

Будущее мировой ферросплавной промышленности: оптимизация сортамента, высокое качество продукции, энергоэффективность и экологичность

В июне 2015 г. должно состояться знаковое для украинской ферросплавной промышленности событие – в Киеве пройдет Международный ферросплавной конгресс ИНФАКОН-14. За 40 лет, прошедших со дня первого конгресса, состоявшегося в ЮАР в 1974 г., конгрессы ИНФАКОН стали основными мировыми отраслевыми форумами, где обсуждаются вопросы развития теории и практики ферросплавного производства, новых технологий и оборудования, энергоэффективности и ресурсосбережения, применения ферросплавов в металлургии и пр. [1].

С какими результатами подходит мировая и украинская ферросплавная промышленность к этому событию? Ответ на этот вопрос мы подготовили на основе анализа материалов последних ферросплавных международных конференций, состоявшихся осенью 2014 г. в Йоханнесбурге (ЮАР) и Барселона (Испания) – 7-я Южно-Африканская конференция по ферросплавам, организованная журналом «Metal Bulletin»; ферросплавная конференция «FASA-Congress», организованная изданием «Metal Pages» и 30-я Международная ферросплавная конференция журнала «Metal Bulletin» [2-4].

Основываясь на информации, представленной в докладах и прозвучавшей во время обсуждений на этих конференциях, можно сделать следующие заключения. **Во-первых**, перспективы развития мировой ферросплавной индустрии определяются прежде всего соответствующими трендами в «большой» металлургии, особенно в производстве качественных (специальных) сталей, потребляющем основное количество производимых ферросплавов. **Во-вторых**, успехи или отставание производителей ферросплавов как в отдельных компаниях, так и в разных регионах тесно связаны с энергетическим фактором (в связи с высокой энергозатратностью ферросплавных переделов). Наконец, **в-третьих**, в последние годы во всех регионах мира на конкурентоспособность ферросплавного и горнорудного (сырьевого) производств существенное влияние оказывают состояние логистической системы (особенно степень развития портовой и железнодорожной инфраструктуры) и уровень расходов на оплату труда, оборудование и вспомогательные материалы. Рассмотрим подробнее воздействие указанных факторов.

В 2013 г., по данным World Steel Association, в мире произведено 1,622 млрд тонн стали, из них 779 млн тонн (48 %) – в Китае. По большинству прогнозов в текущем году выплавка стали возрастет до 1,662 млрд тонн, в 2015 г. составит 1,635 млрд тонн, а к 2020 г. мировое производство стали увеличится до 1,814 млрд тонн. При этом 794 млн тонн будет приходиться на Китай, т. е. относительно нынешнего уровня рост выплавки стали составит около 12 % (рис. 1).

Еще более значительно (примерно на 25 % по сравнению с аналогичным показателем 2013 г.) к 2020 г. увеличится выплавка легированных и специальных, прежде всего нержавеющей, сталей. К примеру, если в прошлом году в Китае было выплавлено 19 млн тонн нержавеющей стали (из 36 млн тонн мирового производства), то к 2015 г. планируется произвести уже 23 млн тонн (на 21 % больше), а к 2020 г. – 27,7 млн тонн (рост составит 8,7 млн тонн, или 46 %, по сравнению с показателем 2013 г.). Таким образом, в рассматриваемый период объем выплавляемой в Китае нержавеющей стали будет ежегодно возрастать примерно на 8,4 % в то время как в США и в других регионах рост ее производства прогнозируется на уровне 4 %.

Рост объема выпуска стали, включая сталь специальных высоколегированных марок, влечет за собой необходимость в увеличении объема производства ферросплавов – хромистых, марганцевых, кремнистых, никелевых и др., включая ферросплавы т. н. «малой группы».

Связь объемов производства ферросплавов и стали в последние годы стала еще более очевидной, по мере развития технологий выплавки стали на мини-металлургических заводах электрометаллургическим способом, а также в связи с вышеотмеченным опережающим развитием выплавки высоколегированных специальных марок сталей, особенно в Китае.

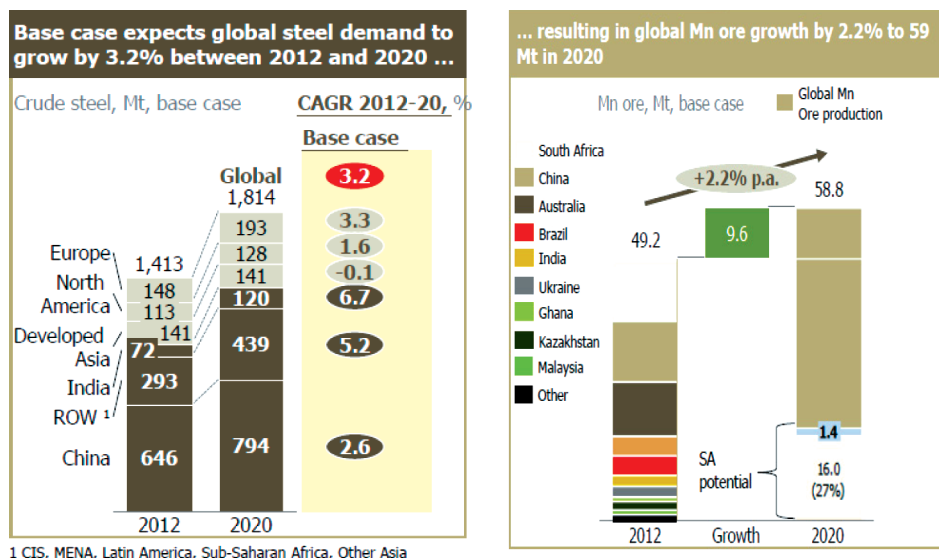


Рис. 1. Прогноз роста объема производства стали к 2020 г. и потребности в марганцевой руде для выплавки ферросплавов

На 1 тонну стали в среднем сейчас расходуется около 20 кг различных ферросплавов, из этого количества на феррохром приходится порядка 20 %, ферросилиций – 18 %, силикомарганец – 22 %, ферромарганец высокоуглеродистый – 12 %, рафинированные марганцевые сплавы и металлический марганец – 5 %, ферроникель – 4 %, все прочие суммарно – 19 %. Но при этом, выплавка 170 млн тонн специальных сталей (20 % от мирового производства) потребовала 35 % всех потребленных ферросплавов, тогда как для выплавки 1440 млн тонн рядовых марок сталей (соответственно 80 % от мирового производства) потребовалось 65 % всех потребленных ферросплавов.

На конференциях прозвучали данные о том, что в 2013 г. в мире было произведено 62,3 млн тонн различных ферросплавов, по сравнению с 58,5 млн тонн в 2012 г.; рост объемов производства ферросплавов за последние пять лет составил 8,1 %. Эти цифры, очевидно, включают в себя также производство металлического кремния, различных раскислителей (алюминиевые сплавы) и карбида кремния.

Значительное количество произведенных ферросплавов – это *сплавы хрома* и, прежде всего, *высокоуглеродистый феррохром*. Мировые производственные мощности по его выплавке рассчитаны на выпуск 13,7 млн тонн феррохрома (данные за 2013 г.) и распределены следующим образом: 5,1 млн тонн может производить Африка, 6,8 млн тонн – Азия, включая Китай, 1,8 млн тонн – Казахстан и Российская Федерация. При использовании этих мощностей на уровне 76 %, выплавка феррохрома всех марок составила в 2013 г. 10,4 млн тонн. В частности, на долю Китая пришлось 39,4 % мирового производства феррохрома, ЮАР – 30 %, Казахстана – 11 %, Индии – 9 % (рис. 2).

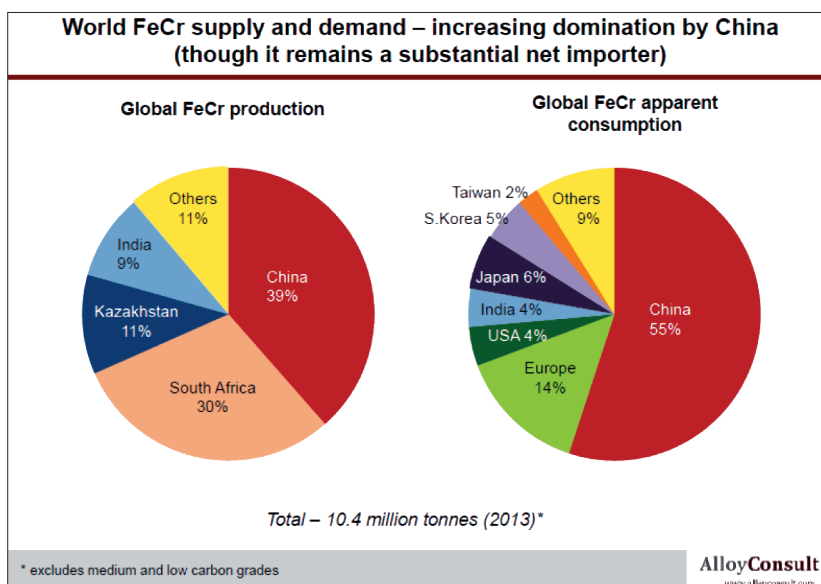


Рис. 2. Мировое производство и потребление феррохрома в 2013 г.

ЮАР с 2012 г. утратила позицию мирового лидера по производству феррохрома: если в 2004 г. там было выпущено более половины мирового производства феррохрома, то в 2013 г. – только 28-32 %. Однако в 2013 г. доля ЮАР в мировом выпуске хромитового сырья была по-прежнему высокой (47 %).

Лидерство в мировом производстве и потреблении феррохрома перехватил Китай: в 2013 г. там произведено 4,5 млн тонн этого сплава (в основном из импортной руды) при потребности китайской металлургии примерно в 7,6 млн тонн феррохрома. В том же году импорт хромитовой руды в Китай составил около 10 млн тонн, из которых 60 % – это руда из ЮАР. Кроме того, Китай импортировал в 2013 г. около 2,2 млн тонн феррохрома, из которых 66 % – это поставки из ЮАР.

Согласно прогнозам, в ближайшее время в Китае будет наращиваться объем выплавки феррохрома: в 2014 г. – до 4,8 млн тонн, в 2015 г. – до 5,6 млн тонн. Однако из-за возрастающей потребности Китая в феррохроме ему все равно придется импортировать эту продукцию в объеме до 2 млн тонн в год.

Между тем в последние годы конкуренцию ЮАР в поставках хромитовой руды и ферросплавов создает на мировом рынке Казахстан, поставляющий более качественную руду, – отношение в ней модуля хрома (Cr/Fe) составляет 3,2, в то время как в руде из ЮАР оно равно 1,3. В связи с переходом на отработку в ЮАР месторождения сравнительно бедных хромитовых руд UG2 (41 % Cr₂O₃) качество южноафриканского феррохрома ухудшилось: если в 2000 г. в сплаве было 65 % Cr, то в 2013 г. – не более 60 %

Значительная потребность китайской металлургии в феррохроме связана еще и со следующими обстоятельствами. В мировом сталеплавильном производстве 40-50 % хрома поступает в сталь из переплавляемого лома, а не из «свежих» ферросплавов (рис. 3).

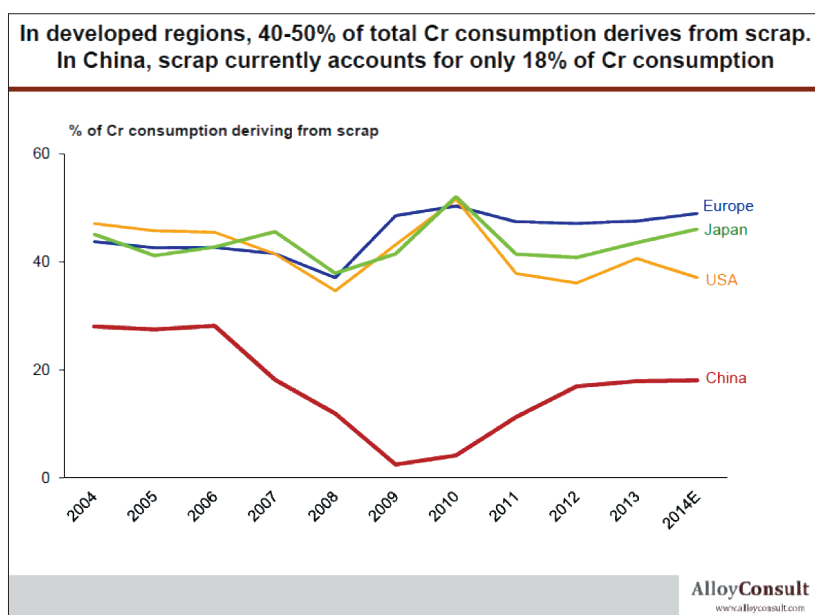


Рис. 3. Обеспечение потребности в хrome за счет использования лома при выплавке стали в различных регионах мира

В Китае стальной лом покрывает потребность в хrome только на 18 %, что обусловлено низким уровнем ломообразования в стране, где еще 10-30 лет назад объемы промышленного производства и металлопотребления были незначительны. К 2028 г. Китай планирует выйти на среднемировой уровень использования лома, вследствие чего его сталеплавильная промышленность начнет потреблять меньше «свежего» феррохрома.

Марганцевые сплавы занимают ведущее место в общем объеме производства ферросплавов, и анализ перспектив их производства представляет особый интерес для отечественной ферросплавной промышленности и его сырьевой базы.

В 2012 г. мировой объем производства марганцеворудного сырья (по рудной массе) составил 49,2 млн тонн (по рудной массе), а к 2020 г. он, по прогнозам, достигнет 58,8 млн т, что будет вызвано необходимостью роста объема выплавки марганцевых ферросплавов в связи с прогнозируемым увеличением объема производства стали (см. рис. 1). Около 57 % всей руды, добытой в мире в 2013 г., переработано с получением марганцевых ферросплавов в Китае.

В ЮАР в 2012 г. получено около 12,5 млн тонн марганцевой руды (25 % мирового производства) высокого и среднего качества. К 2020 г. предполагается увеличить добычу руды до 16 млн тонн. Это соответствует росту на 27 % по сравнению с существующим уровнем. В Австралии выпуск марганцевого сырья составляет более 20 % мирового уровня, руда преимущественно экспортируется в Китай.

Экспорт марганцевой руды из ЮАР (также преимущественно в Китай) достиг в 2012 г. 8,9 млн тонн; внутреннее потребление составило 3,6 млн тонн. Всего же в Китае было экспортировано 18 млн тонн марганцевой руды, из этого количества на ЮАР пришлось 31 %, Австралию – 29 %, Гану – 10 %, Бразилию – 9 %, Габон – 7 %, Малайзию – 6 %, прочие страны – 8 %.

В 2013 г. в счете на марганец в рудной продукции ее мировое производство составило 18 млн тонн, в т. ч. ЮАР – 4,44 млн тонн, Китай – 4,14 млн тонн, Австралия – 3,14 млн тонн, Габон – 1,97 млн тонн, Бразилия – 1,06 млн тонн, СНГ – 1,07 млн тонн, Индия – 0,74 млн тонн, Гана – 0,53 млн тонн.

В мире в 2013 г. было произведено 19,6 млн тонн марганцевых ферросплавов (снижение по сравнению с 2012 г. на 7 %), в т. ч. в Китае производство составило 12 млн тонн (61,2 % мирового объема). В настоящее время на долю Китая приходится 67 % мировой выплавки силикомарганца, 53 % – рафинированных марганцевых сплавов и 48 % – высокоуглеродистого ферромарганца. Китай является бесспорным мировым лидером по производству электролитического металлического марганца – 1,1 млн тонн в 2013 г. или 97 % мирового уровня.

Объем производства марганцевых ферросплавов в ЮАР, втором мировом производителе этой продукции, составил 1,88 млн тонн ферромарганца и силикомарганца, и ограничен высокой стоимостью перерабатываемой марганцевой руды. Как отмечалось в одном из докладов, если в основу расчетов себестоимости производства ферромарганца в ЮАР положить рыночную цену руды, то данный показатель составит 1000 долл. США (при поставках на условиях FOB). В этом случае производство сплавов оказывается убыточным. Южноафриканские производители ферросплавов выживают за счет внутрихолдинговых цен на марганцевую руду и ослабления национальной валюты – ранда.

В данной статье мы не приводим данные о выпуске марганцеворудной продукции и ферросплавов в Украине, сошлемся только на нашу последнюю статью [5] по данному вопросу, послужившую основанием для докладов на выше упомянутых конференциях, сделанных от имени Украинской ассоциации производителей ферросплавов и другой электрометаллургической продукции (УкрФА). К сожалению, в силу ряда факторов, Украина сейчас не является заметным игроком на мировом рынке ферросплавов. Только по одной позиции, а именно – экспорт силикомарганца, наша страна по итогам 2013 г. вошла в «десятку» крупнейших экспортеров.

Экспорт силикомарганца в 2013 г. в заметных объемах вели следующие страны: Индия – 770 тыс. тонн; Украина – 304 тыс. тонн, Грузия – 188 тыс. тонн, Норвегия – 185 тыс. тонн, Австралия – 94 тыс. тонн, ЮАР – 84 тыс. тонн, Казахстан – 76 тыс. тонн, Бразилия – 51 тыс. тонн.

Основным экспортерами высокоуглеродистого ферромарганца в 2013 г. были ЮАР – 467 тыс. тонн, Австралия – 113 тыс. тонн, Южная Корея – 103 тыс. тонн и Норвегия – 68 тыс. тонн. Рафинированные марганцевые сплавы экспортировали Норвегия – 211 тыс. тонн, ЮАР – 94 тыс. тонн и Южная Корея – 73 тыс. тонн.

Относительно производства *кремнистых ферросплавов* можно привести следующие данные. В 2013 г. в мире производство ферросилиция всех марок составило 7,27 млн тонн, из которых 4,8 млн тонн было выплавлено в Китае (66 % мирового объема). Характеристика производства металлического кремния выходит за пределы данной статьи. Упомянем только, что 64 % мирового объема производства металлического кремния приходится на Китай, а его выплавка в последние годы возрастает примерно на 10,9 % в год. 17 % произведенного металлического кремния подвергается дальнейшему переделу на поликремний и монокремний – материалы солнечной энергетики; быстро растет также использование кремния для производства сплавов с алюминием, применяемых в автомобилестроении.

Расширение сортамента ферросплавного производства применительно к обеспечению потребности сталеплавильной отрасли связано, прежде всего, с выплавкой ферросплавов *малотоннажной группы – сплавов никеля, титана, ниобия, молибдена, ванадия и феррованадия, ферровольфрама* и др.

Хотя металлургический и ферросплавный мир, в основном, преодолели последствия кризиса 2008-2009 гг., на рынке малотоннажных ферросплавов (как, впрочем, и массовых ферросплавов) ценового восстановления не произошло, и по образному выражению одного из докладчиков «цены на рынке диктует покупатель, а не продавец». На цены ферросплавов малой группы, включая ферроникель, значительное влияние оказывает стоимость сырьевых ресурсов, а цены на руду и условия

ее поставок находятся, в свою очередь, под сильным влиянием политической составляющей. Яркий пример – недавние действия Правительства Индонезии, запретившего с января 2014 г. экспорт никелевой руды в необработанном виде, что создало серьезные затруднения для производителей ферроникеля в других странах, в т. ч. и для Побужского ферроникелевого комбината в Украине.

Отмечалось дальнейшее продолжение глобализационных процессов, с переходом от свободной конкуренции к доминированию, следствием чего, например, в Европе, явилось сокращение ведущих игроков на металлургическом и ферросплавном рынках. В то же время на рынке в последние годы появился целый ряд новых ферросплавных компаний в странах, богатых на сырьевые ресурсы – Филиппины, Индонезия, Гватемала; пользуясь поддержкой местных властей, эти компании получают неплохую перспективу для развития и вхождения в пул мировых игроков.

Характерной в том плане является ситуация на рынке *ниобия*. *Во-первых*, этот рынок является одним из наиболее динамично развивающихся – в ближайшие несколько лет ожидается рост потребления ниобия для выплавки высокопрочных сталей строительного сортамента, автомобилестроения, нержавеющей сталей (совместное легирование с титаном), высокопрочных труб и сталей для изготовления специального оборудования. *Во-вторых*, в настоящее время этот рынок практически монополизирован Бразильской компанией **CBMM** (84 % мирового производства); остальной объем производства по 7-8 % приходится на компанию **ANGLO-AMERICAN** (Бразилия) и **IAMGOLDH** (Канада). Но, *в-третьих*, уже можно говорить о появлении в ближайшее время на этом рынке новой компании **Cradle Resource Ltd**, являющейся собственником крупнейшего месторождения ниобия **Panda Hill** в Танзании и ведущей ускоренное строительство горнодобывающих и плавильных мощностей.

Мировое производство феррониобия в 2013 г. составило около 80 тыс. тонн. Цены на феррониобий в пересчете на металлический ниобий в настоящее время составляют около 40 тыс. долл. за 1 тонну и имеют перспективы дальнейшего роста на 4-6 % в год.

Аналогичная ситуация, судя по сделанным докладам и сообщениям, наблюдается на рынках *титана, ванадия, молибдена, вольфрама* и др. малотоннажных сплавов. При этом следует иметь в виду и такую возрастающую в последние годы тенденцию в развитии сталеплавильного производства, как *комплексное* легирование и микролегирование не только специальных, но и низколегированных сталей. Все более широкое распространение получают новые марки стали, где наряду с традиционными элементами – Mn, Si и Cr включены также до 0,5 % Ni, 0,5 % Mo, 0,3 % Nb и 0,3 % V.

На объемы производства как массовых, так и малотоннажных ферросплавов оказывает существенное влияние энергетический фактор. При производстве ферросплавов в ЮАР, например, он имеет решающее значение в связи с существующими здесь (как и в Украине) высокими тарифами на электроэнергию для ферросплавных компаний. К тому же ЮАР испытывает серьезные трудности с обеспечением промышленных предприятий электроэнергией.

Так, по мнению представителя компании Outocumpri, несмотря на ранее анонсированные компанией Escom проекты по увеличению выработки в ЮАР электроэнергии генерацией, за шесть последних лет ситуация фактически не изменилась. В настоящее время ЮАР в плане обеспечения электроэнергией вернулась в 2008 г., когда приходилось периодически отключать промышленные предприятия, в т. ч. ферросплавные заводы, как крупных потребителей электроэнергии, от энергоснабжения.

Было отмечено, что в таких условиях производство ферросплавов в ЮАР становится коммерчески невыгодным, и страна фактически превращается в сырьевой придаток Китая, не выдерживая конкуренции с ним. По этой же причине строительство новых ферросплавных мощностей в ЮАР сейчас экономически нецелесообразно, что подтверждают следующие цифры: в период с 2007 по 2012 гг. рост стоимости электроэнергии для ферросплавных потребителей в ЮАР составил 64 %, а в Китае – только 18 %. Именно этот фактор более всего повлиял на снижение уровня использования производственных мощностей в ферросплавном производстве ЮАР с 90 % в 2004 г. до 63 % в 2012 г. (для сравнения: в прошлом году мировой показатель составил около 75 %).

В настоящее время в ЮАР ведутся интенсивные переговоры производителей ферросплавов с энергогенерирующей компанией Escom по поводу отмены ежегодного планового повышения тарифов на электроэнергию на 8 %, которое осуществлялось в течение нескольких последних лет. Обоснованием необходимости такого тарифного регулирования является невозможность конкурировать с Малайзией и Китаем в существующих условиях. На конференции были приведены сравнительные данные о стоимости электроэнергии, долл. США/kWh: 0,08 – в ЮАР, 0,061 – в Китае, 0,046 – в Малайзии. Для решения проблемы энергоснабжения в ЮАР предлагалось расширить использование альтернативных видов энергии, в частности солнечной, а также построить там новые частные генерирующие электростанции.

В то же время на конференциях докладчиками значительное внимание было уделено проблеме повышения энергосбережения и энергоэффективности, в т. ч. путем использования технологии когенерации. Особый интерес вызвал доклад представителя китайской компании Sinosteel Equipment & Engineering Co по сравнительному анализу энергопотребления в закрытых и полужакрытых электропечах и разработке новых эффективных видов оборудования для когенерации (рис. 4). Докладчик отметил, что потери тепла с отходящими газами ферросплавных печей составляют 40-50 % (в зависимости от того, какого типа печь используется, – закрытого или полужакрытого) от электроэнергии, введенной в ванну печи. При этом теплотворная способность отходящих газов составляет 2400-2600 ккал/н·м³.

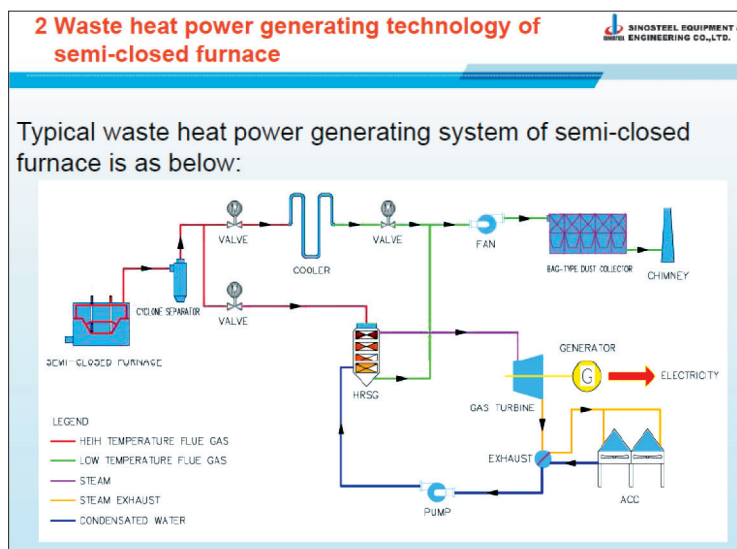


Рис. 4. Схема утилизации тепла газов, отходящих от полужакрытой ферросплавной печи

Разработанная компанией технология, предусматривающая применение котла-утилизатора, турбины и генератора, позволяет для печи с трансформатором мощностью 30 МВА вырабатывать 3,0-6,35 МВт электроэнергии, что обеспечивает до 10-20 % экономии затрат на энергоснабжение (рис. 5).

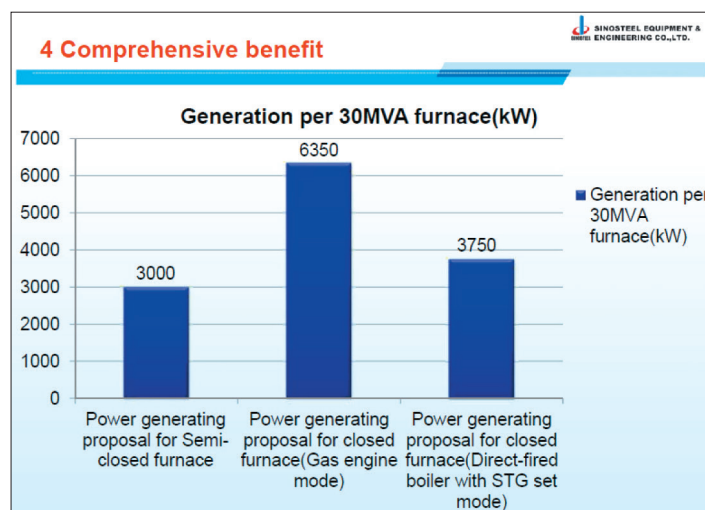


Рис. 5. Возможность генерации электроэнергии путем использования тепла отходящих газов для различных типов ферросплавных печей и оборудования

В зависимости от вида печей и производимых сплавов, срок окупаемости капитальных затрат на когенерацию составляет от четырех до шести лет. Таким оборудованием по проекту компании Sinosteel Equipment & Engineering Co в различных странах уже оснащены пять печей, выплавляющих высокоуглеродистый феррохром: три печи мощностью по 37 МВА и две печи – по 45 МВА.

Большое внимание в докладах было уделено вопросам логистики. Так для ЮАР возможность развития добычи ферросплавного сырья, особенно на вновь вводимых в эксплуатацию месторож-

дениях, сдерживается неразвитой инфраструктурой в малообжитых пустынных регионах, то есть отсутствием сети транспортных коммуникаций и недостаточной для наращивания экспорта пропускной способностью морских портов. Поэтому, по мнению докладчиков, этой стране наряду с энергетической программой необходима специальная правительственная программа, направленная на решение указанной проблемы. Было отмечено, что за счет развития инфраструктуры здесь может быть создано не менее 30 тыс. новых рабочих мест.

Возросшая себестоимость производства ферросплавов в ЮАР связана еще и с ростом затрат на оплату труда (на 8-10 % в год) в соответствии с требованиями соглашений с профсоюзами (их невыполнение, как показал прошлогодний опыт отдельных компаний, приводит к массовым забастовкам и сокращениям производства руды и ферросплавов). Кроме того, в силу ряда причин ежегодно примерно на 8 % возрастают затраты на ферросплавные восстановители. Решение этих проблем, как и задачи повышения энергоэффективности, докладчики видят в реализации таких мероприятий, которые позволят ферросплавщикам ЮАР выдержать конкуренцию с Китаем. Это же касается и других стран – производителей ферросплавной продукции, включая Украину.

В докладах предлагалось:

– диверсифицировать продажи хромитовой, марганцевой и других видов руд (рекомендовано продавать руду в США, Индию и страны ЕС);

– добиваться (путем обсуждений и принятия решений на государственном уровне) уменьшения количества регистрационных процедур с целью сокращения бюрократической волокиты в разрешительной системе, активизировать поиск способов решения энергетических проблем;

– снижать стоимость логистики, в т. ч. за счет расширения действующих и строительства новых погрузочных комплексов в портах, а также развития сети железных дорог.

Выводы

Прогнозируемое к 2020 г. увеличение выплавки стали (в первую очередь высоколегированной) разных марок до 1,8 млрд тонн потребует соответствующего увеличения выпуска ферросплавов и ферросплавного сырья. Для достижения этих целей необходимо, прежде всего, решить вопросы энергообеспечения ферросплавных предприятий и повышения энергоэффективности ферросплавных переделов. В частности, можно воспользоваться рассмотренными на конференции предложениями по оснащению ферросплавных печей различных типов когенерационным оборудованием, позволяющим снизить расходы на электроэнергию на 10-20 %.

С учетом возросшей роли логистических факторов, необходимо уделить должное внимание действующей и вновь строящейся портовой и железнодорожной инфраструктуре. Кроме того, требуется оптимизировать возрастающие затраты на оплату труда, а также расходы на оборудование и вспомогательные материалы.

Следует отметить, что вопросы повышения энергоэффективности и экологичности мировой ферросплавной промышленности займут центральное место на предстоящем Международном конгрессе ферросплавщиков ИНФАКОН-14. Не случайно девиз нашего будущего конгресса звучит как «Энергоэффективность и экологичность – будущее мировой ферросплавной индустрии!».

Статус принимающей стороны позволит украинским ферросплавщикам первыми в полном объеме ознакомиться с самой передовой научно-технической и технологической информацией в сфере производства ферросплавов, которая уже поступает в Программный комитет конгресса со всего мира. Это даст возможность ферросплавной отрасли Украины одной из первых использовать наиболее перспективные инновации, соблюдая авторские права их разработчиков.

Библиографический список

1. Грищенко С. Г., Куцин В. С., Кравченко П. А., Кудрявцев С. Л. Международные ферросплавные конгрессы ИНФАКОН: история с продолжением // *Металлург. и горноруд. пром-сть*. – 2013. – № 6. – С. 29-30.

2. 7-th South African Ferro-alloys Conference. Johannesburg, South Africa. 2014. // *Presentations «Metal Bulletin»*.

3. International Ferro-alloys Conference «FASA-Congress». Barcelona, Spain. 2014. // *Presentations «Metal Pages»*.

4. 30-th International Ferro-alloys Conference. Barcelona, Spain. 2014. // *Presentations «Metal Bulletin»*.

5. Грищенко С. Г., Куцин В. С., Кравченко П. А., Солошенко В. П., Кудрявцев С. Л. Ферросплавная промышленность Украины: состояние и перспективы развития // *Экология и промышленность*. – 2013. – № 3. – С. 4-9.

Поступила 03.12.2014