

УДК 621.771

СТАЛИНСКИЙ Д.В., докт. техн. наук, проф., генеральный директор
РУДЮК А.С., канд. техн. наук, зам. генерального директора
МЕДВЕДЕВ В.С., докт. техн. наук, главный научный сотрудник
УкрГНТЦ «Энергосталь», Харьков

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В СОРТОПРОКАТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Выполнен анализ и даны рекомендации по наиболее перспективным ресурсо- и энергосберегающим технологиям при производстве сортового проката, включая прокатку профилей из непрерывнолитых заготовок, совмещение непрерывной разливки с прокаткой (горячий посад), использование гибких способов нагрева металла, оптимизацию сечений и массы исходных заготовок, температурных и деформационно-скоростных режимов прокатки, а также применение низкотемпературной и контролируемой прокатки и др.

Виконано аналіз і надано рекомендації з найбільш перспективних ресурсо- і енергозберігаючих технологій при виробництві сортового прокату, включаючи прокатку профілів з неперервнолитих заготовок, поєднання безперервного розливання з прокаткою (гарячий посад), використання гнучких способів нагріву металу, оптимізацію перетинів і маси вихідних заготовок, температурних і деформаційно-швидкісних режимів прокатки, а також впровадження низькотемпературної і контрольованої прокатки та ін.

Analysis is executed and are given recommendations about the most perspective resource and energy saving technologies for section rolling production including rolling of profiles from continuous-casted billets, combination of continuous casting with rolling (hot charging), usage of flexible methods of metal heating, optimization of sections and mass of raw billets, temperature and deformative-speed modes of rolling, and also application of low-temperature and controllable rolling and other.

Одним из приоритетных направлений развития горно-металлургического комплекса Украины является создание и внедрение в производство новых ресурсо- и энергосберегающих технологических процессов и оборудования, которые обеспечивают не только снижение энергетических затрат, но и улучшают экологическую обстановку [1–5].

В черной металлургии сортопрокатное производство как одна из основных и завершающих стадий передела металла является значительным потребителем энергетических ресурсов (природного газа и электроэнергии), а также источником загрязнения окружающей среды.

Исходя из этого, передовыми ресурсо- и энергосберегающими технологиями в сортопрокатном производстве являются: прокатка сортового проката из непрерывнолитой заготовки; совмещение непрерывной разливки с прокаткой; применение индукционного нагрева металла перед прокаткой; использование рациональных сечений и массы исходных заготовок с одновременной оптимизацией температурных и деформационно-скоростных режимов прокатки; применение низкотемпературной и контролируемой прокатки; термическая обработка проката в потоке станов с использованием

тепла прокатного нагрева; использование современного менее металлоемкого оборудования, обеспечивающего снижение эксплуатационных затрат; создание мини-производств по переработке отходов и другие [6–7].

Следует отметить, что одним из основных мероприятий, направленных на снижение энергопотребления в сорто-прокатном 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 кВтч на одной тонне готового проката [8].

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 следует направить в первую очередь на совершенствование технологии нагрева металла под прокатку и нагревательного оборудования.

В связи с этим весьма актуальным и экономически эффективным является совмещение процессов разлива заготовок и прокатки в едином литейно-прокатном комплексе (модуле) с обеспечением горячей посадки металла в нагревательные печи прокатных станов.

Тепловые расчеты нагрева металла в газовых печах показывают, что при горячей посадке заготовок с температурой 800 °С расход топлива уменьшается, по сравнению с холодным посадом, на 37 %.

Схемы совмещения МНЛЗ и прокатного стана могут быть различными [9], однако приоритет за разрывными схемами совмещения с буфером между МНЛЗ и прокатным станом. Для станов широкого размерного и марочного сортамента схема прямого совмещения МНЛЗ и прокатного стана практически не реализуема из-за технических проблем и организационных причин, связанных с различной производительностью МНЛЗ и прокатного стана, малотоннажностью партий поставки профилей, простоями стана при перевалках и переходах с калибра на калибр и т.д.

Требованиям нагрева металла в условиях работы литейно-прокатных комплексов с постоянно меняющимися ритмами разлива стали и прокатки удовлетворяют высокопроизводительные нагревательные печи с шагающим подом, которые позволяют снизить угар металла (до 1 %) и расход топлива, уменьшить неравномерность нагрева заготовок, повысить качество готового проката. Однако в наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют мобильные безынерционные индукционные нагревательные устройства, которые особенно эффективны для мини-производств. Расчеты показывают, что стоимость тепловой энергии, получаемой сжиганием природного газа и затрачиваемой на нагрев металла, в 1,4 раза больше стоимости электроэнергии при индукционном нагреве. Преимущества электронагрева заключаются также в высокой скорости и качестве нагрева заготовок, отсутствии окалинообразования и вредных выбросов и др.

На стадии прокатки экономия энергоресурсов может достигаться путем использования на сортовых станах рациональных сечений исходных заготовок и оптимизации температурно-скоростных и деформационных режимов прокатки.

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 производства. Выбор сечения исходных заготовок в каждом конкретном случае осуществляется с учетом ограничений по технологии разлива стали, прокатке профилей заданной геометрической формы и уровню механических свойств.

Разработанные в УкрГНТЦ «Энергосталь» теоретические методы расчета деформационных, температурно-скоростных и энергосиловых параметров прокатки, алгоритмическое и программное обеспечение системы автоматизированного проектирования технологии прокатки (САПР «Сортовая прокатка») позволяют проектировать энергосберегающие технологии путем варьирования технологических режимов прокатки [10].

Проведенные многовариантные расчеты различных технологических схем и режимов прокатки показывают, что на сортовых станах возможно существенно снизить затраты энергии путем уменьшения в определенных пределах скорости прокатки в чистовых группах клетей. 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, где 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 существенно сокращается расход энергии и на холостой ход клетей.

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

Проведенные расчеты показывают, что расход энергии на прокатку при таком подходе может быть уменьшен на 10–20 %.

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 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·ч/т (400–470 МДж/т). Однако при этом затраты электроэнергии на прокатку возрастают на 15–18 кВт·ч/т. Суммарная экономия энергоресурсов составляет 12–15 % [11].

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. Низкотемпературная прокатка предполагает использование на прокатном стане более мощных рабочих клетей.

В определенных условиях низкотемпературной прокатки общий расход энергии может и не уменьшиться – все зависит от сочетания деформационно-скоростных параметров прокатки и реологических свойств прокатываемой стали.

Возможность использования низкотемпературной прокатки на станах, где производится термообработка профилей в потоке с прокатного нагрева, должна увязываться с изменением температуры конца прокатки и ее управлением [12].

К энергосберегающим технологиям следует отнести и термическую обработку профилей в потоке стана с использованием тепла прокатного нагрева. Устранение дополнительного нагрева металла под термообработку обеспечивает экономию энергоресурсов и снижение вредных выбросов.

За счет термической обработки повышаются служебные свойства металлопродукции, что ведет к экономии металла у потребителя. У металлургов сокращаются потери металла в окалину, что особенно актуально при производстве профилей с малыми размерами поперечного сечения. Применение термической обработки в потоке прокатных станов позволяет экономить производственные площади и сокращать капитальные затраты на их строительство. Наибольшее распространение эта технология получила при производстве мелкого сорта, особенно арматуры и катанки.

Существенную экономию энергии в сортопрокатном производстве обеспечивает технология термомеханической обработки и ее разновидности – контролируемая или регулируемая прокатка для получения профилей заданного уровня качества.

Изложенные в данной статье ресурсо- и энергосберегающие технологии используются (в зависимости от конкретных условий) в проектах УкрГНТЦ «Энергосталь» при создании новых и реконструкции действующих прокатных производств.

Так, например, с использованием этих технологий разработаны проекты новых мелкосортно-проволочных станов для ОАО «Волгоцеммаш» (г. Тольяти, Россия) и сталепрокатного завода в г. Белая Церковь (Украина), литейно-прокатного комплекса ЗАО «Сулинский металлургический завод» (г. Красный Сулин, Россия) и др.

В УкрГНТЦ «Энергосталь» на протяжении ряда лет ведутся работы по созданию эффективных металлургических мини-заводов небольшой мощности для производства сортового проката широкого сортамента из металлолома. В основу создания таких мини-заводов положены новые подходы, которые базируются на интеграции смежных переделов в единые модули, что обеспечивает их рентабельность. Характерной особенностью мини-заводов

являются новые ресурсо- и энергосберегающие технологические процессы и агрегаты, адаптированные для малых производств, а также высокая степень их функциональной совместимости между собой в едином технологическом цикле.

Выводы: в условиях рыночной экономики при создании новых и реконструкции действующих прокатных производств необходимо предусматривать технические решения, которые способны обеспечить высокий уровень технологии, качество готовой продукции и минимальную ее себестоимость. Такой подход обеспечит конкурентоспособность предприятий в течение длительного времени. Реализация этих задач возможна только при комплексном использовании новых ресурсо- и энергосберегающих технологий.

Список литературы: 1. *Сталинский Д.В.* Отраслевая программа энергосбережения как наиболее эффективная форма организации работ по снижению энергозатрат на предприятиях ГМК Украины / *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 / *В.И. Большаков, Л.Г. Тубольцев* // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2001. – № 2. – С. 3–8. 3. Резервы энергосбережения на предприятиях горно-металлургического комплекса. Основные задачи и перспективы их реализации / *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 / *В.И. Большаков, Л.Г. Тубольцев* // *Металлургическая и горнорудная промышленность*, – 2007. – № 3. – С. 1–5. 5. Основные направления энергосбережения на предприятиях черной металлургии / *А.Б. Лоскутов* и др. // *Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения*. – 2003. – Вып. 1. – 7 с. 6. Комплексное использование ресурсо- и энергосберегающих технологий при создании металлургических мини-заводов с объемом производства 200 тыс. тонн в год / *Д.В. Сталинский* и др. // *Сб. науч. статей XIX Международной научно-практической конференции «Инновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения»*, 6-10 июня 2011 г., г. Щелкино, АР Крым, Т.1. – Харьков. – 2011. – С. 178–184. 7. *Медведев В.С.* Энергосберегающие технологии производства сортовых профилей на литейно-прокатных комплексах металлургических мини-заводов / *В.С. Медведев* // *Экология и промышленность*. – 2008. – № 5. – С. 64–69. 8. *Колюпанов В.М.* Энерго- и ресурсосбережение при внедрении непрерывной разливки и внепечной обработке стали в проектах института «Гипросталь» / *В.М. Колюпанов, В.Ю. Кулак* // *Сб. науч. 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. 9. *Коновалов Ю.В.* Сортовые литейно-прокатные модули / *Ю.В. Коновалов, О.В. Дубина, А.В. Кекух, А.Г. Манишин* // *Металл и литье Украины*. – 2004. – № 8–10. – С. 19–27. 10. *Медведев В.С.* Комплексное автоматизированное проектирование калибровок валков для прокатки сортовых профилей на базе типовых программных модулей / *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. 11. *Вакула Л.А.* Энергосбережения при низкотемпературній прокатці та його вплив на якість металу і експлуатацію устаткування / *Л.А. Вакула., А.С. Рудюк* // *Экология и промышленность*. – 2007. – № 4. – С. 54–59. 12. *Жучков С.М.* Методы оперативного управления составляющими теплового баланса раската на непрерывном сортовом стане / *С.М. Жучков, А.П. Лохматов, Л.В. Кулаков* // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии : сб. науч. тр. ИЧМ НАН Украины*. – К. : Наукова думка, 2002. – Вып. 5. – С. 166–169.