Содержание

Введение. 2

Современное состояние и перспективы развития метода прямого

восстановления железа. 3

Практическая реализация метода прямого восстановления железа

в бывшем СССР. 8

Мировой опыт практической реализации метода прямого восстановления

железа в металлургическом производстве. 13

Заключение. 16

# Введение.

Металлургия — одна из древнейших областей деятельности чело­века. Неслучайно отдельные эпохи истории названы, исходя из распространения того или иного металла: "бронзовый век", "желез­ный век".

В глубокой древности была разработана оригинальная, весьма интересная технология прямого получения железа. На территории нашей страны еще в 1400 году до нашей эры, как утверждают археологи, уже выплавляли железо так называемым кричным методом. Сначала в гopнаx при температуре около 1000 градусов (такую температуру можно создать, не применяя современных способов нагрева) восстанавливали железную руду обыкновенным углем, получали так называемую крицу. Затем крицу, своего рода железную губку, - много­кратно проковывали в горячем состоянии. В результате появилось довольно чистой железо, из которого можно было изготовить различные предметы быта и оружие.

Кричным же способом изготовлена и знаменитая металлическая колонна, которая высится близ города Дели. Воздвигнута она в начале V века нашей эры и изготовлена из железа феноменальной чистоты - металл содержит лишь 0,28 % примесей. Простояла колонна более 1500 лет без каких-либо признаков коррозии.

Со временем двух ступенчатая система восстановления железа углем с последующей ковкой – единственная тогда промышленная схема черной металлургии – отошла в небытие. Ее заменил доменный процесс, который в сочетании с мартеновским и кислородно-конверторным царствует в современной металлургии.

Однако экономика и дополнительные требования к чистоте металла снова вызвали к жизни старый, испытанный метод. Побуждающие причины достаточно очевидны. Кроме дефицита энергоресурсов и в частности кокса, можно указать быстро растущую потребность в высококачественном металле. Авиация, ракетная техника, приборостроение – вот далеко не полный перечень потребителей наиболее чистых металлов.

# Современное состояние и перспективы развития метода прямого восстановления железа.

Метод прямого восстановления железа в наши дни по принципу остался без изменения – специально подготовленная, то есть обогащенная, руда, - концентрат, где содержится основной окисел железа восстанав­ливается в шахтной печи с помощью твердого топлива, как это было в древности, или для этой цели используется конвертированный газ - природный метан, но преобразованный в смесь водорода и угарного газа (СО).

Как установлено в настоящее время, можно восстанавливать концентраты руды, которые еще не превращены в окатыши. Более того, оказалось, что концентрат восстанавливается даже с большей скоростью, чем изготовленные из него окатыши. Однако на пути к реализации этого процесса стоят трудности чисто технологического порядка.

Еще одним, и, конечно, наиболее интересным способом восстановления железа, является возможность – использовать чистый водород. Сам процесс восстановления пойдет достаточно быстро, более того, при этом не возникает лишних примесей: продукт восстановления – железо и вода. Однако получение и хранение водорода сопряжено со множеством чисто технических и экономических трудностей. Поэтому чистый водород пока что используют лишь для получения металлических порошков.

Говоря о российских основах метода прямого восстановления железа, следует вспомнить, что в начале семидесятых годов в Туле существовал филиал ЦНИИчермета, где под руководством А. Н. Редько проводились работы по прямому восстановлению железа. Во всем мире для этой цели исполь­зовали шахтные печи, как и в древности, а Редько А. Н. создал опытно-промышленную конвертерную машину, где окатыши восстанавли­вались продуктами кислородной конверсии природного газа. Шахтные печи, с точки зрения специалистов, и дороже и хуже управляемы. Кроме того, они дают металл, примеси которого составляют не менее 8 %. А в установке Редько степень металлизации окатышей достигает 98 %, так что количество примесей снижается в четыре раза. Эти установки широко используются сейчас для получения порошков. Работы лаборатории прямого восстановления и послужили основой первой технологической модели Старо-Оскольского электрометаллургического комбината, для получения губчатого железа высочайшего качества.

Как известно, черная металлургия после электроэнергетики прочно занимает второе ме­сто по расходу топливных ресурсов. И подоб­но ей все увеличивает свои аппетиты. Если прибавить к этому изрядную долю электро­энергии, потребляемой многочисленными ком­бинатами металлургической промышленно­сти — а она стремительно растет,— становится ясно, сколь необходимо было бы найти хотя бы для специальной металлургии новые источ­ники энергии. Так родилась идея радиационного перепла­ва стали. Радиационные печи интересны, конечно, и тем, что их можно питать энергией самого разнообразного происхождения, лишь бы она была лучистой.

Гораздо приятнее вспомнить день рожде­ния "мирного атома". Он датируется абсолют­но точно — это пуск первой в мире атомной электростанции в городе Обнинске 26 июня 1954 года.

С тех пор освобожденная энергия атома хорошо послужила человечеству. По подсчетам некоторых специалистов, к концу века доля энергии, вырабатываемой атомными электростанциями мира, увеличится до 30—40 процентов. В раз­ных странах строится сейчас около двухсот АЭС, причем непрерывно улучшается техноло­гия, рождаются новые, более экономичные конструкции, наконец, с появлением так назы­ваемых бридерных реакторов -размножителей резко увеличились потенциальные запасы ядерного горючего.

Прежде чем посмотреть, как можно использовать атомную энергию в металлургии, вспомним, что собой представляет современ­ный ядерный реактор классического типа, ис­пользующий реакцию деления ядер тяжелого металла - урана.

Процесс деления происходит в так называ­емой активной зоне. Там и выделяется энер­гия. Тепло отводится из активной зоны специ­альным теплоносителем - вода, тяжелая во­да, жидкие металлы. Затем эту энергию утилизируют. Схема устоявшаяся, традиционная: теплообменник - турбина - генератор. И по­мчался по проводам электрический ток, полу­ченный столь необычным способом. "Атомное электричество", по сути дела, работает и на металлургию, так как входит составной частью в электросистемы и, следовательно, участву­ет в любых устройствах электрометаллур­гии.

Однако под атомной металлургией мы по­нимаем не только использование тепла ядер­ного реактора. Будущий атомно-металлургический комплекс мыслится как нечто передо­вое во всех своих звеньях.

Современная технология получения черных металлов требует достаточно высоких темпе­ратур: выплавка чугуна - 1600 градусов, на­грев – 1400 градусов, термическая обработка прока­та — 1250 градусов.

Прямо воспользоваться атомными реакто­рами пока что нельзя, так как подобная «жара» наблюдается лишь внутри активной зоны.

Перевод тепла в зону, где сравнительно спокойно, также требует особых условий. Не­обходимы металлические теплообменники, сооруженные из жаропрочных коррозионных сплавов. Ведь им надо выдержать одно­временно воздействие сильных механических нагрузок, радиации и высокой темпера­туры.

Таким образом, очевидно, что применение атомной энергии потребует принципиального изменения всей технологии черной металлур­гии.

Конечно, есть второй путь — преобразо­вать атомную энергию в электрическую, но всё-таки генеральный путь развития черной металлургии на базе атомной энергии иной. Надо коренным образом изменить технологию, что прежде всего означает переход к прямому восстанов­лению железа.

Сейчас имеются три принципиально отли­чающихся друг от друга вида технологических процессов такого рода с участием атомной энергии.

Первый — высокотемпературное восстанов­ление. Процесс требует 1600 градусов. По­скольку атомные реакторы такой темпера­туры дать не могут, главным агрегатом слу­жит струйно-плазменный реактор, использую­щий для генерации плазмы - ядерную энер­гию.

Восстановительный газ — водород, сме­шанный или без посторонних примесей, расплавляет железо и его сплавы, восстанавли­вает, 'и в виде дождя жидких капель металл попадает в плавильную печь, где идут опера­ции легирования.

Существует схема среднетемпературного восстановления, когда процесс протекает при температуре 900 градусов. Восстановитель— водород или в чистом виде, или с примесью окиси углерода. Железо, естественно, находит­ся в твердом состоянии, образуя при восста­новлении своеобразную губку.

Метод позволяет полностью без промежуточных звеньев использовать атомно-энергетическую установку. Большую часть газа-восстановителя нагревают в теплообменнике атомного реактора. Правда, там температура невелика. Но это не беда. К такому "холодно­му" газу можно подмешать более горячий, нагретый за счет электроэнергии ядерного ре­актора. Получается смесь, вполне пригодная для технологии.

Наконец, при низкотемпературном восста­новлении тепло поставляется атомным реакто­ром. Можно считать, что тут в чистом виде используется ядерная энергия.

Таковы три вида технологических процес­сов, которые, по мнению многих специалистов, имеют право на существование.

Конечным продуктом везде являются же­лезо, вода и углекислый газ, причем воду можно снова использовать для получения во­дорода и кислорода. Таким образом, появля­ются реальные возможности осуществить замкнутый цикл восстановления железа, создать безотходное производство.

Металлургию будущего не без основания часто называют водородной. Использование водорода для нужд черной металлургии — реальность недалекого будущего.

Сейчас водород получают двумя испытан­ными методами — гидролизом воды и ее элек­тролитическим разложением, проще говоря, электролизом. Существует, правда, химичес­кое разложение, более выгодное, но оно не столь распространено, на что имеется ряд чи­сто технических причин. Поиск новых спосо­бов "продолжается, ибо важность проблемы несомненна.

В целом ряде лабораторий страны изучают взаимодействие молекул воды и так называе­мых энергоаккумулирующих веществ - спла­вов, в состав которых входят алюминий, кальций и кремний. Опять-таки происходит разло­жение молекул воды, отбирается кислород и, выделяется водород.

Предварительные расчеты и первые экспе­рименты показали: можно получать водород с такой низкой себестоимостью, что "водород­ная металлургия" обретет, наконец, надежную экономическую основу. А если учесть еще пол­ную экологическую безопасность водородных методик, то сомнений в том, что именно они и представляют собой будущее нашей ста­ринной профессии, ни у кого не возни­кает.

При всей внеш­ней таинственности наименования энергоакку­мулирующие вещества - ЭАВ - встречаются достаточно часто. Их, скажем, легко получить из золы, запасы которой в нашей стране по­истине неисчерпаемы.

Как видите, мы снова выяснили, что необ­ходимо ввести в металлургию прямое водо­родное восстановление железа, теперь мы пришли к тому же, исходя их энер­гетических позиций. Кроме того, водородное производство безотходное. Значит, атомная металлургия сулит выигрыш по всем трем направлениям, на которых основано современ­ное экономичное производство - минимум топлива и сырья, максимум забот об окружа­ющей природе.

Разумеется, водородное восстановление - ­только начало технологического цикла метал­лургии. Но и остальные звенья - будь то конвертеры, электропе­чи, заводы-автоматы, аппараты малооперационной технологии - требуют хорошего исход­ного сырья. Им будет восстанов­ленное водородом железо, то есть побочный продукт ядерных реакторов. Когда речь идет о научно-техническом прогрессе, нельзя ограничиваться технологи­ческими схемами - сами по себе они ничего не решают. Необходимы новые формы содру­жества науки, техники и производства. Без них новшество, интереснейшие проекты, блестящие разработки ученых застрянут в лабораториях или предстанут в натуре лишь в виде небольших опытных установок, а производство, промыш­ленность по-прежнему будет ориентироваться на "дедовскую" технологию.

# Практическая реализация метода прямого восстановления железа в бывшем СССР.

Решение о создании в СССР металлургического комбината на базе процесса прямого восстановления железа было принято в 1974 году. Тогда же было подписано соглашение о сотрудничестве при его строительстве с группой германских фирм. Результатом этого сотрудничества явилось то, что в ноябре 1982 года в цехах Оскольского электрометаллургического комбината была получена первая промышленная партия окатышей.

Оскольский электрометаллургический комбинат (г. Старый Оскол) – первое крупное отечественное предприятие бездоменной металлургии, на котором предусмотрена принципиально новая технология производства металла, основанная на прямом получении металла из руды, что позволяло на базе природной шихта получать высококачественный прокат, характеризующийся особой чистотой по содержанию вредных примесей и однородностью химического состава.

Уже на первом этапе строительства комбинат характеризовался следующими весьма внушительными показателями:

Годовая мощность комбината по производству –

окатышей окисленных 2433 тыс. тонн,

окатышей металлизированных 1700 тыс. тонн,

стали 1450 тыс. тонн,

проката (товарного) 1240 тыс. тонн

Число работающих –8127 человек.

Производительность труда (выработка товарной продукции в пересчете на одного работающего в год в натуральном выражении) – 152,6 тонн.

Общая сметная стоимость строительства - 2367,2 млн. рублей

Из них промышленного - 1907,7 млн. руб., в т.ч. по комбинату 1447,8 млн. руб.

Продолжительность строительства 5 лет.

Заданный объем производства комбината - (крупносортный прокат) не имел в то время аналогов в мировой практике. Однако, потребность в таком количестве чистого сортовогометалла, была явно завышена. Основным потребителем металла такого качества было производство шарикоподшипников. В последствие сортамент проката был расширен за счет среднесортного и мелкосортного проката, а в перспективе и толстолистовой стали.

В основу технологического процесса прямого восстановления железа при проектировании комбината положен Мидрекс - процесс (разработанный в США фирмой "Мидленд-Росс"), он позволял осуществить восстановление окислов железа обожженных окатышей до 95% Fe в шахтных печах природным газом, предварительно конвертируемым кислородом (для получения смеси газов H2 и СО). Первая в мире фабрика, использующая Мидрекс-процесс, была построена в Портленде, США, в 1969 году Она была рассчитана на производство 400 тыс. тонн металлизованных окатышей в год, используемых в качестве шихты дуговых электроплавильных печей. Кроме того, в 1971 году была введена в эксплуатацию фабрика в Джорджтауте (США). В последствии лицен­зия на Мидрекс-процесс была продана фирме "Вилли Корф А.Г." ФРГ, построившей по этой лицензии небольшой завод около Гамбурга в рекламных целях. На нем перерабатывались шведские окисленные окатыши, содержавшие 67% железа. На заводе имелся агрегат конверсии природного газа. Это предприятие и было в свое время продемонстрировано руководству СССР, что и определило впоследствии основного проектировщика и поставщика оборудования для ОЭМК.

Ознакомившись с содержанием проекта, бывший начальник доменного отдела Гипромеза, доктор технических наук, Н. К. Леонидов высказал мнение, о том, что строящийся в Старом Осколе ОЭМК будет убыточным. Он полагал, что в стране нет ни кадров, знающих этот новый технологи­ческий процесс по всему металлургическому циклу, ни соответствующего оборудования, что большую часть оборудования придется закупать за границей, кроме того, в стране нет достаточного количества богатой железной руды, а так же потребуются большие капитальные вложения в строительство такого предприятия. В результате всего перечисленного следует ожидать высокую себесто­имость продукции. По мнению Н. К. Леонидова, использование подобной технологии могут позволить себе Иран, Саудовская Аравия, Кувейт и другие страны богатые нефтью. Для восстановления железа и использования его в виде металлизированных окатышей требуется очень много электроэнергии. Получение губчатого железа целесообразно в странах богатых запасами природного газа и железных руд, а так же дешевыми источ­никами электроэнергии. Кроме того, губчатое железо со временем окисляется, происходит его пассивация, в результате при небольших размерах окатышей возникают сложности с их непрерывной загрузкой в дуговую электропечь. Поэтому при окислении металлизированных окатышей приходится их использовать в доменном производстве, что экономически не выгодно.

Несмотря на приведенный отзыв, строительство продолжалось. В качестве железорудной базы для металлургического комбината в городе Старый Оскол было выбрано Лебединское месторождение богатых железных руд. Эти руды содержат 56,9% железа, 8,0% кремнезема, серы 0,19%, фосфора 0,09%. Они залегают под толщей осадочных пород непосредственно на железистых кварцитах, продуктом выветривания которых они и являются. Получаемый на их основе концентрат должен был содержать не менее 70% железа и быть чистым по вредным примесям. Для завода в Старом Осколе была принята следующая транспортная схема подачи лебединского концентрата – транспорт пульпы по трубопроводу протяженностью 25 км. Из-за отсутствия опыта строительства такого пульпопровода в нашей стране, был заключен контракт с фирмами Австрии, которые успешно его и реализовали в установленный срок.

Проектирование комбината и поставка оборудования были возложены на фирмы ФРГ. Работа над форпроектoм (техническим проектом) продолжалась четыре года. Предлагаемая технология прямого получения железа, чистых исходных данных для сталеплавильного производства должна была обеспечить содержание в крице SiO2 - 2,5%, FeO - 0,5%, и очень мало серы . При этом, совершенно не обращалось внимание на то, что при таких жестких требованиях к концентрату значительно возрастают эксплу­атационные и капитальные вложения.

На комбинате предполагается приступить к строительству трех электросталеплавильных цехов с печами емкостью 150 и 200 тонн производства фирмы "Крупп". При этом выяснилось, что технико-экономические показатели работы цеха с 200 тонными печами оказались хуже, чем цеха с 150 тонными печами. Дело заключалось в том, что печи должны были работать только по единой технологии – требовавшей 830 кг восстановленного (на 95%) металлизованных окатышей, лома и ферросплавов при этом, не предусматривается работа печей на отходах собственного производства методом переп­лава. В пределах самой ФРГ печи такой технологии и на такой объем производства фирмы ФРГ не проектируют, считая, что это нецелесообразно и неэффективно. Таким образом, в деятельность комбината уже на этапе проектирования были заложены определенные убытки.

Общая стоимость форпроекта Оскольского комбината составила 30 млн. золотых рублей, вес (масса) проекта - 4 тонны (макулатура). При составлении проекта не были четко сформулированы требования к рентабельной работе комбината. Вместо этого единственная фраза о том, что комбинат должен быть конкурентоспособен на мировой рынке.

Капитальные вложения на строительство ОЭМК – должны были составить 5,5 млрд. руб. Оскольский электрометаллургический комбинат мог производить 5 млн. тонн металлизованных окатышей и 2,7 млн. тонн проката в год, I очередь должна была составить 1,5 млн. тонн проката с выпуском его в 1975-1978г.г.

В последующем, предполагалось в период 1983-1986гг. ввести в действие три установки металлизации с шахтными печами полезным объемом 370 м. куб. и мощностью 425 тыс. тонн в год каждая (модель 400). К 1990 году на ОЭМК должна быть введена в эксплуатацию еще одна установка металлизации (модуль 400) после чего суммарная мощность всех установок должна была возрасти до 1.9 млн. тонн металлизированных окатышей в год. На их базе предусматривалась выплавка стали в электропечах с дальнейшим производством высококачественного сортового и возможно листового проката из самых разнообразных конструкционных, легированных, подшипниковых, рессорно-пружинных и других марок стали для удовлетворения потребности отечественных потребителей в металлопродукции высокого качества. Экономическая эффективность производства и применения металлизированных окатышей предполагалось обеспечить возможностью получения металла с индексом "ПВ" (чистого по сере, фосфору и примесям цветных металлов). Что учитывалось в стоимости товарной продукции, применением приплат за выплавку стали на чистой шихте в размере 50%. Кроме того, учитывались приплаты за внепечную обработку стали порошком, внепечное вакуумирование, неметаллические включения, нормирование обезуглероженного слоя, зерно, твердость, термообработку. Общая сумма приплат могла составить до 65-70%. С учетом данных, приведенных в таблице № 1 прибыль от реализации продукции могла составить на первую очередь 200 млн. рублей, на полное развитие 388 млн. рублей при рентабельности 10 и 12% соответственно.

Таблица № 1

Ожидаемые объемы производства ОЭМК (тыс. тонн) при пуске объектов первой очереди и полном развитии.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование продукции | Первая очередь | Полное развитие |
| Окисленные окатыши | 5400 | 8100 |
| Металлизированные окатыши | 2700 | 5400 |
| Сталь (литой полупродукт) | 2400 | 4270 |
| Прокат готовый | 1800 | 3370 |
| в том числе: |  |  |
| - сортовой прокат | 1800 | 1800 |
| - листовой прокат | - | 1570 |
| Фасонные особо точные профили | - | 50 |

Однако, уже на начальном этапе функционирования комбината наметились некоторые убытки, появление которых объяснялось отсутствием замкнутого металлургического цикла, высокой стоимостью основных производственных фондов, неосвоенностью проектного сортамента, а также относительно низким уровнем действующих отпускных цен на производимую комбинатом продукцию.

Следует отметить, что не смотря на имеющиеся существенные недостатки опыт Оскольского электрометаллургического комбината подтвердил жизненность и практическую целесообразность применения метода прямого восстановления железа в промышленном производстве, что впрочем, подтверждает и мировой опыт.

# Мировой опыт практической реализации метода прямого восстановления железа в металлургическом производстве.

Как уже было отмечено в предыдущем разделе первое в мире производство, использовавшее Мидрекс - процесс, было создано в 1969 году в США. В 1988-1989 годах были введены в эксплуатацию: первый модуль установки Хил III проектной мощности 1 млн. тонн губчатого железа в год на заводе фирмы Сигкартса Менцца (Ирак); первый модуль 1550 тыс. тонн в год двух модульной установки Мидрекс был создан на заводе фирмы Этиско (Ливия).

Наибольшее развитие производство и потребление губчатого железа, как видно из данных приведенных в таблице № 2 "Мощности и фактические объемы производства губчатого железа в 1988-1989 годах", получило в странах Латинской Америки, особенно в Венесуэле и Мексике. Это объясняется в первую очередь наличием природных ресурсов (богатых железных руд, природного газа, источников электроэнергии), во-вторых, дефицитом стального лома, высокими ценами на него и нехваткой валютных ресурсов для его закупки.

Наоборот, в США, Японии и странах Западной Европы, где собственное производство губчатого железа почти отсутствует, в последнее время усиливается интерес к его производству. Это очевидно связано с возможностью использования губчатого железа в качестве разбавителя низкокачественного лома. Относительно новым видом продукции, появившемся на рынке, является горячее тринетированное губчатое железо. Оно успешно используется в шихте дуговых печей, кислородных конверторов доменных печей и в литейном производстве. Его отгрузка в 1988 и1989гг. составила 1.3 и 1.5 млн. тонн соответственно.

Таблица № 2

Мощности и фактические объемы производства губчатого железа

в 1988-1989 годах

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Страна | 1988 год  млн. тонн в год | | 1989 год  млн. тонн в год | |
| Объем производства | Мощность | Объем производства | Мощность |
| Аргентина | 1,07 | 0,93 | 1,17 | 0,93 |
| Бразилия | 0,20 | 0,32 | 0,26 | 0,31 |
| Великобритания | - | 0,80 | - | 0,80 |
| Венесуэла | 2,73 | 4,50 | 2,44 | 4,50 |
| Египет | 0,77 | 0,72 | 0,82 | 0,72 |
| Индия | 0,19 | 0,30 | 0,40 | 0,60 |
| Индонезия | 0,98 | 2,30 | 1,30 | 2,00 |
| Ирак | 0,10 | 1,49 | 0,26 | 1,47 |
| Иран | - | 0,73 | 0,04 | 0,73 |
| Канада | 0,77 | 1,00 | 0,71 | 1,00 |
| Ливия | - | - | 0,09 | 0,55 |
| Малайзия | 0,50 | 1,32 | 0,57 | 1,25 |
| Мексика | 1,58 | 3,03 | 2,13 | 3,03 |
| Майями | 0,02 | 0,04 | - | - |
| Нигерия | 0,14 | 1,02 | 0,13 | 1,02 |
| Новая Зеландия | 0,59 | 0,84 | 0,70 | 0,84 |
| Перу | 0,05 | 0,10 | 0,05 | 0,12 |
| Саудовская Аравия | 1,08 | 0,80 | 1,21 | 0,80 |
| США | 0,29 | 0,40 | 0,29 | 0,40 |
| ФРГ | 0,27 | 0,40 | 0,35 | 0,40 |
| ЮАР | 0,73 | 1,11 | 0,89 | 1,36 |
| ВСЕГО | 12,06 | 22,15 | 13,81 | 22,83 |

В области прямого получения железа отмечается дальнейший рост мощностей и объемов производства губчатого железа, при этом используются различные процессы восстановления. В таблице № 3 приведено распределение объемов получения продукции (губчатого железа) по видам процессов восстановления.

Таблица № 3.

Объемы производства губчатого железа (млн. тонн) с использованием различных способов восстановления в 1988г.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Процессы | Объем производства, млн. тонн | Доля в общем объеме производства, % |
| С газообразным восстановлением | | |
| Мидрекс | 7,45 | 59,46 |
| Хил I | 2,96 | 23,62 |
| Хил III | 0,72 | 5,74 |
| Фиор | 0,40 | 3,19 |
| С твердым восстановлением | | |
| СЛ-РН | 0,64 | 5,11 |
| Кодир | 0,13 | 1,04 |
| Дикар | 0,09 | 0,72 |
| ДРК | 0,08 | 0,64 |
| Тиско | 0,04 | 0,32 |
| Тор | 0,02 | 0,16 |
| Всего | 12,53 | 100,00 |

Большая часть продукции (>90%) получена процессами с использованием природного газа, в том числе около 60% процессом Мидрекс, остальные – процессами на базе угля.

Разработка установок с мощностью единичного восстановительного агрегата 1 млн. тонн в год. Сооружение таких установок на базе процессов Мидрекс и Фиор планируется в Венесуэле. Необходимо так же отметить тенденцию к сооружению установок оснащенных системами горячего тринетирования, для производства продукции на экспорт.

С целью повышения экономичности процессов во вращающихся печах продолжаются работы направленные на снижение их энергоемкости путем утилизации вторичных энергоресурсов.

# Заключение.

Как видно из приведенного в реферате материала методы бездоменного производства металла и в первую очередь метод прямого восстановления железа находит все большее количество приверженцев, что сопряжено, прежде всего, с возрастающими потребностями в чистом металле. Основным сдерживающим его развития фактором в настоящее время являются потребности в наличии природных ресурсов – богатой железом руды, природного газа и достаточного количества электроэнергии. Их получение в свою очередь предполагает крупные финансовые вложения. Тем не менее, в мире наметилась всеобщая тенденция к наращиванию объемов и мощностей по производству губчатого железа. Она в полной мере коснулась как развивающихся, так развитых стран, как экспортеров, так и импортеров сырьевых и энергетических ресурсов.

Пример Оскольского электрометаллургического комбината продемонстрировал возможности промышленного получения высококачественного металла путем использования методов прямого восстановления железа в любых необходимых количествах. При этом, только ряд экономических, технических и организационных просчетов совершенных на этапах проектирования и строительства не позволил ОЭМК стать в полной мере рентабельным производством. К сожалению, целый ряд неурядиц, связанных с износом оборудования, необходимостью разработки, изготовления и поставки оборудования, приборов, узлов, запасных частей взамен импортных преследовал комбинат и в последующем в процессе его эксплуатации. По этой причине возникала даже угроза остановки комбината. И тем не менее, комбинат обеспечивал страну необходимым количеством высокосортного металла в полном объеме.

Очевидно, что переход к экономичной технологии прямого восстановления железа предполагает внесение кардинальных изменений в процесс его получения. В частности в реферате приведен пример трех принципиально отличных друг от друга технологических процесса с участием атомной энергии. Конечным продуктом везде является железо, вода и углекислый газ, причем воду можно снова использовать для получения водорода и кислорода. Таким образом, появляются реальные возможности осуществить замкнутый цикл восстановления железа, создать безотходное производство.

Металлургию будущего не без основания часто называют водородной. В настоящее время водород обходится дорого. Его получение, хранение и транспортировка сопряжены со множеством чисто технических проблем. Однако произведенные эксперименты и предварительные расчеты показывают, что можно получать водород с такой низкой себестоимостью, что "водородная металлургия" обретет надежную экономическую основу. А если учесть полную экологическую безопасность водородных методик, то сомнение в том, что именно они предопределяют будущее металлургии ни у кого не возникает. Разумеется, водородное восстановление – только начало технологического цикла металлургии. Но все остальные звенья требуют хорошего исходного сырья. Им, несомненно, будет восстановленное водородом железо, то есть побочный продукт ядерных реакторов.