

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

Приазовский государственный технический университет, Мариуполь

*НПО «Доникс», Донецк

**Криворожский национальный университет, Кривой Рог

Сортовые литейно-прокатные агрегаты для ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»

Показана необходимость перехода на выплавку чугуна с применением пылеугольного топлива, а в сталеплавильном производстве – на непрерывную разливку стали. Основные решения в прокатном производстве – использование непрерывнолитой заготовки увеличенного поперечного сечения и последовательная реконструкция каждого из мелкосортных и проволочных станов с обязательным созданием на их основе литейно-прокатных агрегатов.

Ключевые слова: литейно-прокатный агрегат, мелкосортный стан, проволочный стан, машина непрерывного литья заготовок

Себестоимость и качество металлургической продукции определяют, насколько совершенна технология её производства и используемые при этом оборудование, системы автоматизации, средства контроля параметров технологического процесса и качества металла на всех стадиях его получения и обработки, а также готовой продукции. Если иметь в виду металлургическое производство, то – от подготовки сырья до отгрузки готовой продукции.

В привязке к ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» – это от агломерационных до прокатных цехов и цехов переработки металлопроката и изготовления нестандартных изделий.

В статье [1] отмечено, что основным недостатком доменного производства ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» является отсутствие использования пылеугольного топлива (ПУТ). Технология применения ПУТ при выплавке чугуна в доменных печах нашла широкое применение в мире и наконец-то начала применяться на ряде металлургических предприятий в Украине. А ведь наряду с США и Китаем эта технология ещё в начале 60-х годов прошлого века начала разрабатываться в Украине (в ДонНИИЧермете). Исследовательские работы проведены в доменном цехе Донецкого металлургического завода, и в 1980 г. впервые в Европе введена в действие промышленная установка, на которой была освоена технология совместного вдувания в горн доменной печи природного газа и ПУТ на дутье, обогащённом кислородом [2].

Долгое время эта установка была единственной не только в Украине, но и в странах СНГ. Одной из причин медленной реализации ПУТ-технологий было отсутствие их научных основ. Уже первые опыты по применению ПУТ в доменной плавке показали, что повышенные расходы ПУТ снижают температуру горения, ухудшают газодинамический режим, условия сгорания ПУТ, нагрева и схода шихты. На основе этого сделан важный вывод, что при переходе на ПУТ-технологии необходимо применять компенсирующие

мероприятия, обеспечивающие стабилизацию работы доменной печи в новых условиях [3].

Поскольку переход на технологию выплавки чугуна с применением ПУТ неизбежен для ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», то необходимо учесть ошибки, которые были допущены рядом предприятий, заключивших контракты с зарубежными странами на поставку «под ключ» установок для производства и вдувания ПУТ в горн доменной печи. Фирмы-поставщики зачастую гарантируют только вдувание ПУТ в определённых количествах на тонну чугуна в доменную печь, но не гарантируют конечного результата – стабильной работы доменной печи и достижения экономии расхода кокса в требуемых объёмах [3].

К настоящему времени научные основы ПУТ-технологий сформулированы сотрудниками ДонНТУ, имеющих большой опыт работы в доменном цехе Донецкого, Енакиевского заводов и нескольких других предприятий. Желательно использование их опыта и в ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог».

В сталеплавильном производстве ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» основными недостатками являются доминирование слиткового передела (лишь несколько больше 1 млн т в год стали разливается на МНЛЗ) и наличие действующих мартеновских печей с достаточно большим объёмом выплавляемой стали.

Отсюда главными задачами для предприятия должны стать переход на полную разливку стали на МНЛЗ и остановка мартеновского производства стали.

Это, конечно, не исключает выполнения меньших по масштабу реконструктивных мероприятий в агломерационных, доменных и сталеплавильных цехах комбината, направленных на экономию ресурсов, повышение качества продукции и расширение её сортамента. Следует отметить, что такая работа (не очень интенсивно) на ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» ведётся.

Прокатное производство ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» расположено в двух обжимных цехах (блуминги № 1 и 2 с непрерывно-заготовочными

станами) и трёх сортопрокатных цехах (№ 1-3). Упрощённая схема расположения сталеплавильных цехов, прокатных станов и движения заготовок между ними показаны на рис. 1.

Из схемы видно, что семь прокатных станов расположены в едином блоке с общими складами заготовок и готовой продукции. Заготовки с НЗС обоих блюмингов поступают на общий склад заготовок. Сюда же поступают заготовки с МНЛЗ. Мелкосортно-проволочный стан 250/150-6 расположен отдельно. Заготовки на него поступают непосредственно с МНЛЗ и со склада заготовок.

Слитки из мартеновского и конвертерных цехов поступают на оба блюминга.

При таком расположении блюмингов и мелкосортных и проволочных станов (кроме стана МПС-6) возможен посад горячих заготовок в нагревательные печи, что позволяет снизить расход газа на нагрев и уменьшить окалинообразование.

Введённая на ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» МНЛЗ расположена вблизи кислородно-конвертерного цеха и на отдалении по отношению к прокатным станам, что не позволяет использовать горячий посад заготовок в нагревательные печи и существенно повышает расход газа и угар металла в этих печах по сравнению со слитковым переделом.

Поскольку переход на использование непрерывнолитых заготовок больших сечений неизбежен, то из путей, рассмотренных в статье [4], наиболее раци-

онален путь объединения в один агрегат непрерывной разливки и прокатки стали, то есть реконструкция каждого из работающих на ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» прокатных станов должна базироваться на создании ЛПА.

На наш взгляд, наиболее подготовленным станом для создания ЛПА является мелкосортно-проволочный стан 250/150-6. Стан был введён в эксплуатацию в 1977 г. как однониточный мелкосортный стан 250-6 для производства круглых профилей диаметром 14-42 мм, квадратных – со стороной 14-36 мм, шестигранных – размером 14-40 мм из конструкционных, углеродистых и легированных марок стали для последующей калибровки и холодной высадки. Проектная мощность стана тогда была 1 млн т/год.

В составе стана предусмотрен участок подготовки заготовок с правильной машиной и обдирочно-зачистное отделение с зачистными станками. Схема расположения основного оборудования стана 250-6 показана на рис. 2. Поскольку при реконструкции стана 250-6 и превращения его в МПС 250/150-6 изменений на этой линии сделано не было, то на рис. 2 она дана как мелкосортная линия стана 250/150-6.

Технология нагрева и прокатки металла в мелкосортной линии практически сохранилась такой же, как и была на стане 250-6. Она заключается в следующем. Исходную заготовку поперечного сечения 150×150 мм нагревают в пятизонной методической печи с шагающим подом. Нагретые заготовки выдают из печи с помощью внутripечного рольганга, окалину удаляют водовоздушной смесью (на схеме установка не показана). Стан состоял из 20 клетей с чередующимся расположением валков. После каждой группы клетей установлены летучие ножницы.

После прокатки в чистовой группе клетей раскаты с помощью переводных стрелок и трайбаппаратов поступают в линии ускоренного охлаждения и на смотку. Затем мотки подаются на транспортёр с шагающими балками, где они остывают на воздухе и увязываются вручную. Далее мотки поступают на рольганг, а с него на транспортёр с шагающими колосниками к вязальной машине.

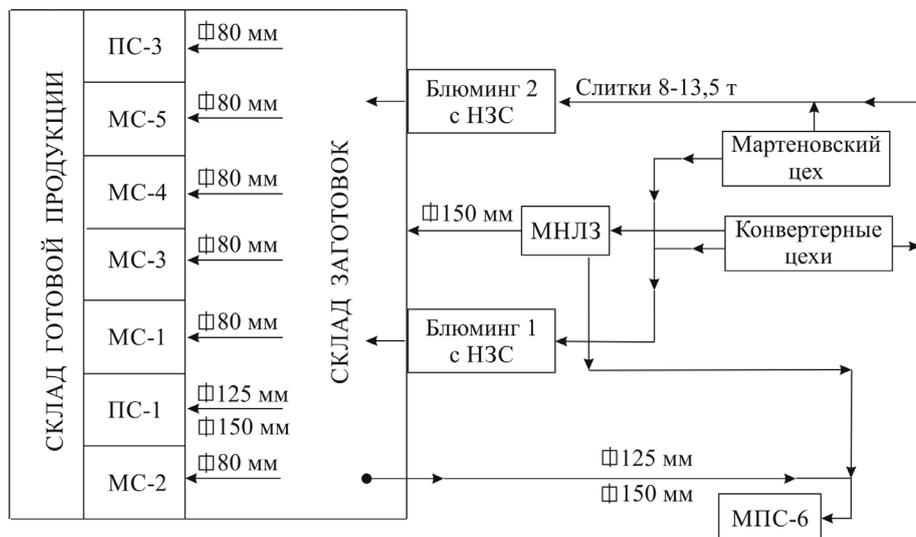


Рис. 1. Упрощённая схема размещения сталеплавильных цехов, прокатных станов и движения заготовок между ними

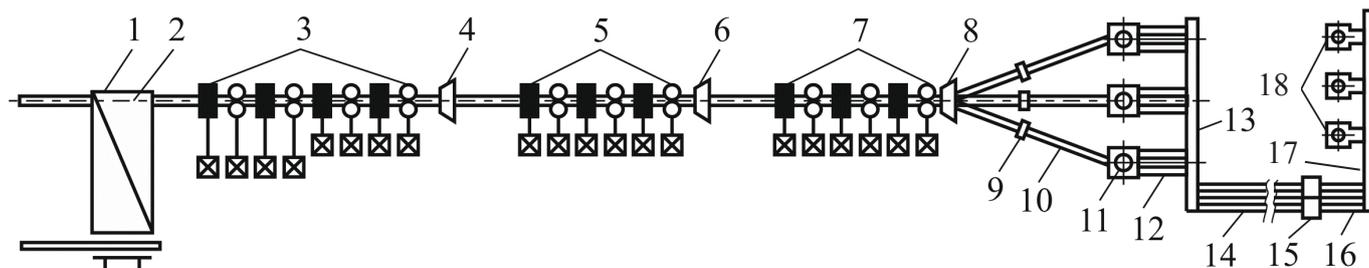


Рис. 2. Схема расположения основного оборудования мелкосортной линии МПС 250/150-6: 1 – нагревательная печь; 2 – внутripечной рольганг; 3, 5, 7 – черновая, промежуточная и чистовая группы клетей; 4, 6, 8 – летучие ножницы; 9 – трайбаппараты; 10 – линии ускоренного охлаждения; 11 – моталки; 12 – транспортёр с шагающими балками; 13, 17 – рольганги; 14 – транспортёр с шагающими колосниками; 15 – душирующее устройство; 16 – рольганг; 18 – вязальные машины

В 1996 г. к действующему мелкосортному стану 250-6 была пристроена проволочная линия 150 и стан превратился в комбинированный мелкосортно-проволочный стан 250/150-6. На стане используют исходную заготовку поперечных сечений 150×150 и 125×125 мм.

Сортамент сортовой линии дополнен арматурными профилями № 12 и 16, а в проволочной линии прокатывают катанку диаметром 5,5-9 мм, круглые профили диаметром 10-12 мм, арматурные профили № 5,5-12.

Схема расположения основного оборудования проволочной линии показана на рис. 3.

Подкатом для проволочной линии служит подкат круглого поперечного сечения диаметром 13,8-17 мм (в зависимости от диаметра прокатываемой катанки), полученный в сортовой линии. Подкат передают с помощью переводной стрелки и при необходимости охлаждают в установке водяного охлаждения перед чистовым блоком клетей, в котором происходит интенсивный разогрев металла. На универсальных ножницах зачищают передний и задний концы раската и задают его в десятиклетевой блок чистовых клетей с вертикально и горизонтально расположенными валками. Перед блоком установлены автоматический горизонтально расположенный петлерегулятор (для поддержания постоянной величины петли перед блоком) и поддерживающие ножницы, предотвращающие скопление недоката в случае аварии в блоке путём отсекания раската перед ним. Максимальная скорость прокатки катанки диаметром 5,5 мм составляет 100 м/с.

После чистового блока клетей катанку охлаждают водой в отводящей проводке и с помощью виткоукладчика укладывают витками на движущийся роликовый транспортёр, участок транспортёра после укладки витков укрыт теплоизолирующими крышками. Охлаждение витков производится воздухом. Возможны три варианта воздушного охлаждения:

- крышки теплоизолирующего тоннеля открыты – прокат охлаждается с помощью принудительной вентиляции;
- крышки теплоизолирующего тоннеля открыты – прокат охлаждается в спокойном воздухе;
- крышки теплоизолирующего тоннеля все или частично закрыты – металл с высокой температурой замедленно охлаждается в спокойном воздухе.

Далее следуют традиционные операции: сбор витков в бунт (моток), поворот его в вертикальное положение, навешивание на крюковой конвейер, осмотр, удаление утолщённых и нетермообработанных концов, подпрессовка, увязка и снятие мотка с крюков конвейера.

МПС 250/150-6 оснащён рядом систем автоматики и некоторыми средствами контроля параметров технологических операций и качества (в основном точности) продукции. После реконструкции проектная мощность стана уменьшилась до 650 тыс. т/год.

Столь подробное описание стана выполнено с целью показать, что его можно отнести к современным станам (по меркам Украины и стран СНГ) и средним по уровню (по мировым меркам).

Большим достоинством МПС 250/150-6 является то, что в его сортаменте заложена и возможность получения продукции из легированных марок стали. В мире очень чётко прослеживается тенденция увеличения объёмов производства проката из легированных марок стали и сокращение – из рядовых обыкновенного качества. Несмотря на то, что Украина небогата на легирующие элементы, уйти от указанной тенденции невозможно!

МПС 250/150-6 удобен для начала реконструкции и потому, что он расположен автономно.

Для превращения этого стана в ЛПА перед ним в непосредственной близости от существующей методической печи с шагающим подом следует разместить МНЛЗ для отливки заготовок поперечного сечения 150×150 и 125×125 мм (поскольку в настоящее время предусмотрено использование заготовок таких сечений). При этом отводящий рольганг МНЛЗ, на который с помощью передаточной тележки поступают поочередно со всех ручьёв МНЛЗ порезанные заготовки, переходит в приёмный печной рольганг печи МПС 250/150-6. При этом на одном из них или на участке их контакта следует предусмотреть холодильник для сдвига на него бракованных или «лишних» заготовок при производительности МНЛЗ большей, чем производительность стана при прокатке наиболее трудоёмких профилей.

В соответствии с рекомендациями работы [5] целесообразно использовать МНЛЗ криволинейного типа, а исходя из производительности МПС 250/150-6 – 650 тыс. т/год – предусмотреть в ней четыре ручья (исходя из того, что один ручей может обеспечить не

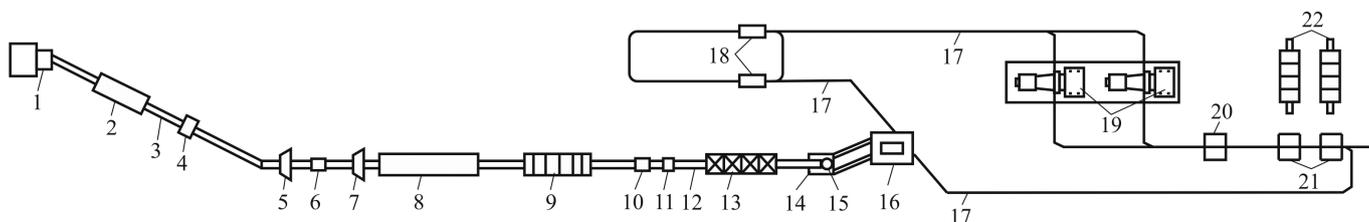


Рис. 3. Схема расположения основного оборудования проволочной линии МПС 250/150-6: 1 – переводная стрелка; 2 – установка промежуточного водяного охлаждения; 3 – подводка к чистовому блоку клетей; 4, 10 – трайбпараты; 5 – универсальные ножницы; 6 – петлерегулятор; 7 – поддерживающие ножницы; 8 – чистовой блок клетей; 9 – отводящая проводка с водяным охлаждением; 11 – укладчик витков; 12 – транспортёр витков; 13 – участок транспортёра, покрытый теплоизолирующими крышками; 14 – накопитель витков; 15 – центрирующее устройство; 16 – поворотный круг; 17 – крюковой конвейер; 18 – инспекционные участки; 19 – устройство для подпрессовки и увязки мотков; 20 – весы для мотков; 21 – разгрузочные тележки; 22 – шаговые транспортёры

более 250 тыс. т стали в год) [5]. Ориентировочная скорость разливки заготовок – 4-6 м/мин. в зависимости от отливаемого сечения и марки стали. В обязательном порядке в кристаллизаторе МНЛЗ должны быть предусмотрены электромагнитное перемешивание и автоматический контроль уровня металла.

Рядом с МНЛЗ должна быть размещена установка «ковш-печь», а при расширении сортамента стана в сторону легированных марок стали следует оценить необходимость установки вакууматора.

Такая реконструкция МПС 250/150-6 будет наиболее простой и дешёвой по сравнению с другими станами предприятия, краткой по времени реализации и произойдёт практически без остановки стана. Судя по материалам статьи [6], такая реконструкция МПС 250/150-6 позволит снизить, в %: расход газа – на 60; эксплуатационные расходы – на 30; площадь, занимаемую этими агрегатами, и трудовые затраты – на 20.

Поскольку после начала работы МПС 250/150-6 в составе ЛПА он будет снабжаться заготовкой с собственной МНЛЗ, то заготовку поперечного сечения 150×150 мм с действующей МНЛЗ следует полностью направить на проволочный стан 150-1.

Этот стан был практически заново построен на месте прежнего стана 250-1, введённого в эксплуатацию в 1957 г. (схема расположения основного оборудования этого стана показана на рис. 3 статьи [4]). Новый стан (теперь это стан 150-1) является двухниточным и предназначен для производства катанки диаметром 5,5-12 мм из углеродистой стали обыкновенного качества и высококачественной. На стане используется заготовка поперечного сечения 150×150 мм, длиной 12 м. Нагрев заготовок производят в методической нагревательной печи с шагающими балками, боковой посадкой и выдачей заготовок. Черновая группа клетей состоит из восьми клетей, первая промежуточная из шести клетей, все клетки дуо. В этих группах клетей прокатку производят в две нитки. С помощью разделительной стрелки два потока (нитки) разделяются по двум параллельно расположенным вторым промежуточным группам, выполненных в виде двух двухклетевых блоков клетей каждая. Клетки консольного исполнения, с горизонтально и вертикально расположенными валками. Завершается прокатка в десятиклетевых чистовых блоках.

Стан оборудован системами петлерегулирования на участках промежуточных групп между парами клетей блоков и перед чистовыми блоками клетей. Осуществляется двухстадийное охлаждение катанки. Стан оснащён автоматизированными системами управления процессом прокатки и локальными системами автоматического регулирования параметров прокатки. Максимальная скорость прокатки 100 м/с. Проектная мощность 850 тыс. т/год.

Проволочный стан 150-1 может быть отнесён к современным станам.

Переносить существующую (мягко говоря, не очень новую) МНЛЗ к стану 150-1 для организации ЛПА нецелесообразно, а полное обеспечение непрерывнолитой заготовкой будет некоторым шагом вперёд и сохранит объём производства катанки на прежнем уровне.

То, что работникам комбината «Криворожсталь» в «лихие» 90-е годы удалось ввести в действие два практически новых стана (МПС 250/150-6 и ПС 150-1), можно назвать подвигом. Пока таких подвигов больше не было и сейчас появляется возможность их осуществить.

Значительно сложнее решение проблемы модернизации на базе создания ЛПА всех пяти мелкосортных станов 250 и проволочного стана 250-3, на которых используют заготовки поперечного сечения 80×80 мм, поступающие с НЗС-блужингов № 1 и 2. Эти станы расположены в едином блоке с общими складами заготовок и готовой продукции.

Перевод этих станов на непрерывнолитую заготовку должен обязательно сопровождаться увеличением поперечного сечения заготовок, а сами МНЛЗ и установки внепечной обработки стали должны быть расположены в непосредственной близости к нагревательной печи каждого конкретного стана и составлять с ним единый ЛПА.

Нельзя повторять ошибку, уже сделанную при строительстве действующей МНЛЗ, располагая её без привязки к какому-либо стану и размещая её на большом расстоянии от него. Так делали в прошлом веке!

Поэтому необходима глубокая предварительная проектная проработка размещения МНЛЗ, установок внепечной обработки стали, а также нагревательных печей, тем более, что при увеличении поперечного сечения заготовок их придётся заменить на новые.

Реконструкция должна производиться по станам последовательно, сохраняя возможность работы не реконструируемых пока станов. Это диктует выбор типа и производительности МНЛЗ, а также вариантов увеличения обжимной способности реконструируемого стана.

Чтобы не нарушать сложившийся режим работы складского хозяйства (как заготовок, так и готовой продукции), реконструкцию следует начинать со стана, расположенного с края площадки, на которой функционирует блок мелкосортных и проволочных станов.

Таким станом является мелкосортный стан 250-2 (см. рис. 1).

Фактически мелкосортный стан 250-2 должен стать полигоном для отработки технологий как отливки заготовок с поперечным сечением круглой формы (такой опыт уже был приобретён на Мини-металлургическом заводе «ИСТИЛ Украина»), так и прокатки круглой заготовки в МИО (такого опыта в Украине пока нет). Хотя в трубном производстве станы винтовой прокатки в Украине успешно эксплуатируются.

При успешном освоении МИО на базе отливки в МНЛЗ круглой заготовки могут стать основой для реконструкции других мелкосортных, а возможно и проволочного стана 250-2, и превращения их в ЛПА.

Схема расположения основного оборудования МС 250-2 полностью совпадает со схемой расположения основного оборудования МС 250-1, приведённой на рис. 2 статьи [4].

Для нагрева заготовки поперечного сечения 80×80 мм имеется одна методическая печь.

Черновая группа состоит из семи клетей с горизонтальным расположением валков. Прокатка происходит в две нитки.

После черновой группы клетей установлены параллельно две чистовые группы по 8 клетей в каждой с чередованием клетей с вертикальным и горизонтальным расположением валков. Прокатка в чистовых группах клетей производится в одну нитку.

За каждой чистовой группой клетей расположены водоохлаждающие устройства и летучие ножницы для порезки раскатов на длину, соответствующую размерам холодильников. После охлаждения раскаты режут на мерные длины с помощью ножниц холодной резки.

МС 250-2 предназначен для прокатки равнополочных уголков с шириной полок в диапазоне $(20 \times 20) \div (45 \times 45)$ мм и толщиной полки до 5 мм; полос поперечного сечения $(20 \div 70) \times (4 \div 12)$ мм; профилей для армирования железобетонных конструкций № 12÷16. Проектная мощность МС 250-2 составляет 640 тыс. т/год.

При разработке предложения по созданию на базе МС 250-2 за аналог принят ЛПА фирмы «Mannesmann-Desmag», схема которого приведена на рис. 7 статьи [4].

Исходя из изложенного, в состав ЛПА целесообразно включить двух- или трёхручьевую криволинейную МНЛЗ для отливки круглых заготовок диаметром 150 или 160 мм (в ЛПА фирмы «Mannesmann-Desmag» использована трёхручьевая горизонтальная МНЛЗ). В непосредственной близости к МНЛЗ должна быть размещена установка «печь-ковш».

Вместо старой нагревательной печи необходимо построить новую методическую нагревательную печь с шагающими балками и двумя посадочными окнами: одно – расположенное на расстоянии 1/3 длины от головной части печи для горячих заготовок, второе – боковое – в головной части печи для холодных заготовок.

Печную окалину удаляют в гидросбиве и задают в МИО, которая, по мнению авторов работы [7], должна заменить шесть черновых клетей.

Достоинства МИО [7]:

- обеспечивается безударный захват заготовки;
- не требуется применение привалковой арматуры;
- обеспечивается постоянство температуры по длине заготовки;
- время перевалки валков сокращается в два раза;
- капитальные затраты на МИО составляют 75 % капитальных затрат на традиционную шестиклетевую группу клетей;
- текущие расходы на валки и арматуру – 20 % от расходов при шестиклетевой черновой группе.

МИО состоит из планетарной передачи и ротора с тремя смещёнными на 120° относительно друг друга валковых головок и имеет два привода.

Главный привод вращает ротор при помощи цилиндрической передачи. Три смещённые на 120° промежуточные шестерни вращаются вокруг центральной шестерни, расположенной в середине машины. Такая конструкция позволяет применить двустороннюю шарикоподшипниковую опору ротора. Дополнительный привод воздействует через конусную и

цилиндрическую передачу непосредственно на центральную шестерню.

В отношении обжимной способности МИО приведены следующие сведения [7]:

- при диаметре заготовок 140-160 мм после МИО выходит раскат диаметром 62 мм и при последующей традиционной прокатке получают прутки диаметром 13-16,5 мм;
- для всех обычных и большинства качественных сталей коэффициент вытяжки составляет 3,1-6,6;
- скорость начала прокатки раската после МИО и обрезки его концов при входе в первую клеть первой промежуточной группы составляет 0,3-0,6 м/с;
- возможная годовая производительность ЛПА – 400 тыс. т.

Общая длина технологической части ЛПА, расстояние между МИО и летучими ножницами в работе [7] не приведены. Нет данных и по длине исходных заготовок.

Самое же главное заключается в том, что на МС 250-2 в черновой группе клетей прокатка идёт в две нитки, а при наличии МИО прокатка может происходить в одну нитку. В этом случае на МС 250-2 будет использоваться только одна чистовая группа клетей. Сможет ли она принять 400 тыс. т раската в год? Вероятно, примет не более 350 тыс. т.

Возможен вариант установки группы клетей после ножниц для разделения раската после МИО (реализация процесса прокатки-разделения, долгое время действующего на МС 250-3 и МС 250-4). Тогда два раската будут поступать в две черновые группы клетей. Но в этом случае МС 250-2 придётся специализировать на прокатку только арматурных профилей.

Возможен и вариант вместо действующих двух чистовых групп клетей установить одну с современными клетями и приводом, обеспечивающими повышение скорости прокатки свыше 45 м/с.

Все эти варианты следует просчитать, выбрать параметры МИО и клетей новой чистовой группы. И конечно опробовать их на практике. В таких работах совместно с работниками предприятия могут принять участие сотрудники НПО «Доникс», которые долгое время и постоянно работали и продолжают сейчас работать на комбинате. Они занимаются сопровождением работ НПО «Доникс» по системам автоматики на различных участках и процесса прокатки-разделения на мелкосортных станах.

Пока будут вестись подготовительные, исследовательские и наладочные работы на МС 250-2, целесообразно приступить к началу создания листового литейно-прокатного модуля, описанного в работе [8].

В случае получения положительного результата по сортовому ЛПА с МС 250-2 аналогичный ЛПА следует соорудить на базе МС 250-1 и МС 250-3, которые по составу и расположению оборудования идентичны МС 250-2. Отличие МС 250-3 заключается в том, что он в основном производит арматурные профили № 10-12 по технологии двухручьевой прокатки-разделения.

МС 250-4 и МС 250-5 идентичны по составу и характеристикам оборудования. Эти двухручьевые станы более производительные, чем станы МС 250-1 –

МС 250-3. Оба сданы в эксплуатацию в 1966 г. В настоящее время их сортамент несколько различается. На МС 250-4 прокатывают только арматурные профили № 10-14 с использованием технологии двухручье́вой прокатки-разделения, а на МС 250-5 – профили диаметром 14-32 мм, квадратные профили поперечного сечения со стороной в диапазоне 14-22 мм и арматурные профили № 14-32.

На обоих станах используют заготовки поперечного сечения 80×80 мм. Их нагревают (на каждом из станов) в двух косо расположенных печах.

В черновых группах прокатка происходит в две нитки, в чистовых (их по две на каждом стане) – в одну нитку.

Особенностью станов является то, что на них планировали освоить процесс бесконечной прокатки. Таких станов для Советского Союза фирмой СКЕТ было построено 5, по два на «Криворожстали» и ЗСМК и один на Челябинском металлургическом комбинате. На всех этих станах предусмотрены участки для установки стыкосварочных машин.

Этому предшествовали первые в мире опыты, проведённые на среднесортном стане 350-2 Макеевского металлургического завода. Они позволили оценить возможность бесконечной прокатки и работоспособность оборудования (в частности, стыкосварочной машины) разработанного и изготовленного во ВНИИМЕТМАШе, а также выявить недостатки как оборудования, так и технологий сварки и прокатки, выявленные сотрудниками Института чёрной металлургии.

С учётом опыта этих исследований и были выполнены проекты указанных выше пяти станов, но поскольку окончательного решения по конструкции стыкосварочной машины ещё не было, то оборудование на участок сварки поставили лишь для мелкосортного стана 250-1 ЗСМК, а поставка аналогичного оборудования и технологии сварки и прокатки должна была произойти после получения положительных результатов на стане 250-1. На остальных станах на месте будущего оборудования участков сварки были временно поставлены длинные скоростные рольганги, которые сохранились до настоящего времени [9].

Выполненные на стане 250-1 ЗСМК исследования подтвердили эффективность процесса бесконечной прокатки, но выявили и ряд серьёзных недостатков: большая металлоёмкость оборудования, необходимость создания петли для бесперебойного обеспечения металлом стана на время сварки заготовок, значительное падение температуры металла на участке сварки, что требует индукционного подогрева заготовки [9]. Причём сваривали заготовки поперечного сечения 80×80 мм.

Тенденция к увеличению поперечного сечения заготовок до 100×100; 125×125; 150×150 мм сделали бесконечную прокатку нерациональной и все работы по её освоению в СССР были прекращены.

Поэтому надежды авторов работы [9] на возможность реализации процесса бесконечной прокатки на мелкосортных станах 250-4 и 250-5 ПАО «Арселор-Миттал Кривой Рог» несбыточны.

На этих двух станах теоретически возможна бесконечная прокатка, аналогичная той, что применена на ЛПА Luna (см. рис. 6 статьи [4]). Однако в этом случае необходимо будет применить только двухручье́вые традиционные криволинейные МНЛЗ, длинные проходные печи (о недостатках которых сообщено в работе [4]) и решать задачу приёма существующими МС 250-4 или МС 250-5 заготовок увеличенного сечения. Учитывая же, что двухручье́вые МНЛЗ могут отливать в год не более 0,5 млн т заготовок, а производительность МС 250-4 составляет 920 тыс. т/год, а МС 250-5 – 1180 тыс. т/год, этот вариант неприемлем из-за большой потери производства (до уровня для каждого из станов 400 тыс. т/год).

Неприемлем и вариант, предлагаемый для МС 250-2 и МС 250-1 по этой же причине.

Поэтому пока для этих двух станов придётся сохранить один из блюмингов с существующим НЗС и прокаткой заготовок поперечного сечения 80×80 мм.

Учитывая, что МС 250-4 и МС 250-5 уже сейчас почти 50 лет, то после завершения реконструкции остальных станов можно будет полностью реконструировать эти станы, как это было сделано с ПС-250-1 и МПС 250/150-6, но с обязательной работой их в составе ЛПА (тепло жидкого металла следует обязательно использовать), если спрос на этот сортамент проката сохранится.

ПС 250-3 является классическим четырёхниточным станом, схема расположения основного оборудования которого аналогична бывшему ПС 250-1 комбината «Криворожсталь» (см. рис. 3 [4]).

Заготовку поперечного сечения 80×80 мм нагревают в двух косо расположенных двухзонных методических печах. На стане установлены 27 рабочих клетей, размещённых в черновой, промежуточной, двух предчистовых, расположенных параллельно друг к другу, и четырёх чистовых групп клетей. По линии стана расположены трайбаппараты, ножницы, водоохлаждающие устройства, моталки и вязальные машины, бунты проволоки навешиваются на крюки конвейера. Стан введён в эксплуатацию в 1971 г. и имеет проектную мощность 770 тыс. т/год.

Поскольку проволочный стан 250-3 четырёхниточный и сохранять его четырёхниточным нецелесообразно, то превращение его в двухниточный или даже однониточный потребует фактически построения нового стана и поэтому прежде, чем приступить к его реконструкции, следует чётко оценить потребности рынка в определённых видах прокатной продукции. В настоящее время на ПС 250-3 прокатывают катанку диаметром 6-8 мм и арматурные профили для железобетонных конструкций № 8. Одновременно с этим станом действуют МПС 250/150-6 и ПС 250-1 с производством аналогичной продукции, но значительно более современные, чем ПС 250-3.

Если потребность в катанке будет сохраняться, а объёмы стали, выплавляемые на уже реконструированных к этому времени станах и листовом ЛПА полностью использоваться не будут, то целесообразно ПС 250-3 превратить в мелкосортно-проволочный стан.

За аналог нами принят однониточный мелкосортно-проволочный стан фирмы «Kunming Iron

and Steel» (Южная Корея), предназначенный для прокатки катанки и круглого мелкого сорта диаметром 5,5-20 мм и армированных профилей для железобетонных конструкций № 6-16. Схема расположения основного оборудования стана показана на рис. 4.

Описание стана составлено на основе материалов работы [10].

В качестве заготовки используются непрерывнолитые или катаные заготовки поперечного сечения 150×150 мм длиной 9-12 м из низко-, средне- и высокоуглеродистых, а также низколегированных марок стали. Заготовки в холодном состоянии загружают в шестизонную методическую печь с шагающими балками (в статье представлены подробные данные печи). Температура нагрева заготовок 950-1200 °С.

Из рис. 4 видно, что стан состоит из черновой, двух последовательно расположенных промежуточных групп клетей и чистовой группы клетей.

В черновой, первой промежуточной и первых двух клетях второй промежуточной группы применены клетки с закрытыми станинами и традиционным расположением валков. Клетки с горизонтальным и вертикальным расположением валков чередуются. Последние четыре клетки второй промежуточной группы имеют консольно установленные валки. За черновой и первой промежуточной группами клетей расположены ножницы для зачистки передних и задних концов раската, а перед черновой группой клетей и после второй клетки второй промежуточной группы – ножницы аварийного реза (вторые аварийные ножницы на рис. 4 не показаны). Перед чистовым блоком клетей размещены ещё одни ножницы, которые используют и для обрезки передних концов раската, и в качестве аварийных ножниц при возникновении нестандартных ситуаций.

Перед и после чистового блока клетей размещены водоохлаждающие установки.

Чистовой блок имеет 10 клетей, в каждой из которых имеется по три консольно расположенных валка под углом 120° друг к другу. Максимальная скорость прокатки 120 м/с. Кассетная конструкция клетей чистового блока позволяет производить смену валков за 10 мин.

За блоком чистовых клетей расположен участок регулируемого водоохлаждения катанки, потом следует раскладка витков катанки на движущийся конвейер длиной 96 м, укрытый крышками и разделённый на несколько участков. Скорость воздушного охлаждения может регулироваться в диапазоне 0,5-20 °С/с. Витки охлаждённой катанки формируют

в бунты и передают их в несвязанном состоянии на крюковой конвейер длиной 510 м. После контроля и обрезки образцов бунты подают к прессу, сжимают их и обвязывают проволокой. Затем бунты снимают с крюков конвейера и передают на склад.

В табличном виде в работе [10] приведены основные технические данные описываемого стана, а на рисунках – калибровка валков и функциональная схема работы системы охлаждения металла.

Практически все операции по технологической линии стана автоматизированы.

В части производственной мощности в статье [10] приведены такие показатели. Доля катанки диаметром 5,5-6,5 мм составляет 65 % от общего объёма производства. Максимальная производительность при прокатке высокоуглеродистых сталей составляет 100 т/ч., при прокатке низкоуглеродистых сталей – 150 т/ч. При использовании производственной мощности на 80-88 % годовая производительность стана составляет 430-470 тыс. т. Время от подписания контракта до прокатки первой заготовки составило 24 месяца. Описание технологии производства профилей для армирования железобетонных конструкций в работе [10] отсутствует.

В 2011 г. в Бразилии введена в действие первая очередь мелкосортно-проволочного стана [11]. Описание оборудования и некоторые параметры технологического процесса стана даны по материалам работы [12].

На стане используется заготовка поперечного сечения 150×150 мм (в перспективе 160×160 мм, масса заготовки 2,4 т). Для нагрева заготовок предусмотрена нагревательная печь (производительность 120 т/ч, она позволит обеспечить нагретой заготовкой стан и после ввода в действие его второй очереди). Черновая группа, состоящая из шести клетей, сохранится одна и при полном развитии стана. После черновой группы клетей имеются ножницы, за которыми после ввода в действие второй очереди строительства должно производиться разделение потоков.

Исходя из этого, можно предположить, что при работе стана на полную мощность в черновой группе клетей прокатка будет происходить в две нитки (к сожжению, в работе [12] схема стана не приведена).

Между черновой и промежуточной группами клетей установлен «большой петлевой стол», который необходим для обеспечения стабильности скорости движения раскатов на выходе из чистового блока клетей и на виткоукладчике при прокатке металла в две линии.

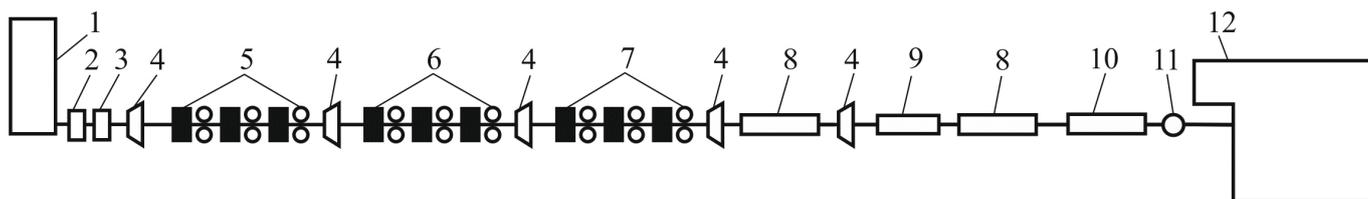


Рис. 4. Схема расположения основного оборудования стана фирмы «Кунминг Айрон энд Стил» [10]: 1 – нагревательная печь; 2 – вытаскивающее устройство; 3 – гидросбив окалины; 4 – ножницы; 5 – черновая группа клетей; 6 – первая промежуточная группа клетей; 7 – вторая промежуточная группа клетей; 8 – участок водяного охлаждения; 9 – чистовой блок клетей; 10 – конвейер с замедленным воздушным охлаждением; 11 – устройство формирования бунтов; 12 – крюковой конвейер

Промежуточная группа состоит из шести клетей с поочередным расположением горизонтальных и вертикальных валков. За группой также установлены ножницы.

В качестве чистовой группы применен традиционный блок из трёхвалковых клетей. Далее следует виткоуладчик и традиционное охлаждение металла, формирование бунтов и навеска их на крюковой конвейер.

Стан предназначен для прокатки катанки и круглых профилей диаметром 5,5-24 мм, профилей для армирования железобетонных конструкций № 6,3; 8; 10; 12,5; 16 из низкоуглеродистой стали (вероятно, и низколегированной). Скорость прокатки катанки в чистовом блоке до 120 м/с, при прокатке профилей для армирования железобетонных конструкций – 85 м/с! Проектная мощность первой очереди стана 500 тыс. т/год, при полном развитии – 1 млн т/год.

На обоих описанных нами станах используют холодный посад заготовок в нагревательные печи.

На наш взгляд, для ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» подходит второй стан, поскольку он предусматривает поэтапный ввод мощности и уже на первом этапе получение 0,5 млн т проката в год.

Конечно, непосредственно перед печами стана следует разместить четырёхручьевую МНЛЗ (на первом этапе она будет работать как двухручьевая). Здесь же должна быть размещена установка «печьковш». Это дополнение к прокатному стану позволит максимально использовать тепло жидкой стали и получить другие описанные ранее положительные стороны, присущие ЛПА.

Нами в этой статье представлены главные базовые положения реконструкции действующих на ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» мелкосортных и проволочных станов.

Безусловно, будут необходимы менее глобальные реконструктивные мероприятия по технологической линии каждого из реконструируемых станов, связанные как с увеличением массы заготовки вплоть до 2-2,5 т, так и с повышением требований к качеству продукции, возможным расширением сортамента (например, освоением производства металлокорда). Безусловно, потребуется разработка или корректировка калибровок валков, схем и режимов прокатки, применение современных систем автоматизации, ЭВМ, средств контроля качества продукции.

Такая работа выполнена в 90-е годы и уже в 2000-е на ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», а ведь положение там было значительно хуже. Если на «Криворожстали» к началу 90-х годов работали кислородные конвертеры, а прокатные станы начали поочередно вводить с середины 50-х и до второй половины 70-х гг., то на ММК работало 35 мартеновских печей, прокатные станы строились в 30-е и 40-е годы прошлого века. Тем не менее в указанный период времени все мартеновские печи, блюминги, слябинг и многие листовые и сортовые прокатные станы либо остановлены, либо коренным образом модернизированы, построены ККЦ и электросталеплавильные цехи, вся разливка стали производится на МНЛЗ, введены в эксплуатацию ШСГП 2000, НСХП 2000, ТЛС 5000. А вот ЛПА отсутствуют.

В советское время «Криворожсталь» успешно соперничала с ММК, и теперь появилась возможность полного перехода на производство проката в ЛПА, что позволит достичь более эффективного производства проката, чем на ММК.

В Украине пока сохранились проектные организации, НИИ, институты Академии наук, ВУЗы, располагающие опытными и высококвалифицированными работниками, и такая работа им будет по плечу. На «Криворожстали» многие подразделения этих организаций успешно работали и сейчас ещё продолжают работать. Это Институт чёрной металлургии, ГИПРОМЕЗ, НПО «Доникс», Национальная металлургическая академия Украины и ряд других организаций. Упускать такую возможность для ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» крайне нежелательно!

Описанный этап реконструкции комбината предусматривает на прежнем уровне производство чугуна и стали. После организации ЛПА на МПС 250/150-6, МС 250-2 и МС 250-1, пуска в действие листового ЛПА необходимость в одном из действующих блюмингов с НЗС отпадёт и его можно будет остановить.

Никто в настоящее время не возьмёт на себя смелость прогнозировать положение дел в Украине на ближайшее время. Но ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» после выполненной реконструкции будет готов к любому возможному варианту протекания событий.

При возможной остановке ПАО «Запорожсталь» создание листового ЛПА обеспечит возможность развития листового производства (вплоть до производства холоднокатаного листа и тонкой ленты) с увеличением объёмов производства прокатной продукции (в том числе и мелкосортных профилей и катанки). Это обусловит необходимость развития доменного и сталеплавильного производств. Но это уже будет второй этап реконструкции.

Хотелось бы отметить и ещё один важный момент.

Во время действия в СССР плановой экономики большинство крупных металлургических предприятий имели и сортопрокатное, и листопроекатное производства. Это и Магнитогорский, и Кузнецкий, и Орско-Халиловский, и Череповецкий, и Челябинский металлургические комбинаты. И обусловлено это было не необходимостью иметь манёвр при изменении требований рынка в объёме производства металлургической продукции (в то время в Советском Союзе он был бездонным), а необходимостью исключить ненужные (хотя и очень дешёвые) перевозки металла. Лишь одно крупное предприятие – НЛМК был чётко определён как производитель только листовой продукции. И уже теперь в условиях рыночной экономики руководство НЛМК решило развить и сортопрокатное производство. В 2013 г. в Калужской области состоялась торжественная церемония открытия электросталелитейного завода «НЛМК-Калуга» [13].

В основу проекта положена концепция мини-завода, включающая электросталеплавильное и прокатное производства по выпуску стали в объёме 1,5 млн т/год и сортового проката 0,9 млн т/год.

Завод будет выполнять две основные функции: обеспечение строительной отрасли Москвы, Московской области и Центрального района РФ

качественной продукцией отечественного производства, а также выполнять важную экологическую функцию по сбору и утилизации отходов и переработке вторичных ресурсов региона [13].

В Украине из новых строившихся в 30-е годы прошлого века металлургических предприятий лишь комбинат «Запорожсталь» планировался на производство листовой и сортовой продукции. При выделении в самостоятельное предприятие завода «Днепроспецсталь» оба они стали узкоспециализированными на листовую («Запорожсталь») и сортовую («Днепроспецсталь») продукцию.

Комбинат «Азовсталь» был специализирован на производство рельсов и крупного сорта, а «Криворожсталь» – на производство мелкого сорта и катанки.

Наверное, уже никто не помнит, что при восстановлении комбината «Азовсталь» после войны предполагалось разместить на нём мелкосортный и проволочный станы, но большой патриот своего предприятия и авторитетнейший директор комбината В. В. Лепорский отказался от этих планов и потребовал установки на комбинате толстолистового стана. И был построен стан 3600, который на момент пуска и ещё достаточно долгое время по сортаменту, набору оборудования и параметрам технологического процесса оставался в ряду самых лучших в мире прокатных станов этого типа. А мелкосортный и проволочный стан построили на «Криворожстали».

Выводы

Комбинат «Криворожсталь» (ныне ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог») был и продолжает оставаться самым крупным металлургическим предприятием Украины.

Главными преимуществами комбината является наличие:

- близко расположенной мощной сырьевой базы месторождений железной руды;
- входящих в состав комбината подразделений по добыче и обогащению железорудного сырья;
- коксохимического производства, обеспечивающего полное удовлетворение потребности комбината в коксе и коксовом газе, позволяющего использовать его избыток для снижения расхода природного газа;
- мощного агломерационного производства, позволяющего не только удовлетворить потребности собственного доменного цеха, но и отгружать агломерат сторонним потребителям;
- доменного цеха с возможностью производства чугуна 11,45 млн т/год;
- кислородно-конвертерного цеха с проектной мощностью 6,5 млн т стали в год;
- блока мелкосортных и проволочных станов с проектной мощностью свыше 6 млн т готового проката в год;
- высококвалифицированных кадров ИТР и рабочих.

Основными недостатками ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» являются:

- отсутствие широко применяемой в мире технологии выплавки чугуна с применением пыле-

угольного топлива, что обуславливает повышенный расход кокса;

- широкое применение слиткового передела (лишь несколько свыше 1млн т стали в год разливают на МНЛЗ) и существенные объёмы выплавки стали в мартеновских печах;

- использование на всех мелкосортных и одном проволочном стане катаной заготовки малого поперечного сечения (80×80 мм).

При плановой экономике комбинату «Криворожсталь» была определена ниша сортамента – мелкий сорт, катанка и профили для армирования железобетонных конструкций. В условиях рыночной экономики, а тем более при условии вхождения Украины в Ассоциацию с ЕС столь узкий сортамент прокатной продукции можно отнести ещё к одному недостатку комбината.

В настоящее время в центральной части Украины имеется лишь одно крупное предприятие, производящее листовую продукцию, – ПАО «Запорожсталь». Его главнейшими недостатками являются выплавка всех объёмов стали в мартеновских печах и разливка её в изложницы. Завершение много лет вяло текущего строительства кислородно-конвертерного цеха в ближайшие годы маловероятно. Поэтому напрашивается предложение об организации производства листовой продукции на ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» (учитывая представленные выше преимущества).

С целью повышения конкурентоспособности ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» за счёт сокращения сырьевых, энергетических и трудовых затрат необходимо продолжить реконструкцию предприятия, начатую ещё в 90-х годах (мелкосортно-проволочный стан 250/150-6 и проволочный стан 150-1) и продолженную в 2000-х годах (ввод в действие МНЛЗ). Для этой цели целесообразна реализация следующих крупных мероприятий:

- освоение выплавки чугуна с применением пылеугольного топлива на всех доменных печах;
- прекращение выплавки стали в мартеновских печах;
- создание ЛПА на базе всех действующих мелкосортных и проволочных станов с учётом максимального приближения МНЛЗ и агрегатов внепечной обработки стали к прокатным станам;
- увеличение поперечного сечения отливаемой заготовки до 150×150 мм.

За базовый сортовой ЛПА целесообразно принять вариант отливки в МНЛЗ заготовок круглого поперечного сечения диаметром 140-160 мм и применение МИО. Любой другой вариант потребует существенно больших капитальных затрат.

В качестве комплекса для производства листового проката предлагается среднеслябовый ЛПА с МНЛЗ, на которой целесообразно отливать слябы толщиной 125 и 150, шириной 1500-2200 мм. Максимальная длина слябов рекомендуется не более 15 м. Для подогрева и нагрева слябов предусматривается шести- или семизонная методическая печь с шагающими балками. В качестве черновой целесообразно применение универсальной реверсивной клетки дуо, которая позволит редуцировать слябы по ширине, что даст возможность иметь на МНЛЗ всего три кристаллизатора по ширине – 1700, 1950 и 2200 мм.

Чистовая клеть кварто должна быть с установленными перед ней двумя и после неё одной современными печными моталками (стан Стеккеля).

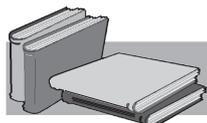
Планируемые на первом этапе размеры прокатываемых полос: толщина 1,5-6, ширина 1500-2200 мм. Годовое производство комплекса – 1-1,5 млн т.

В случае прогнозирования увеличения потребности в листовой продукции в Украине возможна установка в листовом ЛПА второй чистой клетки. В этом случае его годовое производство может быть увеличено до 2,2-2,5 млн т и начато производство холоднокатаного листа и тонких лент.

С целью углубления переработки выплавляемой на предприятии стали целесообразно предусмотреть

строительство цеха гнутых профилей, а также цеха производства шаров (как это уже предусматривалось в плане перспективных работ предприятия) и, возможно, других видов продукции.

Предлагаемая реконструкция позволит обеспечить получение высококачественной прокатной продукции и снижение себестоимости её производства, а в итоге – удовлетворить в значительной мере внутреннюю потребность Украины в части мелкосортного проката, катанки, профилей для железобетонных конструкций и частично в листовом прокате. При этом за ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» сохраняется доминирующее положение в чёрной металлургии Украины.



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. *Ярошевский С. Л.* Выплавка чугуна с применением пылеугольного топлива / С. Л. Ярошевский. – М.: Металлургия, 1988. – 176 с.
3. *Минаев А. А.* Внимание! Приобретение пылеустановок «под ключ» – ещё не решение проблемы / А. А. Минаев, А. Н. Рыженков, С. Л. Ярошевский и др. // *Металл и литьё Украины*, 2007. – № 6-7. – С. 21-24.
4. *Коновалов Ю. В.* Этапы развития мелкосортных, проволочных станков и литейно-прокатных агрегатов для производства мелкого сорта и катанки / Ю. В. Коновалов, А. Г. Маншилин, М. Г. Коренко // *Металл и литьё Украины*, 2015. – № 7. – С. 9-20.
5. Процессы непрерывной разливки / А. Н. Смирнов, В. Л. Пилюшенко, А. А. Минаев и др. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 536 с.
6. *Коломбо Э.* Производство сортового длинномерного проката по технологии Winlink / Э. Коломбо, У. Занелли // *Сталь*, 2011. – №11. – С. 80-82.
7. *Ринт Б.* Ориентированный на перспективу сортовой стан для прокатки специальных качественных и легированных сталей / Б. Ринт, М. Аппель // МРТ, 1990. – С. 60-76.
8. *Коновалов Ю. В.* Листовой литейно-прокатный агрегат для ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» / Ю. В. Коновалов, А. Г. Маншилин, М. Г. Коренко // *Металл и литьё Украины*. – 2015. – № 6. – С. 3-7.
9. *Жучков С. М.* Бесконечная сортовая прокатка / С. М. Жучков, А. А. Горбанев // *ОАО «Черметинформация». Бюл. «Чёрная металлургия»*, 2002. – № 10. – С. 3-21.
10. *Yin Pet Yu.* Kunming Iron and steel single strand high speed wire rod mill / Yin Pet Yu, A. Muller // МРТ, International, 1996. – № 1. – Р. 58-60, 62, 64.
11. *Schultz Rizek A.* High-speed wire-rod mill for Votorantim Metals / A. Schultz Rizek, F.C. Dutra Vieira // *Steel Times International*, 2011. – № 4. – Р. 36, 48, 52.
12. *Зиновьев А. В.* Высокоскоростной мелкосортно-проволочный стан для компании «Votorantim Metals» / А. В. Зиновьев // *Новости чёрной металлургии за рубежом: ОАО «Черметинформация»*, 2012. – № 3. – С. 51-52.
13. Пуск электрометаллургического завода нового поколения в Калужской области // *Сталь*, 2013. – № 8. – С. 31.

Анотація

Коновалов Ю. В., Маншилін О. Г., Коренко М. Г.

**Сортові ливарно-прокатні агрегати
для ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»**

Показано необхідність переходу на виплавку чавуну із застосуванням пиловугільного палива, а в сталеплавильному виробництві – на безперервне розливання сталі. Основні рішення в прокатному виробництві – використання безперервнолітої заготовки збільшеного поперечного перерізу та послідовна реконструкція кожного з дрібносортих і дровових станів з обов'язковим створенням на їхній основі ливарно-прокатних агрегатів.

Ключові слова

ливарно-прокатний агрегат, дрібносортих стан, дрововий стан, машина безперервного лиття заготовок

It is shown the necessity of changeover to iron smelting using pulverized coal, as well as in steel production to continuous steel casting. Critical decisions for rolling production are the use of continuous casting ingot of increased cross section and serial reconstruction of each of the small-section and rod mills with compulsory construction of cast-rolling aggregate on their base.

Оформление рукописи для опубликования в журнале "Металл и литьё Украины":

Материалы для публикации необходимо подавать в формате, поддерживаемом Microsoft Word, размер страницы А4, книжная ориентация, шрифт – Arial, 10, междустрочный интервал – 1,5. Объём статьи – не более 10 стр., рисунков – не более 5.

Рукопись должна содержать:

- УДК;
- фамилии и инициалы всех авторов (на русском, украинском и английском языках);
- название статьи (на русском, украинском и английском языках);
- название учреждения(й), в котором(ых) работает(ют) автор(ы);
- аннотации (на русском, украинском и английском языках);
- ключевые слова (не менее шести) – на русском, украинском и английском языках;
- предлагаемая структура текста (Arial 10, прямой) научной статьи: «Введение», «Материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Выводы».
- таблицы должны иметь порядковый номер (Arial 10, курсив) и заголовок (Arial 10, п/ж), текст в таблице (Arial 9, прямой), примечания к таблицам размещаются непосредственно под таблицей (Arial 8, курсивом).
- формулы (Arial 11, русские символы – прямым, английские – курсивом, греческие – Symbol 12, прямым) должны иметь порядковый номер (Arial 10, прямой);
- рисунки, схемы, диаграммы и другие графические материалы должны быть чёрно-белыми, чёткими, контрастными, обязательно иметь номер и подрисуночную подпись (Arial 9, прямой); все громоздкие надписи на рисунке следует заменять цифровыми или буквенными обозначениями, объяснение которых необходимо выносить в подрисуночную подпись;
- список литературы (Arial 9);
- ссылки нумеруются в порядке их упоминания в тексте, где они обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках (например - [1]).