

В.И.Большаков, Л.Г.Тубольцев

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Институт черной металлургии НАН Украины

Целью исследования является анализ перспективных технологий металлургического производства для выявления возможности уменьшения энергетических затрат на производство черных металлов. На основе анализа тенденций развития металлургии определен уровень энергетических затрат на разных стадиях металлургического производства, рассмотрены направления возможного уменьшения энергетических затрат, направления и задачи по развитию отечественной металлургической отрасли.

Ключевые слова: металлургия, тенденции, энергетические затраты, перспективы, научные исследования

В современном мире металлургия является одной из приоритетных отраслей и ведущей базовой отраслью украинской экономики. Горно-металлургический комплекс Украины (ГМК) обеспечивает около 30% товарного промышленного производства, свыше 26% ВВП и почти 40% валютных поступлений в страну. Однако в последние годы вклад ГМК в общегосударственные показатели уменьшился, что связано, в том числе, и с критическим состоянием отрасли. Существенными недостатками черной металлургии Украины по мнению экспертов являются высокий уровень энергетических затрат (энергозатрат) и нестабильные объемы производства по годам. Значительные колебания уровня производства металлопродукции (рис.1) вызваны многими причинами, основными из которых являются: практически полная зависимость от конъюнктуры внешнего рынка, мировые финансовые кризисы и неэффективная работа экономики Украины.

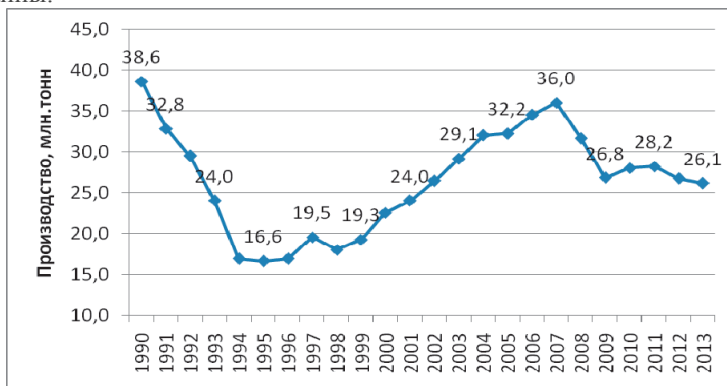


Рис.1. Динамика производства готового проката ГМК Украины за период 1990–2013 годы.

Высокий уровень энергозатрат при производстве металлопродукции ГМК, который существенно превышает аналогичные показатели зарубежных предприятий [1] (рис.2), показывает необходимость проведения системного анализа и выявления объективных причин такого положения [2,3].

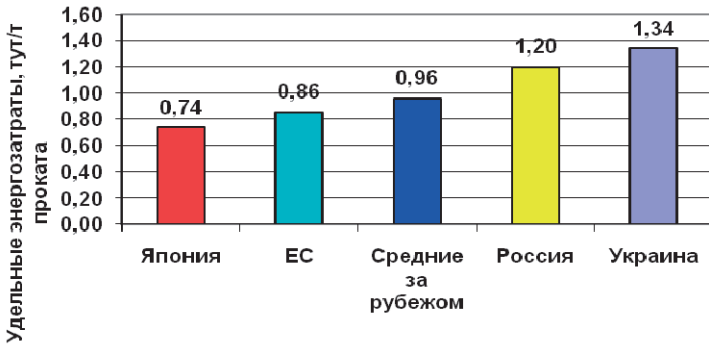


Рис.2. Уровень удельных энергозатрат на производство проката в различных странах.

Целью настоящего исследования является анализ перспективных технологий металлургического производства для выявления возможности снижения уровня энергозатрат на производство черных металлов.

Изложение основных материалов исследования. Проведенный анализ показал, что за последние 25 лет технический и технологический уровень производства металлопродукции в Украине мало изменился [4]. Не изменился, и даже сократился, марочный и сортаментный ассортимент продукции в условиях нестабильного производства. В этой связи нами проведен анализ изменения уровня энергозатрат в условиях неполной загрузки производственных мощностей (рис.3). С достоверностью 97% показано, что недостаточно полное использование производственных мощностей приводит к повышенному расходу энергоресурсов (от 10 до 60%), что может быть одной из причин высокой энергоемкости продукции ГМК.

На уровень энергозатрат существенно влияют структура выплавки стали и технологические схемы производства металлопродукции. Необходимо отметить отличия в структуре выплавки стали в Украине по сравнению с ведущими мировыми производителями. По использованию конвертерного способа производства стали Украина находится на уровне мировых показателей, однако использование устаревшего мартеновского производства и низкая доля электросталеплавильного производства

(рис.4) приводят к повышенному расходу энергоресурсов в черной металлургии.

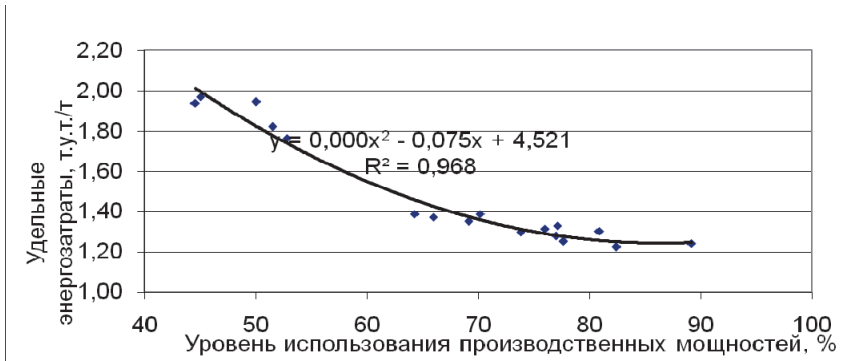


Рис.3. Изменение уровня энергозатрат на производство готового проката при изменении уровня использования производственных мощностей ГМК за период 1990-2013 годы. Точками отмечены фактические данные средних удельных энергозатрат при усредненных показателях использования производственных мощностей по годам.

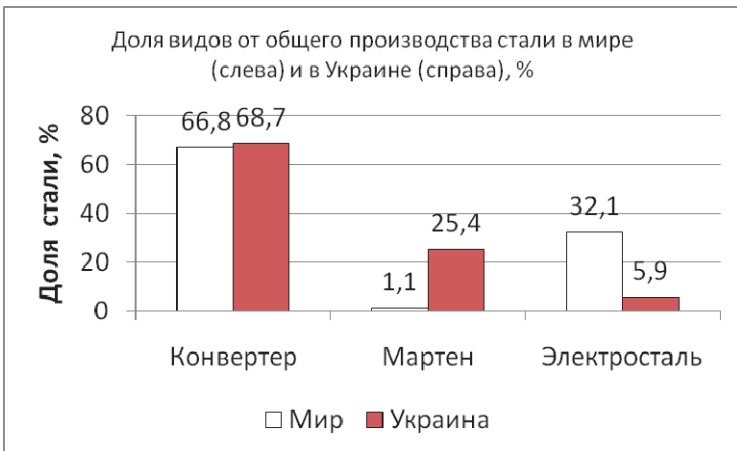


Рис.4. Структура производства по видам стали в мире и в Украине (доля от общего производства стали, %).

Для более детального исследования влияния схемы производства на уровень энергозатрат рассмотрены металлургические переделы по производству следующих видов продукции:

1. Агломерат;
2. Окатыши;
3. Чугун;

4. Чугун с использованием ПУТ;
5. Конвертерная сталь;
6. Мартеновская сталь;
7. Электросталь;
8. Электросталь-М (произведенная в модернизированных ЭСПА);
9. Сталь, разлитая в изложницы;
10. Сталь, разлитая на МНЛЗ;
11. Блюмовая заготовка;
12. Катаная заготовка (на НЗС);
13. Крупный сорт;
14. Мелкий сорт;
15. Слябы;
16. Горячекатаный лист;
17. Холоднокатаный лист;
18. Оцинкованный лист.

Энергозатраты при производстве продукции на этих переделах приведены на рис.5.



Рис.5. Энергозатраты на производство продукции по переделам.

Сквозная технология производства готового проката включает использование нескольких металлургических переделов. Для проведения

сравнительного анализа уровня энергозатрат при производстве готового проката (т.у.т./т проката) по различным вариантам технологий рассмотрены несколько вариантов технологий производства металлопродукции. Схемы технологий обозначены буквами а–к (расшифровка схем приведена ниже) и используют цифровое обозначение указанных выше металлургических переделов (1-18):

а) Схема 1+2+3+6+11+12+14 (производство мелкого сорта на интегрированных предприятиях с применением мартеновских печей) – удельные затраты энергоресурсов – 1,97 т.у.т./т проката;

б) Схема 1+2+4+5+11+12+14 (производство мелкого сорта на интегрированных предприятиях с применением ПУТ в ДП и кислородных конвертеров) – удельные затраты энергоресурсов – 1,63 т.у.т./т проката;

в) Схема 1+2+4+5+15+16 (производство горячекатаного листа на интегрированных предприятиях с применением ПУТ в ДП и кислородных конвертеров) – удельные затраты энергоресурсов – 1,51 т.у.т./т проката;

г) Схема 1+2+4+5+15+16+17 (производство холоднокатаного листа на интегрированных предприятиях с применением ПУТ в ДП и кислородных конвертеров) – удельные затраты энергоресурсов – 1,58 т.у.т./т проката;

д) Схема 7+12+14 (производство мелкого сорта на мини-заводах с применением электропечей, МНЛЗ и соединенного с ней прокатного стана) – удельные затраты энергоресурсов – 0,79 т.у.т./т проката, или 1,09 т.у.т./т с учетом энергоемкости металлолома;

е) Схема 7+16 (производство горячекатаного листа на мини-заводах с применением электропечей, МНЛЗ и соединенного с ней прокатного стана) – удельные затраты энергоресурсов – 0,5 т.у.т./т проката, или 0,8 т.у.т./т с учетом энергоемкости металлолома;

ж) Схема 7+16+17 (производство холоднокатаного листа на мини-заводах с применением электропечей, МНЛЗ и соединенного с ней прокатного стана) – удельные затраты энергоресурсов – 0,66 т.у.т./т проката, или 0,96 т.у.т./т с учетом энергоемкости металлолома;

з) Схема 8+11+12+14 (производство мелкого сорта на мини-заводах с применением модернизированных электропечей, МНЛЗ и соединенного с ней прокатного стана) – удельные затраты энергоресурсов – 0,62 т.у.т./т проката, или 0,92 т.у.т./т с учетом энергоемкости металлолома;

и) 16 (производство горячекатаного листа на мини-заводах с применением модернизированных электропечей, МНЛЗ и соединенного с ней прокатного стана) – удельные затраты энергоресурсов – 0,33 т.у.т./т проката, или 0,63 т.у.т./т с учетом энергоемкости металлолома;

к) Схема 8+16+17 (производство холоднокатаного листа на мини-заводах с применением модернизированных электропечей, МНЛЗ и соединенного с ней прокатного стана) – удельные затраты энергоресурсов – 0,49 т.у.т./т проката, или 0,79 т.у.т./т с учетом энергоемкости металлолома.

Сравнительный уровень энергозатрат при производстве продукции по различным вариантам технологий, т.у.т./т проката приведен на (рис.6).

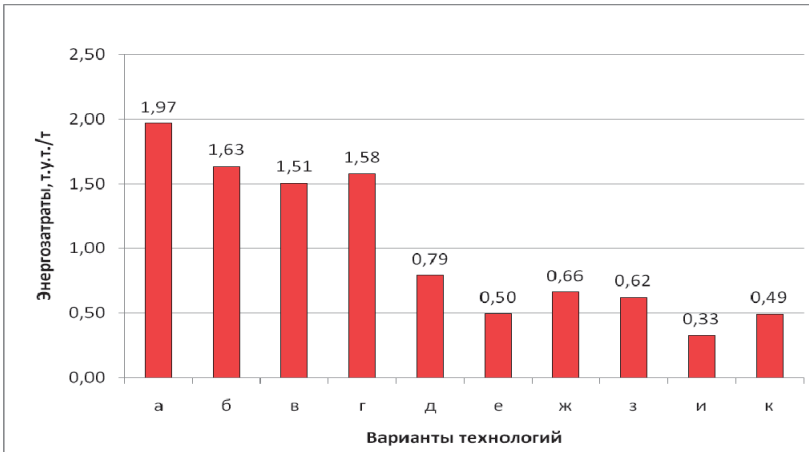


Рис.6. Сравнительный уровень энергозатрат при производстве продукции по различным вариантам технологий, т.у.т./т проката.

Проведенный анализ показал, что энергозатраты существенно зависят от технологической схемы металлургического производства. В связи с тем, что в Украине преобладающее количество металлопродукции производится на интегрированных предприятиях полного металлургического цикла из первородного чугуна [5], на этих предприятиях удельные энергозатраты выше, чем при выплавке стали из металлолома на предприятиях с электросталеплавильным производством (рис.7).

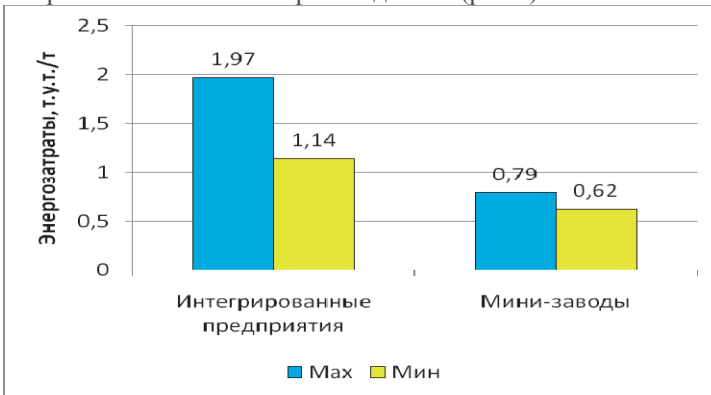


Рис.7. Сравнительный уровень энергозатрат по схемам металлургического производства.

Энергозатраты существенно зависят также от сортамента выпускаемой металлопродукции (рис.8).

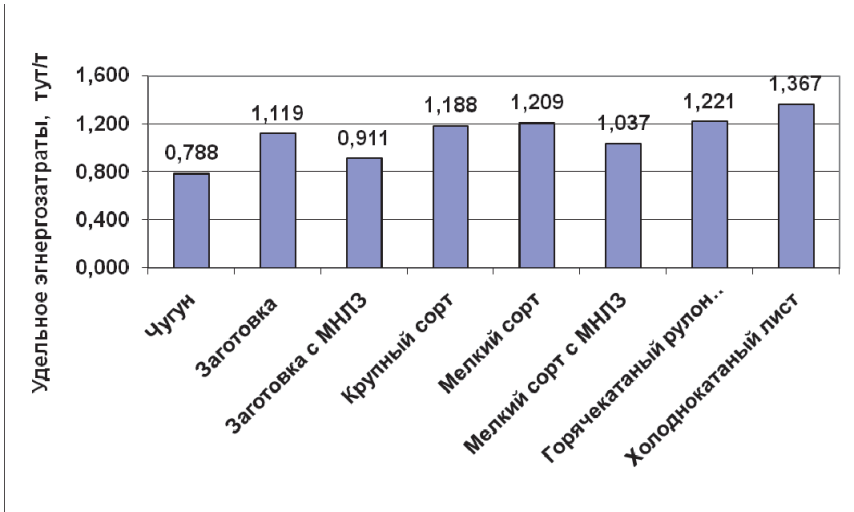


Рис.8. Средние удельные энергозатраты на производство различных видов продукции на интегрированных предприятиях ГКМ Украины.

Наиболее значимый вклад в энергоёмкость металлопродукции, которая производится на интегрированных предприятиях, вносят доменный и прокатный переделы (рис.9).

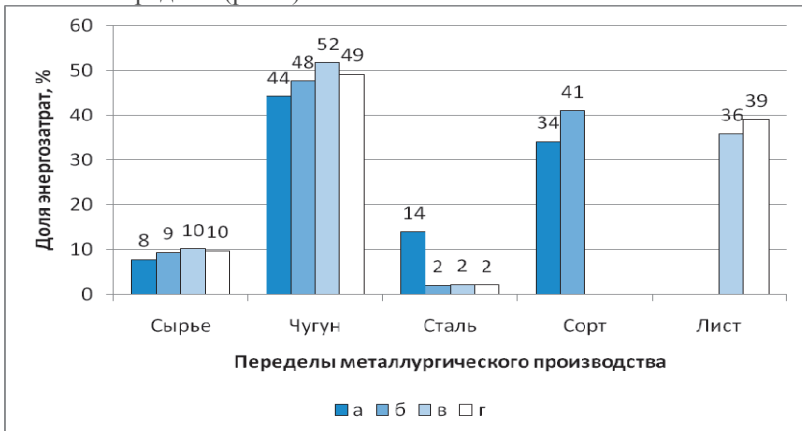


Рис.9. Доля энергозатрат (%) по металлургическим переделам на интегрированных заводах,

По результатам проведенного анализа рассмотрим возможности использования перспективных технологий в черной металлургии Украины для уменьшения энергетических затрат.

Стремление к уменьшению расхода кокса и природного газа на выплавку чугуна в доменных печах является основной тенденцией в последнее время [6]. Дефицит топлива, возникающий при отказе использования природного газа восполняется рядом технологических мероприятий, среди которых наиболее существенными являются: увеличение расхода твердых топливных добавок (угольная пыль, антрацит и пр.); повышение содержания железа в шихте; улучшение качества кокса.

Увеличение содержания железа в аглошихте достигается за счет уменьшения количества пустой породы, что позволяет снизить расход топлива на спекание. За счет этих факторов энергоемкость агломерата можно уменьшить на 8%.

Наиболее действенным мероприятием в области улучшения качества доменной шихты и всех технико-экономических показателей доменного производства является реконструкция участков шихтоподачи с оборудованием отсева мелочи сырья, что позволяет в несколько раз уменьшить вынос колошниковой пыли, повысить ровность хода доменных печей и снизить расход кокса. Одним из значительных резервов снижения расхода энерго-ресурсов является совершенствование режимов загрузки доменных печей с использованием бесконусных загрузочных устройств. Экономия кокса при этом может достигать 5-10%.

Расход кокса на производство чугуна в Украине выше чем в России на 40-60 кг/т. Это объясняется прежде всего тем, что шихта в России богаче железом. Благодаря этому, железорудной части шихты расходуется на 110-115 кг/т меньше. Кроме того, российский кокс содержит серы намного меньше, чем донецкий, что позволяет расходовать известняка в несколько раз меньше. Наконец, средняя температура дутья в России выше, чем в Украине почти на 100⁰С.

Остановиваясь на проблемах снижения уровня энергозатрат в черной металлургии следует отметить необходимость реализации такой научной разработки, как использование пылеугольного топлива (ПУТ) в доменных печах. Эта технология впервые в мировой практике была разработана Институтом черной металлургии НАН Украины под руководством академика З.И.Некрасова и опробована на доменных печах МК «Запорожсталь» в 60-х годах прошлого столетия. Однако, опередив свое время, эта технология не устояла под натиском дешевого природного газа. Впоследствии установка по вдуванию ПУТ была построена на Донецком металлургическом заводе. Сегодня установки по вдуванию ПУТ работают или находятся на адаптации к промышленной эксплуатации на МК «Запорожсталь» (2 печи), Донецком метзаводе (2 печи), Алчевском меткомбинате (4 печи) и Мариупольском меткомбинате им.Ильича (5 печей). При этом исследования Института черной металлургии показали, что применение ПУТ не относится к классу простых задач и требует тщательного исследования условий работы доменной печи. Эффект достигается только в

случае согласования работы установки ПУТ с технологическим режимом печи, использования оптимальной технологии загрузки шихтовых материалов, соблюдения оптимального теплового режима печи. Все эти вопросы могут быть решены только при научно-техническом сопровождении использования ПУТ в доменных печах.

В сталеплавильном производстве на увеличение энергозатрат оказывают следующие факторы: увеличение простоев сталеплавильных агрегатов, ухудшение качества чугуна (снижение температуры, нестабильность химического состава (особенно по сере), увеличение зашлакованности, снижение насыпной плотности металлолома, увеличение недопада извести и снижение содержания СаО, повышение требований к качеству выплавляемой стали и необходимость ее внепечной обработки.

В настоящее время одним из мероприятий, направленных на снижение расхода чугуна при производстве мартеновской стали и не требующих дополнительных капитальных затрат, является использование углеродсодержащих материалов в завалку (угля, кокса) для получения заданного содержания углерода данной марки стали.

На удельные расходы технологического топлива влияет ряд организационно-технических и технологических факторов сталеплавильного производства:

- изменение структуры сталеплавильного производства по способам выплавки стали в результате вывода из эксплуатации мартеновских цехов и печей и увеличения доли выплавки конвертерной и электростали;
- увеличение доли разливки стали на МНЛЗ;
- расширение экономии топливно-энергетических ресурсов в связи с повышением цен, в особенности на природный газ.

Следует, однако, учитывать, что при разливке на МНЛЗ температура стали должна быть выше на 20-50⁰С, а это требует дополнительного расхода чугуна на конвертерную сталь и дополнительного расхода электроэнергии при использовании электросталеплавильного способа выплавки. Применение внепечной обработки (доводки) стали также требует дополнительного нагрева металла на выпуске из сталеплавильного агрегата, что увеличивает расход чугуна (особенно на конвертерную сталь). Однако при увеличении доли разливки стали на МНЛЗ будет увеличиваться выход годного и снижаться общий расход огнеупоров, так как их удельный расход на производство непрерывнолитых заготовок меньше, чем на слитки. Это в определенной степени компенсирует необходимость повышения температуры стали и увеличивает общую эффективность перспективной технологии.

Удельный расход условного топлива определяется уровнем использования природного газа и мазута в сталеплавильных цехах, в т.ч. на сушку и разогрев печей после холодных и горячих ремонтов, подготовку стале-выпускных и заливочных желобов, обогрев бункеров с ферросплавами в

зимнее время и прокаливание ферросплавов, расплавление чушкового алюминия и отливку алюминиевой дроби, отопление миксеров, подготовку сталеразливочных составов (подогрев изложниц и поддонов, устанавливаемых под разливку впервые или после длительного перерыва, прогрев и прокаливание вновь футерованных прибыльных надставок), сушку огнеупорных материалов, работу мартеновских печей в режиме «дежурного газа».

Успешному развитию электросталеплавильного производства способствовало внедрение современных технических решений, обеспечивших расход электроэнергии на выплавку 1 т стали на уровне 340-345 кВт.ч., уменьшение продолжительности плавки до 40-42 мин и расхода электродов до 1,0-1,1 кг на 1 т стали.

Важнейшими факторами, влияющими на уменьшение энергетических затрат в прокатных цехах, является уменьшение производства сортового проката из слитков и расширение использования непрерывной заготовки. Удельные энергозатраты при производстве проката из непрерывной заготовки существенно меньше, чем при производстве проката из слитков, в т.ч. и за счет исключения из технологического цикла обжимно-заточечного производства. Еще более значительный уровень уменьшения энергетических затрат достигается при производстве проката из металлического лома на мини-заводах при совмещении непрерывной разливки и прокатки.

Таким образом, на основе собранной информации и проведенных исследований выполнен анализ энергетических параметров технологий металлургического производства, оценено влияние основных технологических и организационных факторов на формирование норм расхода топлива при производстве чугуна, стали и проката, определены основные направления экономии материальных и топливных ресурсов.

Приведенные данные свидетельствуют, что перспективное развитие ГМК может быть обеспечено при условии стабильной работы всех составляющих металлургического комплекса, включая инновационные процессы и научно-техническое сопровождение отрасли [7].

К наиболее перспективным технологическим процессам для использования на предприятиях ГМК следует отнести: усовершенствованные технологии и оборудование доменного производства, включая технологии подготовки железорудного сырья; оптимальные режимы загрузки шихтовых материалов; согласованную работу оборудования доменной печи для реализации энергосберегающей технологии; использование пылеугольного топлива для уменьшения расхода кокса; технологию работы доменной печи при дефиците природного газа и нестабильном качестве железорудного сырья. Реализация перспективных технологий доменного производства показывает, что доменная печь еще не исчерпала своих возможностей как на зарубежных, так и на отечественных предприятиях. После

реконструкции с использованием современных перспективных разработок доменная печь может быть отнесена к идеальному металлургическому агрегату и использована в качестве базового агрегата идеального металлургического завода ближайшего будущего.

В сталеплавильном производстве наиболее перспективные технологии связаны с усовершенствованием работы кислородных конвертеров, внепечной обработкой и непрерывной разливкой стали, что позволяет выплавлять высококачественную сталь широкого марочного сортамента – от низко и сверхнизкоуглеродистой до высокопрочной стали с низкой энергоемкостью производства. Использование электросталеплавильного производства по уровню энергозатрат является весьма перспективным для переработки металлического лома.

В прокатном производстве перспективные технологии связаны с совершенствованием сортамента проката, а также с созданием перспективных процессов сочетания непрерывной разливки стали и последующей обработки металла давлением, включая процессы непрерывной прокатки.

В общеметаллургическом плане перспективными представляются технологии сквозного производства металлопродукции с использованием возможностей всех металлургических переделов, что позволяет обеспечить высокое качество проката и низкую энергоемкость продукции.

Для выхода металлургической промышленности на передовые мировые позиции необходимо осуществить ряд мер на государственном и законодательном уровне, которые обеспечат усиление взаимодействия академической и отраслевой науки с промышленным сектором экономики и будут способствовать внедрению научных разработок в промышленное производство:

- усиление роли государства в проведении научно-технической политики в промышленности;
- создание прозрачных источников финансирования научных исследований для разработки новых перспективных видов металлопродукции;
- неотложная техническая и технологическая модернизация отрасли при активном участии государства;
- разработка механизма привлечения научных институтов НАН Украины и металлургической отрасли к проведению обязательной экспертизы инновационных проектов, которые должны быть реализованы на предприятиях горно-металлургического комплекса;
- организация на государственном уровне детального изучения потребностей внутреннего рынка, исходя из перспективных показателей развития отраслей экономики;
- обязательная экспертиза научными учреждениями проектов строительства новых агрегатов и модернизации имеющегося металлургического оборудования и систем автоматизированного контроля технологических процессов;

- проведение государственной политики по подготовке научных и инженерно-технических кадров для базовых отраслей промышленности Украины с обязательным проведением практики студентов инженерных специальностей на металлургических предприятиях.

Реализация предложенных мероприятий позволит усилить научно-технический потенциал Украины, ускорить внедрение результатов научных исследований, повысить конкурентоспособность продукции на внутренних и мировых рынках, уменьшить зависимость Украины от колебаний мировой экономики.

1. *Мазур В.Л.* Металургія України: стан, конкурентоспроможність, перспективи. //Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2010. – №2. – С.12–16.

2. *Гриценко С.Г., Власюк В.С.* Состояние мировой металлургии в новых реалиях экономического кризиса (по материалам 67 сессии Комитета по стали Организации экономического сотрудничества и развития, Париж, 10–11 декабря 2009 года). // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2010. – №1. – С.4–5.

3. *Харахулах В.С., Лесовой В.В., Мельник В.М.* Состояние сталеплавильного производства на предприятиях объединения «Металлургпром» и перспектива его развития до 2015 года. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2010. – №3. – С.4–11.

4. *Большаков В.И., Тубольцев Л.Г.* Состояние и перспективы развития черной металлургии Украины в условиях кризиса //Сб. тр. ИЧМ. Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – Вып.19. – 2009. – С.3–12..

5. *Большаков В.И., Тубольцев Л.Г., Гринев А.Ф.* Украинская металлургия: как не зайти в тупик //Металлы Евразии. – 2011. – № 5. С.3–10.

6. *Большаков В.И., Тубольцев Л.Г., Гринев А.Ф.* Технический уровень и научное сопровождение металлургической отрасли Украины // МГП. - 2011. - № 2. - С. 1-6.

7. *Большаков В.И., Тубольцев Л.Г.* Направления развития металлургического комплекса Украины //Сб. тр. ИЧМ. Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – Вып.21. – 2010. – С.3–20.

*Статья рекомендована к печати
докт.техн.наук А.С.Вергуном*

В.І.Большаков, Л.Г.Тубольцев

Енергетичні параметри технологій у нестабільних умовах металургійного виробництва

Метою дослідження є аналіз перспективних технологій металургійного виробництва для виявлення можливості зменшення енергетичних витрат на виробництво чорних металів. На основі аналізу тенденцій розвитку металургії визначено рівень енергетичних витрат на різних стадіях металургійного виробництва, розглянуто напрямки можливого зменшення енергетичних витрат, напрямки та завдання щодо розвитку вітчизняної металургійної галузі.

Ключові слова: металургія, тенденції, енергетичні витрати, перспективи, наукові дослідження

V.I.Bolshakov, L.G.Tuboltsev

Energy parameters of technology metallurgical production

The purpose of this study is to analyze emerging technologies metallurgical production to identify opportunities to reduce energy costs for the production of ferrous metals. Based on an analysis of trends in the development of metallurgy discussed the main directions for possible reduction of energy consumption and the of development of domestic steel industry.

Keywords: metallurgy, trends, energy costs, possibility, research