования металлургии для утилизации наиболее трудноутилизируемых видов отходов, включая особо токсичные, принадлежит самим металлургам. Сжигание горючих компонентов отходов в металлургических агрегатах более 10 лет используется в наиболее промышленно развитых странах мира, известных строгим отношением к защите окружающей среды. Отечественный опыт подтверждает возможность и эффективность использования высокотемпературных металлургических агрегатов для утилизации и обезвреживания целого ряда отходов, что позволяет металлургическим предприятиям помочь в решении острых экологических проблем в регионах, на территории которых они размещаются. В связи с этим государственным контролирующим природоохранным организациям целесообразно начать рассматривать металлургию как отрасль, способную эффективно и наиболее безопасно утилизировать и обезвреживать такие отходы как отработанные автомобильные покрышки, неутилизируемая горючая часть после сортировки ТБО, отходы лечебно-профилактических учреждений и другие, и содействовать развитию данного направления.

**Отходы собственного производства в доменной плавке.**

Хотя основным назначением доменной печи является получение первичного металла, её технология и конструкция в равной мере адаптированы к получению полиметаллических лигатур, шлаковых расплавов и горючих газов, которые в настоящее время квалифицируются преимущественно как побочная продукция. Однако при иной постановке задач побочным продуктом может стать и чугун.

В настоящее время значительная доля чугуна производится из комплексных полиметаллических руд, содержащих титан, хром, ванадий, медь, мышьяк, редкоземельные металлы. Доля этих руд будет в дальнейшем только возрастать. Количество примесей до сих пор в чугуне практически некон­тролируемо. Перевод плавки комплексных руд в русло управляемого процесса потребует иной поста­новки вопроса. Прежде всего необходима переори­ентация доменной плавки на максимально полное извлечение основных примесей через получение по­лиметаллических лигатур или перевод примесных элементов в шлак с последующей его переработкой.

Уже сегодня доказана возмож­ность получения в доменной печи наряду с чугуном титанистых шлаков с последующей переработкой их в титановом производстве. Исследованиями ураль­ских и казахских специалистов показана возмож­ность получения в доменной печи глиноземистых шлаков с последующим использованием их для про­изводства глинозема. Перечень аналогичных техно­логий может быть продолжен.

Еще один побочный продукт – это доменный шлак. Он не содержит извлекаемых компонентов и экологически безопасен. Его выход составляет более 150 млн. т в год. Однако существующие технологии переработки позволяют утверждать, что доменный шлак - это не отход, а промышленное сырье, которое в индустриально развитых странах используется практически полностью. Его наиболее крупными потребителями являются цементная промышленность (в Японии - 70% доменного шлака, в Германии - 55%) и дорожное строительство (в Японии - 20%, в Германии - 40%). Применение шлака при производстве цемента дает дополнительный ресурсо-экологический эффект, так как снижает энергозатраты на 40% и уменьшает выбросы CO2 .

Основу шлака составляют CaO и SiO2 . При кристаллизации расплава образуется двухкальциевый силикат 2CaO\*SiO2 , который при охлаждении претерпевает полиморфное превращение, сопровождающееся увеличением объема. Это вызывает саморассыпаемость шлака. Предотвращение саморассыпаемости достигается увеличением скорости охлаждения расплава при его грануляции, например распылением в воду.

Гранулированный шлак имеет много преимуществ, и его производство непрерывно увеличивается (в странах ЕС гранулируют 70% шлака). При определенных составах и большой скорости охлаждения шлак затвердевает без кристаллизации и приобретает стекловидную аморфную структуру. Из шлака делают отливки (каменное литье), производят техническое стекло и стекловату. Что и вызвало последние годы интерес стекольных заводов к использованию доменных шлаков, что, очевидно, связано с достаточно высокими ценами на основное минеральное сырье, применяемое в производстве стекла.

Большое содержание железа так же и в сталеплавильных шлаках (до 20%) затрудняет их использование в цементной промышленности. Основное применение - изготовление щебня для дорог. Шлак надо стабилизировать, чтобы связать избыток CaO и перевести железо в трехвалентное состояние. Который повышает химическую стойкость и уменьшает выщелачивание.

Шлаки с высоким содержанием фосфора и CaO используют как удобрение и при известковании почв. Но при большом содержании железа это неэффективно, и часть шлака подвергают вторичной металлургической переработке (в Японии и Германии до 20%).

В комплексе металлургического предприятия доменная печь является так же энергетическим агрегатом, снабжающим другие переделы доменным газом. Эта функция иногда может доминировать даже в существующих условиях, а в перспективе может стать не менее важной, чем производство чугуна.

Доменная печь – один из наиболее совершенных газификаторов кускового топлива. Она может быть настроена на получение горячих восстановительных газов для вдувания в другие печи, но может работать в режиме генерации отопительного газа для энергетических нужд.

К примеру, Новолипецкий металлургический комбинат заключил контракт на строительство новой ТЭЦ мощностью 150 МВт, что позволит НЛМК повысить уровень его самообеспечения электроэнергией до 66%. При этом для выработки электроэнергии будет использоваться доменный газ.

Очищенный доменный газ используют как топливо для воздухонагревателей доменной печи, коксовых батарей и паровых котлов; в смеси с коксовальным газом он идет для отопления мартеновских и нагревательных печей. Традиционно доменный газ используется в самом доменном цехе для обогрева воздухонагревателей и для нагрева слитков в обжимном цехе. При сжигании 1 т кокса получается около 4000 нм3 газа.

Таким образом, доменная печь, являясь многоцелевым агрегатом, легко может быть перестроена на технологию, в которой доминирует одна из его основных функций – получение первичного металла, шлака заданного состава, газа требуемых параметров путем газификации твердого топлива.

Наряду с доменной печью существуют и другие интересные технологии, к примеру – «Ромелт».

**Ромелт - новый способ переработки отходов.**

Процесс Ромелт является непрерывным способом получения чугуна из железосодержащего сырья и отходов с применением недефицитных и дешевых марок некоксующихся углей. Принципиальная схема печи Ромелт представлена на рисунке: в печь, с расплавом шлака через нижние фурмы вдувается кислородно-воздушная смесь, которая интенсивно перемешивает шлак. Печь футерована только до уровня нижних фурм. Остальная часть выполнена из водоохлаждаемых элементов - кессонов. На холодной поверхности кессонов шлак образует твердую корку - гарнисаж. Так решается проблема стойкости футеровки в контакте со шлаковым расплавом. Шихта – руда или железосодержащие отходы (шламы, окалина) и уголь - непрерывно загружаются сверху на поверхность шлакового расплава с температурой 1400 - 1500 °С. Предварительной подготовки пылевидного сырья или угля не требуется. Уголь выполняет две функции. Его горение совместно с дожиганием газов поддерживает температуру в печи. Кроме того, он обеспечивает восстановление оксидов железа и формирование чугуна, который в виде капелек осаждается на дно (подину) печи. Металл и шлак выпускают через отверстия (летки), выполненные на разных уровнях.

Для дожигания выделяющихся газов (CO, H2 , летучие углеводороды угля) и возврата тепла в ванну через верхние фурмы подается кислород. В опытной установке выходящие из печи газы поступают в котел-охладитель, где окончательно дожигаются за счет естественного подсоса воздуха, охлаждаются и подаются на газоочистку. В промышленном агрегате они будут использованы для выработки электроэнергии. Процесс Ромелт расширяет возможности прямого использования отходов. На время эксплуатации печи накоплен опыт переработки различных материалов, включая шламы доменного и конвертерного производств, окалину, шлак свинцово-цинкового комбината. Из них извлекали главный полезный компонент (железо) и получали чугун, который использовали для производства стали.

Остальные компоненты переходят в безопасное компактное состояние - шлак, который по составу и свойствам близок к доменному и может быть использован аналогично ему. Так решается двуединая ресурсоэкологическая задача. Переработка шлаков цветной металлургии еще один пример утилизации несобственных отходов в черной металлургии. Однако на этом не исчерпываются возможности процесса.

В печи Ромелт компоненты распределяются между чугуном, шлаком и газом. Опыт показал, что легковосстановимые нелетучие элементы Cu, Ni восстанавливаются и переходят в чугун. Поэтому комплексный подбор шихты позволит получить легированный чугун со специальными свойствами.

Летучие элементы Zn, Pb, Ag выносятся с дымовыми газами и при охлаждении осаждаются в пыль, где их концентрация многократно возрастает. Поэтому при переработке некоторых отходов пыль процесса Ромелт становится сырьем для получения цветных металлов.

Для такого использования пыли важно знать, в какие соединения связываются элементы, и уметь управлять этим процессом. Теоретическое решение задачи можно получить расчетом сложных химических равновесий, а практическая реализация достигается изменением степени дожигания.

Относительно небольшие конструктивные изменения позволяют использовать печь Ромелт для сжигания и утилизации бытовых и горючих промышленных отходов. Ее можно рассматривать как мусоросжигательный завод нового поколения, преимуществом которого является возможность связывания негорючих компонентов в шлак и металлический полупродукт.

**Заключение.**

Являясь многоцелевым агрегатом, доменная печь будет выполнять, кроме металлургической, функции энергетическую и санитарно-экологическую применительно к региональным и другим потребностям. Это объективно выдвигает доменную печь на роль ведущего металлургического агрегата XXI века.

Идея использования металлургии для утилизации отходов, включая особо токсичные, принадлежит самим металлургам. Сжигание горючих компонентов отходов в металлургических агрегатах более 10 лет используется в наиболее промышленно развитых странах мира, известных строгим отношением к защите окружающей среды. Отечественный опыт подтверждает возможность и эффективность использования высокотемпературных металлургических агрегатов для утилизации и обезвреживания целого ряда отходов, что позволяет металлургическим предприятиям помочь в решении острых экологических проблем в регионах, на территории которых они размещаются.

Расчеты показывают, что 20-30% мощностей доменного производства России, находящиеся в положении резервных, могут быть задействованы для переработки техногенных и бытовых отходов.

**Список литературы.**

1. Доменная печь - агрегат XXI века. Москва, "Сталь", 1995, N 8, с.1-8. Авторы: Ю.С.Юсфин, И.Г.Товаровский, П.И.Черноусов.

2. Юсфин Ю.С. Техногенные отходы и рециклинг / Ю.С. Юсфин // Рынок вторичных металлов. 2002. № 3. С. 34-35.

3. Утилизация вторичных материальных ресурсов в металлургии / К.А. Черепанов, Г.И. Черныш и др. М.: Металлургия, 1994.

4. Роменец‚ В.А. “Ромелт” - полностью жидкофазный процесс получения металла // Изв. вузов. Черная металлургия, 1999. №11. С. 13-23.

5. Юсфин Ю.С. Промышленность и окружающая среда / Ю.С. Юсфин, Л.И. Леонтьев, П.И. Черноусов. – М.: ИКЦ Академкнига, 2002.

6. Лисин В.С., Юсфин Ю.С. Ресурсо-экологические проблемы XXI века и металлургия. М.: Высш. школа, 1998.

7. Любешкина Е.Г. Проблема утилизации бытовых отходов пластмасс и пути их решения // Экол. пром. пр-ва. - 1996. - N 1. - С.57-61.