

УДК 621.771.26.014:669.013.5

В.С. МЕДВЕДЕВ, к.т.н., заведующий отделом
НИИ «УкрНИИМет» УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СОРТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ НА ЛИТЕЙНО-ПРОКАТНЫХ КОМПЛЕКСАХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МИНИ-ЗАВОДОВ*

Рассмотрены проблемы энергосбережения на литейно-прокатных комплексах металлургических мини-заводов небольшой мощности. Даны рекомендации по энергосберегающим технологиям производства сортовых профилей на литейно-прокатных комплексах, включая разливку стали, стыковку МНЛЗ и прокатного стана, а также по способам нагрева металла, режимам прокатки и термообработки.

мини-завод, разливка стали, прокатка, совмещенные системы, технология, энергосбережение

Интенсивный рост промышленного производства привел к дефициту и значительному повышению мировых цен на энергоносители. В этих условиях успешное функционирование металлургических предприятий напрямую связано с внедрением передовых энерго- и ресурсосберегающих технологий, реализацией мероприятий по техническому перевооружению и развитию производств высоколиквидных наукоемких видов продукции с высокой добавленной стоимостью [1–4].

Развитие передельных электрометаллургических мини-заводов, использующих в качестве исходного сырья вторичные ресурсы, в большой степени решает проблему энергосбережения [5, 6]. Экономия достигается прежде всего исключением из технологического цикла агломерационного и доменного производств и переходом на выплавку стали в дуговых электропечах.

Расход топливно-энергетических ресурсов по разным технологическим процессам ведущих стран (Япония, США, Германия, Великобритания и др.) на мини-заводах составляет 250–300 кг у.т./т, а на металлургических предприятиях с полным циклом передела – 655–870 кг у.т./т [5–9]. Производство металлопродукции на мини-заводе в 2–3 раза дешевле, чем производство из руды, при этом расходуется в 4 раза меньше электроэнергии, в 1,5 раза – воды и образуется в 3–4 раза меньше отходов на 1 тонну готовой продукции. При выплавке стали из металлолома выбросы в атмосферу на один-два порядка меньше, чем на интегрированных предприятиях с полным металлургическим циклом [10].

В НИИ «УкрНИИМет» УкрГНТЦ «Энергосталь» с целью удовлетворения потребности промышленности в специальных видах металлопродукции (экономичных

* Статья опубликована по материалам XVI Международной конференции «Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов», г. Щелкино, АР Крым, 2008 г.



фасонных профилях широкого сортамента, прокате повышенной готовности и других видах наукоемкой продукции) разработаны базовые технологии и экономически эффективные металлургические мини-заводы относительно небольшой мощности (от 15 до 120 тыс. т/год) по переработке металлолома в высокотехнологичную продукцию – сложные фасонные профили отраслевого назначения и сортовой прокат общего назначения (строительная арматура, полосы, круглая и угловая сталь, швеллерные и двутавровые профили) [11]. Заводы с такими малыми объемами производства можно назвать металлургическими микро-заводами.

Каждый микро-завод представляет собой литейно-прокатный комплекс (модуль) с дуговыми электропечами, машиной непрерывной разливки стали (или установкой разливки стали под регулируемым давлением для заводов с объемом производства до 25–30 тыс. т/год) и специализированным малотоннажным полунепрерывным прокатным станом. Основные черты таких микро-заводов – компактность, гибкость и экономическая эффективность.

Для повышения экономической эффективности и конкурентоспособности микро-заводов в технологические схемы производства заложены передовые энерго- и ресурсосберегающие технологии [12].

При решении задач энергосбережения рассматривали все этапы технологического процесса, начиная с отливки исходных заготовок, их нагрева, прокатки и всех последующих операций, вплоть до пакетирования готовой продукции. При этом рассматривали затраты энергии не только на основные технологические операции, но и на вспомогательные. Кроме того, учитывали экономию энергии, выраженную в неявной форме, например, в виде экономии металла, воды и др.

Рассмотрим возможные пути энергосбережения на различных этапах технологического процесса и влияние основных технологических факторов на энергетические затраты.

Для снижения расхода энергии на производство проката исходные заготовки должны иметь минимальное сечение. В этом случае суммарная работа деформации будет минимальной. Кроме того, при малых сечениях заготовок можно уменьшить диаметры рабочих валков и количество рабочих клетей, а, следовательно, массу и стоимость оборудования стана в целом, что позволит повысить эффективность малотоннажных производств. Выбор сечения исходных заготовок в каждом конкретном случае осуществляется с учетом ограничений по технологии разливки стали, прокатке профилей заданной геометрической формы и уровню механических свойств.

Одним из основных мероприятий, направленных на снижение энергопотребления в сортопрокатном производстве, является переход прокатных станов на использование непрерывнолитых заготовок, что позволяет увеличить на 12–18 % выход годного (на современных МНЛЗ выход годного составляет до 98,5 %), снизить расход стали на производство проката в среднем на 200–289 кг/т, уменьшить на 20–40 % затраты на топливно-энергетические ресурсы. Применение непрерывнолитых заготовок позволяет экономить до 170 кг условного топлива и около 80 кВт · час на одной тонне готового проката [13, 14].

На мини-заводах небольшой мощности (от 30 до 120 тыс. т/год), производящих мелкосортные сортовые профили общего и специального назначения, рационально использовать одно- или двухручьевые МНЛЗ, работающие с коэффициентом загрузки 0,80–0,85.

По оценкам экономистов, 80 % энергии в прокатном производстве используется на обычный нагрев металла до 1200 °С, 17 % – на прокатку и только 3 % – на вспомогательные операции. Поэтому разрабатываемые мероприятия по энергосбережению должны быть направлены в первую очередь на совершенствование технологии нагрева металла под прокатку и нагревательного оборудования.

В части технологии нагрева исходных заготовок под прокатку усилия должны быть направлены как на повышение эффективности самого нагрева металла с максимально возможным сокращением тепловых потерь, так и на утилизацию тепла. Здесь не менее важной является и проблема ресурсосбережения, т.е. снижение угара металла при нагреве под прокатку. О значительных потерях металла в угар свидетельствует тот факт, что при производстве рельсов в объеме 1,1 млн т в России в 2006 г. потери металла вследствие окисления в нагревательных печах составили до 1,5 %, что соответствует годовым потерям металла 16,5 тыс. т [15].

В сортопрокатном производстве для нагрева заготовок используются в основном газовые методические печи толкательного типа и печи с шагающим подом (балками). Современные механизированные печи с шагающим подом в 1,7–2,0 раза дороже, чем толкательные из-за увеличения массы оборудования, но эксплуатационные удобства и более высокое качество нагрева металла компенсируют этот недостаток. Печи с шагающим подом обеспечивают высокую скорость нагрева металла и уменьшение окалины (с 2,0–2,5 % – в толкательных до 0,5–0,6 % – в шагающих), а также снижение расхода топлива до 10–12 % за счет применения современных футеровочных материалов и уменьшения поверхности подовых труб. В нагревательных печах прокатных ста-

нов рекомендуется применять волокнистые материалы, рейтеры на подовых трубах, эффективные топливосжигающие устройства, автоматизированное управление тепловым режимом, сводовое отопление, внедрять новые конструкции высокотемпературных рекуператоров с подогревом воздуха до 500–600 °С и др. [16].

Учитывая большие потери энергии на нагрев металла, в проектируемые мини-заводы в обязательном порядке необходимо внедрять передовые технологии нагрева металла под прокатку и современное печное оборудование. Увеличенные капитальные вложения быстро окупятся в процессе эксплуатации завода.

Весьма существенным мероприятием, обеспечивающим значительную экономию энергоресурсов, является горячий посад металла в нагревательные печи прокатных станов. Тепловые расчеты нагрева металла в газовых печах показывают, что при горячем посадке заготовок с температурой 800 °С расход топлива уменьшается на 37 % по сравнению с холодным. В связи с этим весьма актуальным и экономически эффективным для мини-заводов является совмещение процессов разливки заготовок и прокатки в едином литейно-прокатном комплексе (модуле). Схемы совмещения МНЛЗ и прокатного стана могут быть различными [17].

Прямое совмещение отливки заготовок на радиальной МНЛЗ с прокаткой осуществлено ВНИИМЕТМАШ в литейно-прокатном агрегате для производства катанки диаметром 6 мм [18–21]. Учитывая большую разность скорости разливки стали и прокатки, стыковка МНЛЗ и прокатного стана осуществлена с использованием обжимной планетарной клетки. В этом агрегате совмещены винтовая и продольная прокатка. Такие агрегаты могут использоваться при производстве однородной продукции, в основном арматуры, круглой и квадратной стали. Для станов широкого размерного и марочного сортамента, производящих фасонные профили небольшими партиями, схема прямого совмещения МНЛЗ и прокатного стана практически не реализуема из-за технических проблем (формирование фланцевых профилей производится из подкатов прямоугольного сечения, а на планетарных клетях получают только подкаты круглого сечения) и организационных причин, связанных с различной производительностью МНЛЗ и прокатного стана, малотоннажностью партий поставки профилей, простоев стана при перевалках и переходах с калибра на калибр и т.д.

Фирма «Даниэли» для завода «Luna» (Италия) изготовила литейно-прокатный модуль, совмещающий двухручьевую радиальную МНЛЗ и прокатный стан для производства кругов из специальных высоколегированных сталей [22–23]. Технологией предусмотрена порезка за-

готовок после МНЛЗ и подогрев в тоннельной печи перед прокаткой.

Проведенные в НИИ «УкрНИИМет» УкрГНТЦ «Энергосталь» исследования и расчеты показывают, что на металлургических мини-заводах для производства простых сортовых и фасонных профилей общего и отраслевого назначения целесообразно использовать литейно-прокатные комплексы с разрывными схемами совмещения МНЛЗ и прокатного стана, предусматривающими горячий и, в случае необходимости, холодный посад заготовок в нагревательные печи, а также гибкие безынерционные способы нагрева металла. Варианты таких схем могут быть различными [17, 24], но во всех схемах присутствует нагревательная печь для подогрева непрерывнолитых заготовок при транзитной передаче с МНЛЗ на прокатный стан или нагрева холодных заготовок, подаваемых со склада. Стыковка МНЛЗ с прокатным станом осуществляется через буфер.

Требования гибкого и безынерционного нагрева металла в условиях мини-заводов с постоянно меняющимися ритмами разливки стали и прокатки в наибольшей степени могут удовлетворить индукционные нагревательные устройства.

Сравним энергозатраты и экономическую эффективность газового и индукционного нагрева металла.

Нагреву подвергаются холодные заготовки сечением 85x85 мм длиной 1500 мм до температуры 1200 °С. Полезная мощность на нагрев металла с производительностью 5 т/час составляет 1200 кВт. Эта мощность одинакова при любом способе нагрева. С учетом теплового коэффициента полезного действия (КПД) в газовых печах, равном 0,2, затраты энергии на нагрев заготовок составляют 6000 кВт, что эквивалентно расходу газа 600 м³/час. При индукционном нагреве металла тепловой КПД можно принять равным 0,66, тогда затраты энергии на нагрев металла составят 1810 кВт.

Таким образом, экономия энергии при индукционном нагреве составляет 69,9 %. При фонде рабочего времени 7000 часов и стоимости газа – 1400 грн за 1000 м³ годовое потребление газа составит 4200 тыс. м³ (5880 тыс. грн). С учетом стоимости электроэнергии, равной 0,4 грн за 1 кВт · час, годовое потребление электроэнергии при индукционном нагреве составит 11 400 тыс. кВт · час (4561 тыс. грн). Экономия при индукционном нагреве – 1319 тыс. грн в год.

Стоимость установки индукционного нагрева заготовок 85x85x1500 мм равна 2626 тыс. грн, срок окупаемости капитальных затрат – 2 года (эту величину следует рассматривать как оценку).

Теперь рассмотрим индукционный нагрев заготовок до температуры 1200 °С при горячем посадке металла с



температурой 800 °С. В этом случае полезная мощность на нагрев металла с производительностью 5 т/час составит 360 кВт, т.е. при горячем посаде экономия энергии составляет 70 %.

Применение индукционных нагревательных устройств обеспечивает высокоскоростной нагрев металла практически без угара и отсутствие затрат электроэнергии на холостом ходу. Индукционный нагрев металла особенно эффективен на малотоннажных станах широкого сортамента, где имеют место частые простои при перевалках, переходах с профиля на профиль и настройках стана.

В условиях малотоннажных станов мини- и микрозаводов весьма эффективной энергосберегающей технологией является низкотемпературная прокатка, при которой температура нагрева металла может быть на 200–250 °С ниже, чем при обычной прокатке. Проведенные в НИИ «УкрНИИМет» УкрГНТЦ «Энергосталь» исследования и расчеты показывают, что при снижении температуры нагрева металла с 1200–1270 °С до 1000–1050 °С экономия топлива составляет 110–130 кВт·час/т (400–470 МДж/т). Однако при этом возрастают затраты электроэнергии на прокатку на 15–18 кВт·час/т. Суммарная экономия энергоресурсов составляет 12–15 % [25].

Аналогичные исследования проводились Институтом черной металлургии НАН Украины на проволочных станах 250–6 («Криворожсталь») [26] и 150 (Белорецкий меткомбинат) [27]. В статье [26] отмечается, что снижение температуры нагрева металла на 100 °С увеличивает расход электроэнергии на линии стана на 6–10 %, а общее потребление энергоносителей уменьшается за счет экономии газа до 15 %.

Применение низкотемпературной прокатки на сортовых станах сопровождается ростом усилий и моментов прокатки, увеличением уширения металла в калибрах, увеличением износа прокатных валков и изменением других технологических факторов. Внедрению этой технологии должен предшествовать в первую очередь тщательный анализ изменения энергосиловых параметров прокатки и формоизменения металла в калибрах, что особенно важно при прокатке тонкостенных фасонных профилей. Использование низкотемпературной прокатки предполагает использование на прокатном стане более мощных рабочих клетей.

В определенных условиях низкотемпературной прокатки общий расход энергии может и не уменьшиться [28], что зависит от сочетания деформационно-скоростных параметров прокатки и реологических свойств прокатываемой стали.

К энергосберегающим технологиям производства сортовых профилей следует отнести и термическую обра-

ботку в потоке стана с использованием тепла прокатного нагрева. Устранение дополнительного нагрева металла под термообработку обеспечивает не только экономию энергоресурсов, но и снижение вредных выбросов. За счет термической обработки повышаются служебные свойства металлопродукции, что ведет к экономии металла, сокращению потерь в окалину и особенно актуально при производстве профилей с малыми размерами поперечного сечения. Применение термической обработки в потоке прокатных станов металлургических мини-заводов позволяет сэкономить производственные площади и сократить капитальные затраты на их строительство. Наибольшее распространение эта технология получила в производстве мелкого сорта, особенно арматуры и катанки.

Возможность использования низкотемпературной прокатки на станах, где производится термообработка профилей в потоке с прокатного нагрева, должна увязываться с изменением температуры конца прокатки и управлением температурой [29–31].

Одним из основных направлений энергосбережения в сортопрокатном производстве является разработка и внедрение технологий термомеханической обработки и их разновидностей – контролируемой или регулируемой прокатки для получения профилей заданного уровня качества.

Разработанные в Центре теоретические методы расчета деформационных, температурно-скоростных и энергосиловых параметров прокатки, алгоритмическое и программное обеспечение систем автоматизированного проектирования позволяют проектировать рациональные энергосберегающие технологические режимы прокатки с учетом теплового баланса раскатов [32, 33].

На стадии прокатки экономия энергоресурсов может достигаться путем внедрения рациональных температурно-скоростных и деформационных режимов прокатки и использования новейших достижений в области прокатного оборудования.

Проведенные многовариантные расчеты различных технологических схем и режимов прокатки показывают, что в условиях металлургических мини-заводов небольшой мощности возможно существенное снижение затрат энергии путем уменьшения в определенных пределах скорости прокатки в чистовых группах клетей малотоннажных станов. Снижение скорости прокатки в чистовых группах клетей непрерывных станов ограничено минимально допустимыми скоростями прокатки и значительным падением температуры металла в черновых клетях. В этом случае возможности изменений минимальны.

Иная ситуация на полунепрерывных станах. На таких станах производительность чистовой непрерывной

группы клетей, как правило, значительно выше производительности обжимной клетки. Учитывая, что производительность полунепрерывных станов определяется пропускной способностью обжимной клетки, возможно уменьшение скорости прокатки в чистовых клетях и, следовательно, существенное снижение затрат энергии на прокатку. При уменьшении скорости прокатки значительно сокращается расход энергии и на холостой ход клетей.

Для компенсации потерь тепла раскатом малого сечения перед непрерывной группой целесообразно устанавливать неотапливаемый термостат.

Проведенные расчеты показывают, что расход энергии на прокатку при таком подходе может быть уменьшен на 30–40 %. С точки зрения энергосбережения, малотоннажные станы металлургических мини-заводов должны быть полунепрерывными.

Возможность экономии энергозатрат путем изменения скоростного режима прокатки показана в работах [31, 34].

Таким образом, изложенные в данной статье энергосберегающие технологии целесообразно использовать при создании металлургических мини-заводов для производства сортовых профилей общего и отраслевого назначения, что будет способствовать повышению их экономической эффективности и конкурентоспособности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сталинский, Д.В. Отраслевая программа энергосбережения как наиболее эффективная форма организации работ по снижению энергозатрат на предприятиях ГМК Украины [Текст] / Д.В. Сталинский, В.А. Ботштейн // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2006. – № 4. – С. 1–3.
2. Большаков, В.И. Проблемы научно-технического развития черной металлургии [Текст] / В.И. Большаков, Л.Г. Тубольцев // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2001. – № 2. – С. 3–8.
3. Сталинский, Д.В. Резервы энергосбережения на предприятиях горно-металлургического комплекса. Основные задачи и перспективы их реализации [Текст] / Д.В. Сталинский, В.А. Ботштейн, В.В. Лесовой // Экология и промышленность. – 2006. – № 1. – С. 4–7.
4. Большаков, В.И. Перспективы энергосбережения в черной металлургии Украины [Текст] / В.И. Большаков, Л.Г. Тубольцев // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2007. – № 3. – С. 1–5.
5. Лоскутов, А.Б. Основные направления энергосбережения на предприятиях черной металлургии [Текст] / А.Б. Лоскутов и др. // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. – 2003. – Вып. 1. – 7 с.
6. Смирнов, В.С. Металлургические мини-заводы [Текст] / В.С. Смирнов и др. – Донецк: Норд-Пресс, 2005. – 469 с.
7. Чоджой, М.Х. Энергосбережение в промышленности [Текст] / Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1982. – 272 с.
8. Егоричев, А.П. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов / А.П. Егоричев и др. – М.: Металлургия, 1990. – 149 с.
9. Mini-Mills Are Growing, Becoming More Sophisticated // 33 Metal Producing. – 1989. V. 27. № 3. – P. 32.
10. Девиатайкин, А.Г. Экологические преимущества электроплавильных мини-заводов [Текст] / А.Г. Девиатайкин, А.Н. Попов, В.Д. Смоляренко // Сталь. – 2006. – № 3. – С. 18–19.
11. Сталинский, Д.В. Металлургические микрозаводы [Текст] / Д.В. Сталинский, А.С. Рудюк, В.С. Медведев, Ю.Б. Крюков // Специализированный журнал «Штрипс». – 2007–2008. – № 20–21. – С. 14–19.
12. Медведев, В.С. Сортопрокатные станы [Текст] / В.С. Медведев, Ю.Б. Крюков, В.В. Осипенко // Перспективы развития горно-металлургического комплекса. Материалы международной научно-практической конференции. – Краматорск: НКМЗ, 2004. – 213 с.
13. Разработка программы и технико-экономических показателей использования в сортопрокатном производстве непрерывнолитой заготовки с учетом технического уровня металлургического оборудования, существующего и перспективного марочного и размерного сортамента проката [Текст]. – Отчет УкрНИИМет по НИР 709/94, № гос. рег. 01944022123, Харьков, 1995. – 94 с.
14. Колюпанов, В.М. Энерго- и ресурсосбережение при внедрении непрерывной разливки и внепечной обработке стали в проектах института «Гипросталь» [Текст] / В.М. Колюпанов, В.Ю. Кулак // Сборник научных статей XIV международной научно-практической конференции «Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов» (5–9 июня 2006 г., г. Щелкино, АР Крым), Т. 1. – С. 219–225.
15. Темлянецов, М.В. Определение угара и обезуглероживания непрерывнолитых заготовок рельсовой стали при нагреве в методических печах с шагающими балками [Текст] / М.В. Темлянецов, Е.А. Колотов, А.Ю. Сюсюкин // Изв. вузов: Черная металлургия. – 2006. – № 12. – С. 62–63.
16. Кривченко, Ю.С. Ресурс- и энергосбережение на предприятиях горно-металлургического комплекса (основные мероприятия) [Текст] // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2006. – № 3. – С. 1–4.
17. Коновалов, Ю.В. Сортовые литейно-прокатные модули [Текст] / Ю.В. Коновалов, О.В. Дубина, А.В. Кекух,



- А.Г. Маншилин // *Металл и литье Украины*. – 2004. – № 8–10. – С. 19–27.
18. **Сивак, Б.А.** Литейно-прокатные агрегаты [Текст] / Б.А. Сивак, А.И. Майоров // *Тяжелое машиностроение*. – 1997. – № 5. – С. 6–9.
 19. **Сивак, Б.А.** Литейно-прокатные агрегаты для металлургических мини-заводов [Текст] / Б.А. Сивак, И.С. Ротов // *Ин-т «Черметинформация»*. – Бюл. «Черная металлургия». – 2001. – № 3. – С. 7–15.
 20. **Сапожников, А.Я.** Мини-комплекс для производства мелкого сорта на основе совмещения винтовой и продольной прокатки [Текст] / А.Я. Сапожников, А.М. Кривенцов, С.П. Милютин // *Труды третьего конгресса прокатчиков*. – М.: АО «Черметинформация», 2000. – С. 314, 315.
 21. **Сапожников, А.Я.** Мелкосортные станы конструкции ВНИИМЕТМАШ для мини-заводов [Текст] // *Сталь*. – 1999. – № 6. – С. 61, 62.
 22. **Албзетта, Ф.** Новая установка совмещенного литья и бесконечной прокатки специальных сталей на заводе фирмы ABS [Текст] // *Черные металлы*. – 2002. – № 5. – С. 78–87.
 23. Завод «Luna» фирмы «Danieli» для бесконечной разливки и прокатки специальных сталей: технология, инновация и преимущества [Текст] // *Новости черной металлургии за рубежом*. – 2003. – № 2. – С. 69–69.
 24. **Светковский, У.** Привязка УНРС к мелкосортным или проволочным станам [Текст] // *MPT*. – 1993. – С. 56–62.
 25. Энергосбережения при низкотемпературній прокатці та його вплив на якість металу і експлуатацію устаткування [Текст] / Л.А. Вакула, А.С. Рудюк // *Экология и промышленность*. – 2007. – № 4. – С. 54–59.
 26. **Шеремет, В.А.** История и перспективы сотрудничества прокатчиков Института черной металлургии НАН Украины и комбината «Криворожсталь» [Текст] / В.А. Шеремет, С.М. Жучков, А.В. Кекух, М.А. Бабенко // *Металл и литье Украины*. – 2004. – № 8–10. – С. 10–12.
 27. **Горбанев, А.А.** Технология производства катанки на стане 150 из заготовки с пониженными температурами нагрева [Текст] / А.А. Горбанев, А.М. Юнаков, Е.М. Евтеев и др. // *Сталь*. – 1992. – № 5. – С. 52–54.
 28. **Хензель, А.** Оптимизация расхода энергии в процессе деформации [Текст] / А. Хензель и др. под ред. Т. Шпиттеля и А. Хензеля; пер. с нем. – М.: Металлургия, 1985. – 184 с.
 29. **Жучков, С.М.** Изменение температуры раската на непрерывном сортовом стане [Текст] / С.М. Жучков, А.П. Лохматов, Л.В. Кулаков // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. Сб. науч. тр. ИЧМ НАН Украины. – Киев: Наукова думка, 2001. – Вып. 4. – С. 116–120.
 30. **Жучков, С.М.** Исследование влияния технологических факторов на температурный режим прокатки на непрерывном мелкосортном стане [Текст] / С.М. Жучков, Л.В. Кулаков, А.П. Лохматов // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. Сб. Науч. тр. ИЧМ НАН Украины. – Киев: Наукова думка, 2001. – Вып. 4. – С. 121–127.
 31. **Жучков, С.М.** Возможности сокращения энергозатрат при производстве сортового проката [Текст] // *Сталь*. – 2006. – № 7. – С. 47–49.
 32. **Медведев, В.С.** Комплексное автоматизированное проектирование калибровок валков для прокатки сортовых профилей на базе типовых программных модулей [Текст] / В.С. Медведев, С.Б. Стрюков // *Труды пятой международной научно-технической конференции «Теоретические проблемы прокатного производства»* (г. Днепропетровск, 16–18 мая 2000 г.). // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2000. – № 8–9. – С. 198–201.
 33. **Медведев, В.С.** Расчет температуры металла при прокатке простых и фасонных профилей [Текст] // *Сталь*. – 1981. – № 6 – С. 49–51.
 34. **Жучков, С.М.** Методы оперативного управления составляющими теплового баланса раската на непрерывном сортовом стане [Текст] / С.М. Жучков, А.П. Лохматов, Л.В. Кулаков // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. Сб. науч. тр. ИЧМ НАН Украины. – Киев: Наукова думка, 2002. – Вып. 5. – С. 166–169.

Поступила в редакцию 21.07.2008

Розглянуто проблеми енергосбереження на ливарно-прокатних комплексах металургійних міні-заводів невеликої потужності. Надано рекомендації щодо енергосберігаючих технологій виробництва сортових профілів (включаючи розлив сталі, стикування МНЛЗ і прокатного стану), а також щодо способів нагріву металу, режимів прокатки і термообробки.

Problems of energy-saving at foundry-rolling complexes of metallurgical mini-plants of small capacity are considered. Recommendations on energy-saving technologies for manufacturing sectional steel at foundry-rolling complexes, including steel casting, joining continuous casting machine and rolling mill as well as ways of metal heating, modes for rolling and heat treatment are given.