

Ю. В. Коновалов, А. Г. Маншилин*, М. Г. Коренко**

Приазовский государственный технический университет, Мариуполь

*НПО «Доникс», Донецк

**Криворожский национальный университет, Кривой Рог

Листовой литейно-прокатный агрегат для ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»

Для расширения сортамента прокатной продукции ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» обосновано создание литейно-прокатного агрегата для производства горячекатаных полос и листов толщиной 1,5-6,0 мм, шириной 1500-2200 мм.

Ключевые слова: литейно-прокатный агрегат, стан Стеккеля, печные моталки, широкополосный стан горячей прокатки, толстолистовой реверсивный стан, черновая клеть, чистовая клеть, полоса, горячекатаный лист

В работе [1] представлены достоинства и недостатки ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», имеющиеся в настоящее время, и сделан вывод о целесообразности коренной реконструкции этого предприятия. Авторы настоящей статьи понимают, что такая реконструкция будет очень дорогой и должны быть веские доводы для её начала. Вот главные из них:

– Украина должна сохранить металлургию, иначе, как пишут авторы работы [2]: «...придётся ввозить в страну гвозди, лопаты и грабли из Европы»;

– «Криворожсталь», образно говоря, стоит на высококачественной руде, которой хватит на много лет;

– комбинат специализирован на производстве арматурных профилей для армирования железобетонных конструкций, мелкого сорта и катанки, а эти виды проката, учитывая события 2014 и начала 2015 гг., крайне важны, особенно в ближайшее время.

И может быть, самое главное – корпорация «АрселорМиттал» – производитель стали № 1 в мире, вряд ли её руководители хотят это место уступить конкурентам.

Базой реконструкции, безусловно, должны стать имеющиеся шахтоуправление, горно-обогательное, коксохимическое и металлургическое производства. Вероятно, по всем указанным производствам определённые мероприятия необходимо будет выполнить, но главное – это модернизация металлургического производства.

Существующие мощности аглодоменного департамента в части производства агломерата значительно выше потребности комбината, что позволяет реализовать агломерат как товарную продукцию.

В части доменного производства следует отметить: как прогнозируют специалисты, полной замены его альтернативными процессами в ближайшие 50 лет (называют даже цифру – 100 лет) не произойдёт. Поэтому на первом этапе реконструкции объём производства чугуна может быть сохранён на уровне 5-6 млн т/год, но при обязательном условии освоения технологии выплавки чугуна с применением пылеугольного топлива на всех доменных печах. Стале-

плавильное и прокатное производства подлежат коренной модернизации.

В сталеплавильном производстве мартеновские печи должны быть безусловно выведены из эксплуатации, и вся сталь должна выплавляться в кислородных конвертерах и разливаться на МНЛЗ, но работающих не отдельно от прокатных станков, а в комплексе с ними, то есть должны быть использованы литейно-прокатные агрегаты, состоящие из МНЛЗ в одной линии с прокатными станами.

Наличие на ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» шести 160-тонных конвертеров позволяет рассчитывать на производство стали 6,0-6,5 млн т/год. При этом, поскольку вся сталь будет разливаться на МНЛЗ, то объём стали, отлитой в непрерывнолитую заготовку, увеличится на 6-7 % по сравнению с отливкой стали в слитки, что обусловит увеличение объёмов производимого проката не менее, чем на 5-6 %.

Ранее был отмечен, как один из существенных недостатков предприятия, его узкий сортамент прокатной продукции. Расширение сортамента ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» целесообразно произвести за счёт организации производства горячекатаной листовой продукции. В Украине работают два широкополосных стана горячей прокатки (ШСГП): на ПАО «Запорожсталь» и ПАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича» (ММК им. Ильича). На обоих станах прокатывают горячекатаные полосы шириной не более 1500, толщиной 1,5-10,0 мм. Первый из этих станков физически и морально изношен и работает с использованием слябов из мартеновской стали, разливаемой в изложницы (слитковый передел). Второй стан подвергнулся реконструкции, но слитковый передел на нём пока сохранился.

На толстолистовых (ТЛС) реверсивных станах 3600 ПАО «Азовсталь» прокатывают листы минимальной толщины 7 мм, стан 3000 ПАО «ММК им. Ильича» – 8 мм, стан 3000 ПАО «Алчевский металлургический комбинат» – 6 мм.

Отсюда следует вывод, что ниша горячекатаных полос толщиной 1,5-6,0 и шириной в диапазоне свыше 1500 и до 2200 мм в Украине не используется.

Цифра 2200 мм принята, исходя из того, что мировой парк ШСГП ограничен максимальной длиной бочки валков 2400 мм, только один в мире ШСГП имеет длину бочки валков 2500 мм – это ШСГП ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

Исходя из экономических и временных соображений, предлагается заполнить эту нишу листовой продукцией за счёт строительства на ПАО «Арселор-Миттал Кривой Рог» среднеслябового литейно-прокатного агрегата на базе стана Стеккеля.

Начиная с 2000-х годов, станы Стеккеля стали достаточно интенсивно развиваться. Причём их начали применять не только для прокатки полос толщиной до 10 мм в основном из легированных марок стали, а и для листов толщиной вплоть до 50 мм, в том числе и из рядовых углеродистых марок стали. Это, в свою очередь, обусловило увеличение длины бочки валков вплоть до 3250 мм [3-6].

В указанных работах отмечено, что станы Стеккеля становятся серьёзными конкурентами ШСГП в части прокатки полос вплоть до ширины 3200 мм и ТЛС в части производительности. При наличии двухклетевого (черновая и чистовая клетки) стана Стеккеля его годовое производство может достигать 1,5 млн т (то есть значительно больше, чем на традиционных ТЛС, имеющих объёмы производства 500-800 тыс. т/год [6]). С этим трудно согласиться, поскольку ТЛС 3600 ПАО «Азов-сталь» имеет проектную мощность 1,7 млн т/год, а ТЛС 3000 ПАО «ММК им. Ильича» – 2,5 млн т/год.

Конкретно для ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» использовать стан Стеккеля для производства толстого листа на первом этапе реконструкции нецелесообразно. На это есть четыре главные причины.

Во-первых, участки адьюстажа для тонкого и толстого листа различны, причём для толстого листа машины и приборы для резки, правки, термообработки и контроля качества крупнее, сложнее и дороже. То есть производство толстого листа увеличит расходы как на строительство, так и на оборудование.

Во-вторых, Украина располагает двумя станами ТЛС – 3000 и 3600. То есть объёмы производства толстого листа значительно превышают потребности внутреннего рынка. А его увеличение возможно лишь при возрождении судостроительной промышленности, производства электросварных труб большого диаметра, машиностроительных и других предприятий. В ближайшее время этого вероятнее всего не произойдёт.

В-третьих, прокатка толстого листа на станах Стеккеля производится без использования расположенных с передней и задней клетей моталок. Иными словами в этих моталках необходимо будет поддерживать определённую температуру (нерациональное использование электроэнергии или газа), либо отключать отопление (в этом случае кладка печи будет работать в режиме нагрев-охлаждение, что вызовет снижение её стойкости).

В-четвёртых, одним из достоинств станов Стеккеля является отсутствие раскатных протяжённых рольгангов при чистовой клетке, а при прокатке толстых листов они необходимы.

Поэтому литейно-прокатный агрегат со станом Стеккеля на первом этапе реконструкции предприятия целесообразно сориентировать на производство горячекатаных полос толщиной 1,5-6,0, шириной 1500-2200 мм.

Это сразу определяет длину бочки валков прокатных клеток – 2400 мм.

Упрощённая схема расположения основного оборудования комплекса показана на рис. 1.

Поскольку ширина слябов должна соответствовать ширине прокатываемых полос, то максимальная ширина отливаемых на МНЛЗ слябов должна быть 2200 мм. С учётом результатов исследований ДонНИИЧерМета и ДонНТУ реально редуцирование слябов по ширине в универсальной черновой клетке ШСГП может составлять 250 мм [7]. В этом случае для обеспечения всего диапазона ширины полос 2200-1500 мм с градацией по ширине через 50 и 100 мм необходимо будет иметь для МНЛЗ три размера кристаллизаторов по ширине: 2200, 1950 и 1700 мм. Это позволит исключить необходимость применения сложного и дорогого кристаллизатора с перемещающимися боковыми стенками [7].

Для схемы (рис. 1) в работах [6] и [8] рекомендуется отливка слябов толщиной 150 [6] или 125 мм [8]. Такие слябы относят по толщине к средним, а сам ЛПА поэтому называют среднеслябовым [9].

Подогрев горячих слябов осуществляют в методической печи с шагающим подом. Размеры печи определяются главным образом длиной слябов. В работе [6] указана возможная максимальная длина слябов 18 м. При толщине 150 мм их масса составит примерно 75 т. Такая длина и масса повлекут за собой увеличение ширины печи, длины раскатных

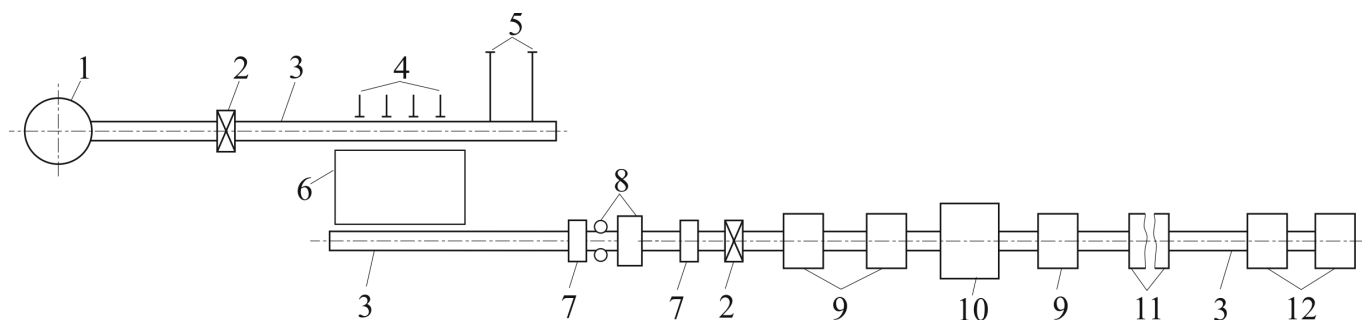


Рис. 1. Схема расположения оборудования ЛПА: 1 – МНЛЗ; 2 – ножницы; 3 – рольганги; 4 – сталкиватели горячих слябов; 5 – устройство подачи холодных слябов; 6 – нагревательная печь; 7 – гидросбив окалины; 8 – универсальная клеть дуо; 9 – печные моталки; 10 – клеть кварто; 11 – душирующие устройства; 12 – подпольные моталки

полей, примыкающих к черновой клетке. Поэтому для условий ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» рекомендуется ограничить длину слябов до 15 м, как это в настоящее время принято на большинстве ШСГП.

Необходимо предусмотреть и небольшие объёмы нагрева холодных слябов при их отсортировке из основного технологического потока. В этом случае время нагрева будет увеличиваться.

В качестве черновой клетки целесообразно применять реверсивную универсальную клетку дуо. Это позволит не только обеспечить требуемую толщину подката для чистовой клетки, но и выполнить редуцирование раскатов по ширине.

Чистовая клетка должна быть кварто, а спереди и сзади неё располагают печные моталки. На традиционных станах Стеккеля их две. При этом долгое время не была решена проблема предотвращения захлаживания концов полос, прокатанных в валках и остановленных в тянуще-задающих роликах. Неравномерность распределения температуры по длине полосы обуславливала неравномерность механических свойств и продольную разнотолщинность полос.

Эта задача была решена специалистами фирмы VAI (Австрия) путём создания новой конструкции моталки, которая позволяла производить полную смотку полосы, а потом выдачу её конца из моталки. Происходящий процесс движения полос при их смотке и размотке описан в работе [10] при использовании материалов доклада, сделанного специалистами VAI на Международной конференции, состоявшейся в Нейвельде в 1996 г.

Основным недостатком этого процесса являются паузы, возникающие между прокаткой следующих друг за другом полос, приводящие к снижению производительности стана. Для устранения этого недостатка фирмой VAI предложена установка на стане Стеккеля третьей моталки [11].

В этом случае первые три прохода ведут традиционно с поочередной смоткой полосы на ближайших к клетке моталках. Потом выполняют четвёртый проход и полосу сматывают целиком на дополнительную моталку для подогрева, вторую полосу задают в валки, проводят три прохода и сматывают полностью на одну из обычных моталок, где её задерживают для подогрева, а с дополнительной моталки в последний проход выдают первую полосу, а после прохода сматывают на подпольной моталке. После этого вторую полосу полностью сматывают на третьей моталке для подогрева, в прокатку поступает третья полоса и т. д.

Работниками ДонНТУ предложена новая схема прокатки (рис. 2).

В соответствии с представленным рисунком движение полос на участке чистовой клетки происходит следующим образом.

Первая полоса поступает в рабочую клетку для первого прохода, после которого её передний конец поступает на моталку 2 (рис. 2, а) и происходит частичная смотка полосы. Задний её конец обжимают в валках, но оставляют его в тянуще-задающих роликах (как при традиционной схеме прокатки). Следует реверс валков, и выполняется второй проход полосы со смоткой её на моталке 3 (рис. 2, б). Сразу после

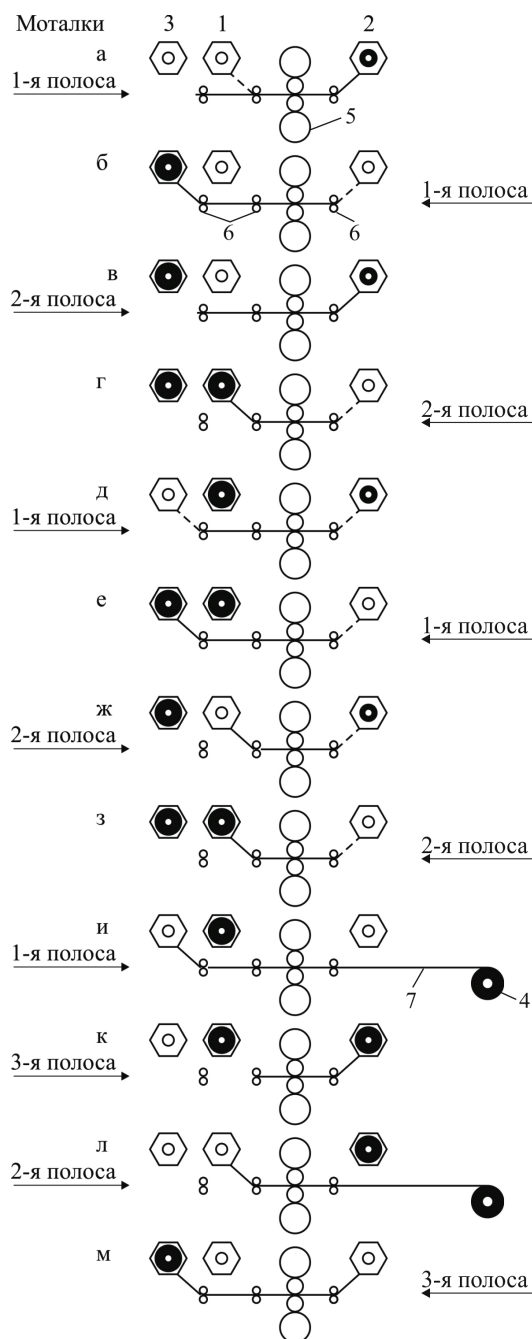


Рис. 2. Новая схема прокатки полос в клетке Стеккеля, оснащённой тремя печными моталками, с возможностью полной смотки полосы в них [10]: 1-3 – печные моталки; 4 – подпольная моталка; 5 – чистовая клетка; 6 – тянуще-задающие ролики; 7 – отводящий рольганг; ⊙ – неполная смотка полосы; ● – полная смотка полосы

этого в валки задают вторую полосу для первого прохода, прокатывают её и не полностью сматывают на моталке 2 (рис. 2, в), реверсируют валки, выполняют второй проход и сматывают полностью полосу на моталку 1 (рис. 2, е). В это время первая полоса подогревается в моталке 3 и после смотки второй полосы на моталке 1 выдаётся с моталки 3 в валки для очередных двух проходов с неполной смоткой на моталке 2 (рис. 2, д), а после второго из этих проходов она поступает на подогрев в моталку 3 (рис. 2, е). После подогрева на печной моталке 1 вторая полоса поступает в прокатку на два прохода и вновь полностью сматывается на моталке 1 (рис. 2, з), а первая полоса

с моталки 3 выдаётся в валки для последнего прохода и после него транспортируется под моталкой 2, поступает на отводящий рольганг и сматывается на подпольной моталке 4 (рис. 2, *и*).

В клеть подаются третья полоса, осуществляют первый проход и полностью сматывают её на моталке 2 (рис. 2, *к*). После этого вторую полоса из моталки 1 выдают в последний проход, после него транспортируют под моталкой 2 и сматывают на подпольной моталке 4 (рис. 2, *л*). Теперь третья полоса с печной моталки 3 поступает в валки для второго прохода и полной смотки на печной моталке 3 (рис. 2, *м*). Далее в прокатку поступает четвёртая полоса (на рисунке не показана) и операции повторяются [12].

Отличие новой схемы от схемы фирмы VAI состоит в том, что все полосы полностью сматывают в печных моталках для подогрева не менее двух раз. При этом длительность одного подогрева соответствует длительности двух проходов другой полосы, то есть имеется возможность подогревать рулон (особенно его захоложенные концы, находящиеся в двух-трёх последних витках рулона) не только перед последним проходом, но и примерно в середине процесса прокатки, что способствует подогреву по всему его сечению и ширине. Достаточно длительное пребывание рулона в печных моталках способствует повышению эффективности работы подогреваемых барабанов моталки, поскольку увеличивается время их контакта с полосой.

После прокатки полосы проходят под душирующей установкой для получения требуемой температуры смотки и сматываются на подпольной моталке.

Практика работы ШСГП показывает, что при соблюдении предусмотренных технологической инструкцией диапазонов температуры конца прокатки и смотки полос, а также установленных значений относительного обжатия металла в последней клетке, получаемая продукция имеет требуемую структуру

металла и его механические свойства. Лишь 5-10 % от общего объёма продукции требует термической обработки с отдельным нагревом. Поэтому в рассматриваемом случае желательна установка непрерывного агрегата нормализации.

Для порезки полос необходимо также предусмотреть агрегат поперечной резки (для порезки полос на листы заданной длины) и агрегат продольной резки (для получения узких полос, штрипсов). Агрегаты должны быть оснащены и механизмами упаковки пачек листов и увязки рулонов.

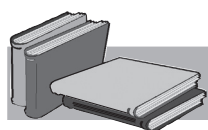
В зависимости от соотношения объёмов прокатаемых полос по размерам годовая производительность комплекса составит 1,0-1,5 млн т.

В настоящей статье не было смысла предлагать конкретные параметры технологии производства горячекатаных полос и её обеспечивающего оборудования.

Это следует выполнить на стадии предпроектной проработки после предварительного рассмотрения и принятия решения о целесообразности реализации описанного предложения для условий ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог».

В случае принятия такого решения для разработки базовых решений по технологии производства горячекатаных полос и определения параметров основного оборудования могут быть привлечены работники НПО «Доникс», долгое время сотрудничающие с ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» по широкому кругу научно-исследовательских и внедренческих работ по всей технологической цепочке комбината как в части технологии, так и автоматизации операций и процессов. Некоторые из этих работ описаны в предыдущей статье [1].

В дальнейшем с целью углубления степени переработки стали на ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» возможно строительство либо цеха для производства гнутых профилей, либо цеха холодной прокатки листовой продукции с защитными покрытиями.



ЛИТЕРАТУРА

1. *Коренко М. Г.* Создание и развитие комбината «Криворожсталь» и существующее положение дел на ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» / М. Г. Коренко, Ю. В. Коновалов // *Металл и литьё Украины*. – 2015. – № 4. – С. 3-6
2. *Коновалов Ю. В.* Возможные варианты организации производства жести и холоднокатаного листа в Украине / Ю. В. Коновалов, А. Г. Присяжный, И. В. Кармазина // *Там же*. – 2015. – № 2. – С. 3-7.
3. Компактные технологии на базе станков с печными моталками / А. Л. Остапенко, Э. Е. Бейгельзимер, Д. А. Деркач, Ю. Н. Белобров // *Там же*. – 1999. – № 9-10. – С. 41-45.
4. *Бруно Ди Джусто.* Комбинированный толстолистовой стан / стан Стеккеля – современный подход к рынку толстого листа / Бруно Ди Джусто // *MPT*, 2004. – № 2. – С. 20-24.
5. *Samways N. L.* IPSCO's 1,25 million ton/year Montpelier plate mill / N. L. Samways // *Iron and Steel Engineer*, 1998. – № 10. – P. 23-33.
6. Современные технологии производства толстого листа, в частности, на толстолистовых станках Стеккеля // *Iron and Steel Tehnology*, 2005. – № 8. – P. 44-49.
7. *Коновалов Ю. В.* О применении вертикально расположенных валков в технологической линии широкополосных станков и литейно-прокатных агрегатов. Сообщение 2. Разработка схем и режимов редуцирования непрерывнолитых слябов по ширине в реверсивных комплексах – вертикальные-горизонтальные валки широкополосных станков / Ю. В. Коновалов, Е. А. Руденко, М. О. Фролова // *Чёрная металлургия*, 2014. – № 8. – С. 43-52.
8. *Уилсон Э.* Технология TSP. Новый способ литья и прокатки тонких слябов / Э. Уилсон, Д. Петрыка // *Чёрные металлы*, 1994. – № 11. – С. 47-54.
9. *Коновалов Ю. В.* Справочник прокатчика. Книга 1. Производство горячекатаных листов и полос / Ю. В. Коновалов. – М.: Теплотехник, 2008. – 640 с.

10. Коновалов Ю. В. Современные станы Стеккеля – перспективное направление развития прокатного производства / Ю. В. Коновалов, А. С. Хохлов // Сталь, 2013. – № 4. – С. 38-43.
11. Таллер Г. Технология прокатки на стане Стеккеля фирмы VAI / Г. Таллер, Г. Джумлия, В. Грубер и др. // Чёрные металлы, 2005. – № 4. – С. 96-100.
12. Коновалов Ю. В. Новые схемы прокатки на стане Стеккеля с тремя печными моталками / Ю. В. Коновалов, Д. А. Голощатов, А. С. Хохлов // Чёрная металлургия, 2011. – № 8. – С. 65-69.

Анотація

Коновалов Ю. В., Маншилін О. Г., Коренко М. Г.
Штабовий ливарно-прокатний агрегат
для ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Для розширення сортаменту прокатної продукції ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» обґрунтовано створення ливарно-прокатного агрегату для виробництва гарячекатаних смуг і штаб товщиною 1,5-6,0 мм, шириною 1500-2200 мм.

Ключові слова

ливарно-прокатний агрегат, стан Стеккеля, пічні моталки, широкосмуговий стан гарячої прокатки, товстолистовий реверсивний стан, чорнова кліть, чистова кліть, смуга, гарячекатані штаби

Summary

Konovalov Yu., Manshilin A., Korenko M.
Sheet foundry-rolling machine for PJSC «ArcelorMittal Krivoy Rog»

For increasing a grade range for rolled products at PJSC «ArcelorMittal Krivoy Rog» there has been proved the construction of foundry-rolling machine to produce hot-rolled bars and sheets 1,5-6,0 mm thick and 1500-2200 mm wide.

Keywords

foundry-rolling machine, Steckel mill, furnace winders, wide bar hot rolling machine, thin-sheet reversible mill, roughing stand, finishing mill, hot rolled sheet

Поступила 22.04.2015