

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

Приазовский государственный технический университет, Мариуполь

*НПО «Доникс», Донецк

**Криворожский национальный университет, Кривой Рог

Этапы развития мелкосортных, проволочных станов и литейно-прокатных агрегатов для производства мелкого сорта и катанки

Выполнен анализ опыта перевода действующих мелкосортных и проволочных станов, работающих на катаной заготовке поперечного сечения 80×80 мм, на непрерывнолитую заготовку увеличенного поперечного сечения. Показано, что наиболее рациональным и менее затратным путём такого перевода является создание литейно-прокатных агрегатов.

Ключевые слова: литейно-прокатный агрегат, машина интенсивного обжатия, машина непрерывного литья заготовок, мелкосортный стан, проволочный стан, непрерывнолитая заготовка, раскат, мелкий сорт, катанка, реконструкция

Прежде чем перейти к разработке предложений по реконструкции прокатного производства ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», специализирующегося на производстве мелкого сорта, катанки и армированных профилей для железобетонных конструкций, целесообразно проследить и проанализировать этапы развития прокатных станов и литейно-прокатных агрегатов, предназначенных для указанных видов продукции.

На первом этапе сортовые станы были одноклетевыми двухвалковыми. При этом механизировано было только вращение валков, все остальные операции выполняли вручную.

Следующим достаточно длительным этапом стало использование трёх- и четырёхклетевых станов с расположением клетей в одну линию и приводом валков от одного электродвигателя. Передачу раската из клетки в клетку осуществляли вручную. Позже стали использовать обводные аппараты, что облегчило труд вальцовщиков и повысило производительность прокатных станов. Линейные станы продолжают использовать и сейчас для производства профилей из легированных сталей. Обычно они включают несколько линий – обжимную, черновую и чистовую или только обжимную и чистовую. Новые станы такого типа уже не строят [1].

Следующим этапом стало создание полунепрерывных мелкосортных и проволочных станов. Они появились как результат реконструкции линейных станов. На рис. 1 показана схема расположения оборудования полунепрерывного мелкосортно-проволочного стана 280. Из рисунка видно, что черновые клетки расположены непрерывно, а остальные - в три линии. Все клетки имеют привод от одного электродвигателя. Скорость прокатки в последней клетке составляет 9,8 м/с. На стане прокатывают катанку диаметром 5,5-12,5 мм и мелкосортные профили [1].

Такие станы существенно снизили применение ручного труда, улучшили температурные условия прокатки и несколько повысили точность прокатки.

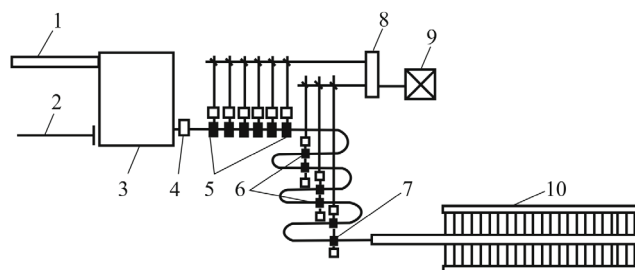


Рис. 1. Схема расположения основного оборудования полунепрерывного мелкосортно-проволочного стана [1]: 1 – загрузочный рольганг; 2 – выталкиватель заготовок; 3 – нагревательная печь; 4 – вытаскиватель заготовок; 5 – черновая группа клетей; 6 – промежуточная группа клетей; 7 – чистовая группа клетей; 8 – редуктор; 9 – электродвигатель; 10 – холодильник

Однако производительность полунепрерывных станов повысилась недостаточно. Возникали трудности в соблюдении скоростных режимов прокатки по клетям стана.

В начале 50-х годов прошлого века возник высокий спрос на катанку и арматурные профили для армирования железобетонных конструкций. Он был обусловлен как реализацией послевоенной программы восстановления разрушенных предприятий, так и началом массового жилищного строительства. Для удовлетворения этого спроса начался ввод в действие непрерывных проволочных и мелкосортных станов с доведением скорости прокатки на проволочных станах до 30 м/с.

Такие станы начали работать на Западно-Сибирском, Челябинском, Череповецком металлургических комбинатах, на «Криворожстали» же в период с 1956 по 1971 г. было введено в действие семь проволочных и мелкосортных станов. На рис. 2 и 3 приведены схемы расположения оборудования двух таких станов.

Из рис. 2 видно, что мелкосортный стан 250-1 двухниточный (введён в эксплуатацию в 1956 г.). Он предназначен для прокатки круглых профилей диаметром 8-30 мм, квадратных со стороной 8-27 мм, полос

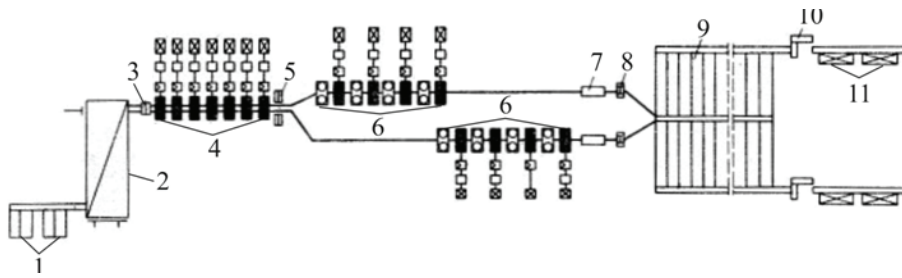


Рис. 2. Схема расположения основного оборудования мелкосортного стана 250-1 комбината «Криворожсталь»: 1 – загрузочная решётка; 2 – нагревательная печь; 3, 5 – аварийные ножницы; 4 – черновая группа клетей; 6 – чистовые группы клетей; 7 – водоохлаждающие устройства; 8 – летучие ножницы; 9 – реечный холодильный аппарат; 10 – ножницы холодной резки; 11 – пакетировочные карманы

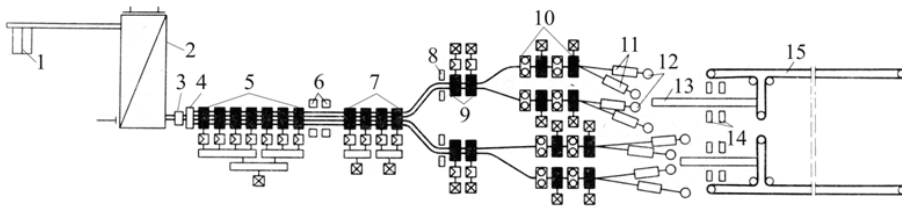


Рис. 3. Схема расположения основного оборудования проволочного стана 250-1 комбината «Криворожсталь»: 1 – загрузочные решётки; 2 – нагревательная печь; 3 – вытаскиватель заготовок; 4 – распределитель заготовок; 5 – черновая группа клетей; 6 – летучие ножницы; 7, 9 – первая и вторая промежуточные группы клетей; 8 – разрывные ножницы; 10 – чистовые группы клетей; 11 – охлаждающие устройства; 12 – моталки; 13 – транспортёр; 14 – вязальные машины; 15 – крюковый конвейер

сечением $(12 \div 70) \times (4 \div 10)$ мм, профилей для армирования железобетонных конструкций № 10-28, угловых профилей поперечного сечения $(25 \times 25) \div (40 \times 40)$ мм. Применяется исходная заготовка поперечного сечения 80×80 мм. Нагрев заготовок производят в двухзонной методической печи. Черновая группа состоит из семи клетей с горизонтально расположенными валками. Две чистовые непрерывные группы имеют по восемь клетей с чередованием расположения валков. После чистовых групп расположены охлаждающие устройства, летучие ножницы и реечные холодильники.

На рис. 3 приведена схема основного оборудования проволочного стана 250-1 (введён в эксплуатацию в 1957 г.). Стан четырёхниточный предназначался для прокатки катанки диаметром 6,5-10 мм. Исходная заготовка поперечного сечения 62×62 мм. Нагрев заготовки осуществляется в одной двухзонной методической печи с монолитным наклонным подом.

В черновой группе имелось семь клетей с горизонтально расположенными валками, в первой и второй промежуточных группах клетей валки также с горизонтальным расположением. В чистовых группах расположение валков переменное, а прокатка происходила в одну нитку. После них имеются охлаждающие устройства и моталки для смотки катанки в бунты. Этот стан представлен как типовой того периода времени.

Введение в строй таких мелкосортных и проволочных станом на указанных выше предприятиях решило задачу насыщения рынка требуемыми видами прокатной продукции с соответствующим на тот период времени его качеством.

Анализируемые прокатные станы получали заготовку поперечного сечения 80×80 мм, а некоторые и меньшего сечения, с непрерывно-заготовочных станом (НЗС).

Переход на непрерывную разливку стали, обеспечивающий существенное снижение расхода металла на тонну годного проката, энергоносителей, трудовых, капитальных и эксплуатационных затрат обусловил и появление двух серьёзных задач. Первая из них – получение непрерывной разливкой заготовок малых сечений (с точки зрения производительности МНЛЗ), особенно в условиях появления сталеплавильных агрегатов большой единичной мощности (например, конвертеров ёмкостью до 450 т). Вторая – обеспечение необходимой проработки литой структуры непрерывнолитого металла. Как показано в работе [2], для решения этой проблемы необходимо иметь заготовку поперечного сечения от 150×150 до 280×280 мм и более.

Проблему разливки стали из разливочных ковшей большой ёмкости решали увеличением числа ручьёв в МНЛЗ сначала до шести, а потом до семи и восьми [3]. Вторая задача, как показала практика,

в большинстве случаев решается при использовании заготовок поперечного сечения 150×150 мм. Дальше решение этих двух задач происходило параллельно в трёх направлениях.

Первое направление – модернизация существующих мелкосортных и проволочных станом, использующих заготовку поперечного сечения 80×80 мм.

Так, фирмой «СКЕТ» для проволочного стана 250 Енакиевского металлургического завода предлагалось для перехода на заготовку поперечного сечения 125×125 мм установить перед существующей черновой группой клетей пятиклетевую группу предварительного обжатия, а существующие нагревательные печи заменить на одну новую. Этот вариант из-за необходимых больших затрат реализован не был.

В работе [4] представлен опыт ряда предприятий Российской Федерации (РФ) по реконструкции таких станом. Так, на ряде станом за счёт установки двух клетей в головной их части стало возможным применение заготовок поперечного сечения только 100×100 мм.

В работе [2] чётко показано, что для перехода на заготовку поперечного сечения 150×150 мм (вместо 80×80 мм) необходимо дополнительно установить четыре клетки непосредственно перед черновой группой. Поскольку при этом сохранится скорость прокатки в остальной части стана, а следовательно и конечная скорость (если не делать полной замены привода, а возможно и клетей стана), то установка четырёх клетей приведёт к снижению начальной скорости прокатки в первой (прежней клетки) черновой группе с 0,15-0,25 до 0,085 м/с (в новой первой клетки), а в конечном итоге и к существенному перепаду температуры по длине заготовки и последующих раскатов. Это подтверждают и авторы работ [5, 6].

Для решения задачи перехода на заготовку поперечного сечения 150×150 мм авторы работы [2] предлагают установить непосредственно за МНЛЗ литейно-прокатный комплекс для редуцирования непрерывнолитых заготовок поперечного сечения 150×150 мм в заготовки сечением 100×100 мм. Схема комплекса приведена на рис. 4.

Из рисунка видно, что применены две четырёхручьевых МНЛЗ. После порезки заготовок поперечного сечения 150×150 мм на мерные длины (на рисунке режущие устройства не показаны) их с помощью шлеппера перемещают к нагревательной печи, где и подогревают. После этого заготовки прокатывают в обжимной группе клетей и на ножницах отрезают их головную и донную части и, если необходимо, режут на заготовки требуемой длины. Производительность комплекса более 2 млн т/год.

Предлагаемая технология практически полностью копирует агрегат, введённый в эксплуатацию в 1967 г. фирмой «Bohler» (Австрия) [7, 8]. Из МНЛЗ непрерывнолитые заготовки поперечного сечения 140×140 мм поступали на шлеппер, а с него поочередно в нагревательную печь и далее в обжимную группу клетей, где их обжимали до поперечного сечения 100×100 мм. Такие ЛПА работали очень недолго, главным образом из-за увеличения числа ручьёв в МНЛЗ.

Комплекс, представленный на рис. 4, имеет множество недостатков. Вот главные из них.

Во-первых, он не исключает установку перед черновой группой клетей мелкосортного стана двух дополнительных клетей (так как из ЛПА выдают заготовку поперечного сечения 100×100, а не 80×80 мм).

Во-вторых, появляется ещё одна нагревательная печь и обжимная группа клетей с последующими ножницами и холодильником.

В-третьих, комплекс автономный, требует отдельного места и обслуживающего персонала.

В-четвёртых, на мелкосортный стан поступает холодная заготовка большего сечения, а следовательно, потребуются традиционный нагрев, да ещё, наверное, существующую печь придётся менять, так как сечение заготовок увеличивается с сечения 80×80 до 100×100 мм.

Следовательно, для ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» такое предложение не подходит, вероятно, и для других предприятий тоже, поскольку это решение на уровне технологий прошлого века.

В работе работ [5] сотрудники Института чёрной металлургии (г. Днепропетровск) рассмотрели четыре варианта реконструкции мелкосортного стана 250 комбината «Криворожсталь» (рис. 5).

Вариант I. Перед существующей клетью № 1 черновой группы располагают четыре дополнительные клетки А, Б, В, Г, в которых производят двухниточную прокатку.

Вариант II. Перед черновой группой клетей устанавливают отдельно стоящую двухклетевую однниточную непрерывную группу клетей с выдачей раската в подогреваемый термостат. Непосредственно перед существующей черновой группой клетей устанавливают две клетки с горизонтальными валками, в которых прокатку производят в две нитки. Новое оборудование размещается на имеющейся площадке, но его масса существенно увеличивается по сравнению с вариантом I.

Вариант III. В дополнение к варианту II за клетью А устанавливают неприводную клеть с горизонтальными валками, а за клетью В – две неприводные клетки с вертикальными валками. В этом случае клеть Г не устанавливают, но заменяют линию привода существующей рабочей клетки № 1 и сам привод на более мощный, перераспределяют нагрузки между существующими клетями черновой группы.

В первых двух вариантах реконструкции изменений в существующей черновой группе клетей не происходит. Общая длина головной части стана составит 49 м, масса оборудования по варианту III меньше, чем по варианту II, но больше, чем по варианту I.

Вариант IV. В основу варианта положены два новых для стана 250 технологических решения –

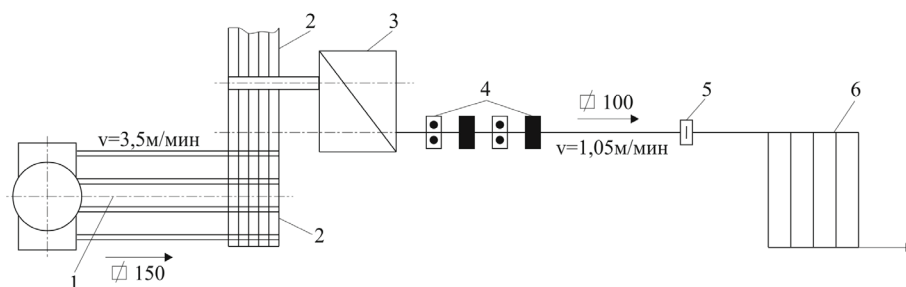


Рис. 4. Литейно-прокатный агрегат для производства заготовки сечением 100×100 мм для мелкосортных и проволочных станов [2]: 1 – МНЛЗ (показана одна из двух); 2 – шлеппер; 3 – подогревательная печь; 4 – обжимная группа клетей; 5 – ножницы; 6 – холодильник

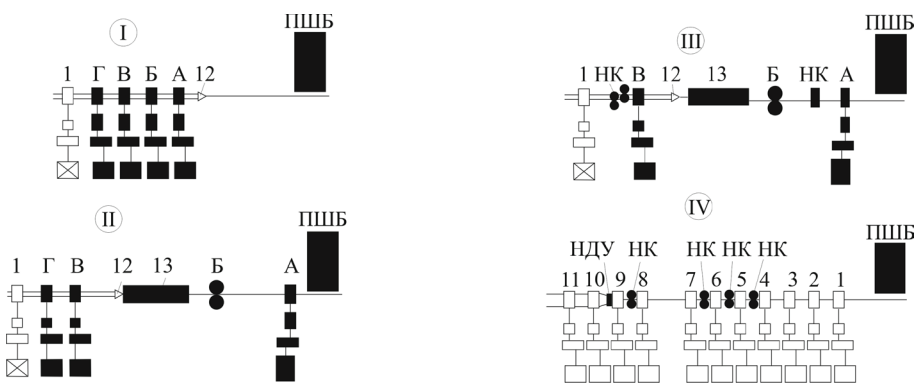


Рис. 5. Схема расположения оборудования головной части стана 250 по вариантам реконструкции (I-IV) [5]: 1-11 – существующие клетки; 12 – переводная стрелка; 13 – термостат; ПШБ – нагревательная печь с шагающими балками; А-Г – дополнительные приводные клетки; НДУ – неприводное делительное устройство. НК – неприводные клетки (предлагаемое к установке дополнительное оборудование показано заливкой)

использование неприводных рабочих клетей и применение «слиттинг-процесса». Вариант *IV* предусматривает использование односточной прокатки в клетях № 1-7 существующей черновой группы и клетях № 8 и 9 промежуточной группы, установку четырёх неприводных клетей с вертикальными валками и процесс прокатки-разделения после клетки № 9 с помощью неприводного делительного устройства. В клетях № 10 и 11 производится двухниточная прокатка со скоростями, соответствующими существующим. Общая длина головной части стана с вновь устанавливаемым оборудованием не изменяется по сравнению с существующей схемой, общая масса оборудования по сравнению с действующей схемой увеличивается незначительно.

Все предлагаемые варианты реконструкции стана 250 предполагают замену существующей толкательной нагревательной печи на комбинированную печь с шагающими балками и подом, что обеспечит требуемый нагрев заготовки увеличенного сечения.

Авторами работы [5] выполнен сравнительный анализ предложенных вариантов реконструкции. Исходными были приняты: сечение заготовки 150×150 мм; скорость прокатки в чистовой клетке 18 м/с. Расчёты выполнены для условий прокатки арматурных периодических профилей № 12 и 16.

Расчёты показали, что при реализации варианта *I* температура прокатки в клетях 1-7 снижается почти на 150 °С против существующего режима, что приводит к перегрузке по мощности главного привода рабочей клетки 4, по моменту прокатки – клетей 2 и 3. Следовательно, для реализации этого варианта необходима реконструкция практически всех клетей черновой группы.

При реализации варианта *II* снижение температуры в клетях 1-7 составляет более 100 °С и это несмотря на наличие термостата.

Вариант реконструкции *III* характеризуется падением температуры в черновой группе клетей несколько ниже 100 °С против существующего температурного режима. Загрузка электродвигателей главного привода клетей 2, 5 и 6 увеличивается, но это может быть устранено перераспределением обжатий по клетям черновой группы.

При реализации *IV* варианта сохраняется нормальная загрузка существующих черновых клетей и их приводов. То есть этот вариант по мнению авторов работы [5] наиболее рационален из всех предложенных.

Расчёты, проведённые в НПО «Доникс» и приведённые в работе [6], позволили сделать выводы, в общем согласующиеся с заключением авторов работы [5] в отношении неприемлемости вариантов *I* и *II*.

Вариант *III* является переходным от варианта *II* к варианту *IV* и в корне не отличается от варианта *II* по составу дополнительного оборудования. Появление двух неприводных клетей взамен одной неприводной не исключает недостатков варианта-аналога.

В варианте *IV* наличие большого числа комплексов «приводная клетка-неприводная клетка» вызывает необходимость дополнительных капитальных затрат на систему автоматического регулирования скоростного режима прокатки, без которой поддержание со-

гласованного режима в черновой группе клетей будет практически невозможным. Кроме того, наличие неприводных клетей вызывает необходимость расширения парка валков и приведёт к усложнению обслуживания стана. Следовательно, и вариант *IV* для реализации нежелателен.

В работе [6] предложено повысить вытяжную способность стана 250-4 «Криворожстали» за счёт применения технологии двукратной двухручьевого прокатки-разделения, но при этом сохраняется существующая группа клетей и, следовательно, увеличение поперечного сечения заготовки 150×150 мм не произойдёт.

Второе направление – строительство новых проволочных и мелкосортных станов, в которых используются заготовки поперечного сечения 150×150 мм. Первым таким станом стал проволочный стан 150 на Белорецком металлургическом комбинате [9]. В отличие от предыдущих четырёхниточных проволочных станов он двухниточный. На нём производят катанку диаметром 5,5-10,0 мм из углеродистых, инструментальных, пружинных, подшипниковых, коррозионно-стойких и других легированных марок стали. Производительность стана 400 тыс. т/год при скорости прокатки 60 м/с. В дальнейшем стан был модернизирован и скорость прокатки доведена до 80 м/с [10].

В 1984 г. на Белорусском, а в 1985 г. на Молдавском металлургических заводах введены в эксплуатацию мелкосортно-проволочные станы 320/150. По сортаменту они практически одинаковы: катанка диаметром 5,5-12 мм, круглый сортовой прокат диаметром 10-40 мм и квадратный – со стороной 10-40 мм, прокат для армирования железобетонных конструкций № 10-40, равнополочные швеллеры № 5 и 6,5, уголки. Мелкосортные профили поставляют в прутках, катанку – в бунтах. На станах использовали непрерывнолитую заготовку поперечного сечения 125×125 мм. Станы состояли из 20 двухвалковых клетей, расположенных в одну линию и десятиклетевых блоков чистовых клетей. Максимальная скорость прокатки сортовых профилей составляла 20, катанки – 100 м/с.

На обоих станах после длительной эксплуатации была выполнена реконструкция. На Белорусском заводе стан 320/150 был разделён на станы 320 и 150 с установкой нового соответствующего оборудования. Сечение заготовки увеличено до сечения 150×150 мм. На стане 320/150 Молдавского завода перед черновой группой клетей установлены две дополнительные клетки, что позволило увеличить сечение исходной заготовки. На обоих станах усложнён марочно-размерный сортамент [10].

То есть решена задача перехода на заготовку поперечного сечения 150×150 мм, что обеспечило требуемый уков металла и позволило повысить производительность МНЛЗ.

И ещё один пример, хорошо известный криворожцам. Начавший работать в 1957 г. проволочный стан 250-1 (см. рис. 3) был остановлен и на его месте практически заново построен новый двухниточный мелкосортно-проволочный стан с сортовой линией 250 и проволочной линией 150. Исходная заготовка поперечного сечения 150×150 или 125×125 мм,

проектная мощность стана 850 тыс. т/год. Стан введён в действие в 1996 г. Подробнее новый стан будет описан в следующей статье.

Последним на данное время этапом развития мелкосортных и проволочных станов стал ввод в эксплуатацию однониточного стана фирмы «Кунминг Айрон энд Стил (Южная Корея), введённого в эксплуатацию в 1995 г. Сортамент стана: катанка, прутки диаметром 5,5-20,0 мм, а также арматурные профили № 6-16 из низко-, средне- и высокоуглеродистых сталей [11].

На стане используют заготовку поперечного сечения 150×150 мм, которую нагревают в шестизонной методической печи с шагающим подом. Далее осуществляется прокатка в черновой (5 клетей), двух промежуточных группах (в каждой по 5) клетей и в чистовой группе клетей (состоит из трёх обычных клетей и десятиклетевого блока). Во всех группах клетей валки с горизонтальным и вертикальным расположением чередуются.

В линии стана предусмотрено ускоренное водяное и воздушное замедленное охлаждение.

Представленные новые мелкосортные и проволочные станы, как и другие аналогичные станы, в том числе и за рубежом, представляют собой сложные многоклетевые агрегаты с мощным электрооборудованием, системами автоматики и контроля технологического процесса и качества проката по технологической линии производства и конечной продукции. Они высокопроизводительны и хорошо вписываются в структуру интегрированного металлургического предприятия с мощными доменными и сталеплавильными цехами. Их главным недостатком является отсутствие тесного совмещения процессов выплавки, разливки стали и производства проката. При этом температура разливаемого металла используется крайне слабо (только при горячем и тёплом посаде заготовок в нагревательные печи, причём при непрерывной разливке горячий посад организовать практически невозможно, а тёплый – затруднительно).

Третье направление – совмещение в одном агрегате непрерывной разливки стали и прокатке её в готовую прокатную продукцию. Он получил название – литейно-прокатный агрегат – ЛПА.

Впервые в мировой практике в промышленных условиях в 1978 г. заработал ЛПА, совмещающий

разливку стальных заготовок и прокатку катанки из специальных сталей и сплавов. Создатель ЛПА – ВНИИМЕТМАШ (Москва), а место установки – металлургический завод «Электросталь» (Россия).

Схема ЛПА многократно публиковалась (например, [12, 13]) и нами не приводится. Отметим лишь несколько важных моментов. Из МНЛЗ выдаются заготовки прямоугольного поперечного сечения 60×80 мм, её подогревают в индукторе и подают в обжимно-заготовочную клеть, получая на выходе раскат диаметром 67 мм. С помощью этой клетки раскат задают в планетарную клеть. Планетарная клеть характеризуется тем, что она имеет вертикально и горизонтально расположенные рабочие и опорные валки, что позволяет обжимать металл с четырёх сторон. При этом достигается коэффициент вытяжки 80 при выходе раската квадратного поперечного сечения со стороной 12 мм. Далее в чистовых клетях и четырёхклетевом чистовом блоке получают катанку диаметром 6-8 мм. Долгое время этот ЛПА для стальной катанки был единственным в мире.

Поскольку в настоящее время на ПАО «Арселор-Миттал Кривой Рог» действуют только мелкосортные и проволочные станы, то дальнейшие материалы анализируются только по ЛПА, реализованных на станах этого типа.

В работе [14] представлен анализ сложностей в совмещении МНЛЗ и мелкосортных и проволочных станов. Основные из них связаны с тем, что станы этого типа имеют широкий марочный и размерный сортамент, на них прокатывают продукцию разной формы, часто партии продукции невелики. Всё перечисленное обуславливает различную производительность прокатного стана, МНЛЗ же имеют мало изменяющуюся производительность. Это и задержало развитие сортовых ЛПА, пока число их реализации невелико.

В наибольшей мере разрекламированным в технической литературе является ЛПА, получивший наименование «Luna». На нём реализован процесс «бесконечного литья и прокатки» (ECR-Endless Casting rolling), разработанный фирмой «Даниэли» [15-17]. ЛПА начал работать в 2000 г. на заводе фирмы «Acciaierie Bertoli Safau» (ABS) в Удине (Италия). Схема расположения основного оборудования ЛПА «Luna» показана на рис. 6.

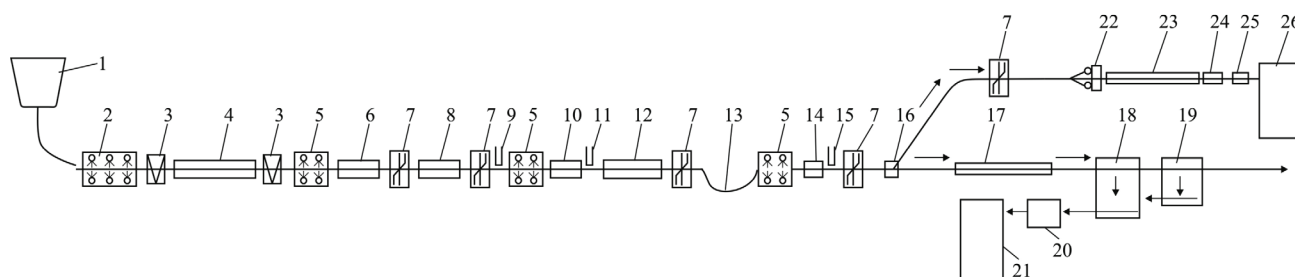


Рис. 6. Схема расположения основного оборудования ЛПА «Luna» [15-17]: 1 – МНЛЗ; 2 – закалочные установки; 3 – устройства механического реза непрерывнолитого слитка; 4 – проходная печь; 5 – гидросбивы окалины; 6 – черновая группа клетей; 7 – летучие ножницы; 8 – промежуточная группа клетей; 9 – дефектоскоп; 10 – предчистовая группа клетей; 11 – измеритель размеров раската; 12 – душирующая установка; 13 – петлерегулятор; 14 – обжимной блок трёхвалковых клетей; 15 – датчики контроля размеров проката и качества поверхности раскатов; 16 – переключатель направления движения металла; 17 – многоцелевая душирующая установка (участок окончательного охлаждения); 18 – холодильник; 19 – печь отжига и отпуска; 20 – установка дробеструйного удаления окалины; 21 – участок отделки прутков; 22 – моталки; 23 – конвейер с воздушным охлаждением; 24 – печь отжига; 25 – весы; 26 – участок отделки бунтов

В ЛПА применена двухручьевая МНЛЗ (расстояние между ручьями 2 м). МНЛЗ может работать на два или один ручей в зависимости от требуемого объема производства. Сечение отливаемых заготовок 200×160 мм. Промежуточный ковш ёмкостью 30 т. Кристаллизатор (длина 1200 мм) выполнен с изменением конусности и имеет трёхступенчатую систему электромагнитного перемешивания металла: в кристаллизаторе, ручье и конечном. Скорость литья заготовок (м/мин.): для углеродистых марок стали – 6,0; цементируемых – 5,5; пружинных – 5,0; микролегированных (бором и ванадием) – 4,5; подшипниковых – 4,0; коррозионностойких – 3,5. Выходной участок каждого ручья МНЛЗ (отводящий рольганг) до тоннельной печи оборудован теплоизолирующими крышками.

За МНЛЗ после каждого ручья установлены закалочные камеры, поскольку без промежуточной заковки невозможно выполнять прямую прокатку цементируемой и раскисленной алюминием низко- и среднеуглеродистой стали. Далее следуют ножницы для порезки непрерывнолитого слитка.

Между МНЛЗ и прокатным станом расположена роликотоннельная печь, предназначенная для выравнивания температуры как в поперечном сечении, так и по длине непрерывнолитого слитка. Она имеет две секции. Первая – секция нагрева (длина 65 м) с двумя линиями, расположена непосредственно за ножницами. Она принимает непрерывнолитые заготовки и работает с одним или обоими ручьями в зависимости от марки разливаемой стали и применения бесконечного и полубесконечного режима прокатки. При работе МНЛЗ с двумя ручьями печь является своеобразным накопителем заготовок, если это требуется по циклу процесса. Манипулирование заготовками и их перемещение с линии 2 на линию 1 внутри печи осуществляется сталквателем, роликотоннели которого имеют консольную опору, индивидуальный привод и водяное охлаждение. Вторая – секция томильная. Она расположена непосредственно перед прокатным станом и предназначена для обеспечения бесконечного режима работы (при бесконечной длине непрерывнолитой заготовки с линии 1) или полубесконечного режима (с получением заготовок поочередно с линиями 1 и 2). Ролики в этой секции выполнены с двумя опорами, они имеют индивидуальный привод и не охлаждаются водой.

Печь отапливается газовыми горелками, смонтированными на её боковых стенках. Длина печи определяется в каждом конкретном случае в зависимости от типа агрегата и его размеров (то есть, от сортамента разливаемых марок стали и производительности агрегата). На заводе «Луна» её длина – 125 м.

При работе ЛПА в бесконечном режиме длина заготовки может изменяться от 14 м до бесконечности без какой-либо разделительной резки между МНЛЗ и прокатным станом, что обеспечивает бесконечную прокатку через проходную печь. При полубесконечном режиме, когда одновременно работают две линии, непрерывнолитые заготовки обычно режут на длину 45 м и поочередно подают в проходную печь. В этом случае она действует и в качестве буфера между МНЛЗ и прокатным станом.

Для эффективности процесса необходимо обеспечить серийность плавов не менее трёх. При этом средняя партия металла из легированных сталей на мини-заводах составляет 30-40 т. В связи с этим необходимо обеспечить быструю перестройку прокатного стана. На заводе «Луна» автоматическая перестройка стана производится за 5 мин., при этом МНЛЗ продолжает работать.

Прокатный стан состоит из 17 клетей, размещённых в черновой, промежуточной и предчистовой группах. Расположение клетей в группах – непрерывное с чередованием клетей с горизонтальным и вертикальным расположением валков. Клетки бесстанинного типа. На участке стана имеется пять гидросбивов и пять ножниц. За клетями предчистовой группы расположена линия охлаждения, которая должна обеспечить температуру конца прокатки после обжимного блока в пределах 700-1000 °С для прутков диаметров менее 40 мм и в пределах 800-950 °С для всех остальных прутков. Далее установлен трёхвалковый обжимной блок трёхвалковых клетей. Стан оснащён системой автоматического регулирования размеров раскатов и устройств для обнаружения дефектов проката в технологическом потоке в горячем состоянии.

Участок окончательного охлаждения имеет длину 90 м. Возможны три режима охлаждения для круглых профилей диаметром 20-90 мм: снижение температуры проката до оптимального значения для подачи его на холодильник или в печь для отжига; ускоренное охлаждение с температуры конца прокатки до температуры 550 °С без заковки; прямая заковка с температуры конца прокатки до 100 °С, обеспечивающая сквозную заковку прутка до его сердцевины.

После холодильника расположена подогревательная газовая печь, в которой слой прутков либо проходит с номинальной рабочей скоростью, либо выдерживается в течение времени, требуемого для завершения комплекса термической обработки, уже начатого на стане. Благодаря этому становятся возможными следующие виды обработки прутков из различных марок специальной стали в потоке: заковка и отпуск; отжиг в линии для улучшения условий обработки давлением или резания (шарикоподшипниковые, пружинные, микролегированные стали); медленное охлаждение (цементируемые, закалённые и отпущенные, мартенситные коррозионностойкие марки стали); растворение включений (аустенитные коррозионностойкие стали); смягчающий отжиг (шарикоподшипниковые, пружинные стали).

После холодильника производится механическое удаление окалины, и прутки поступают на участок отделки, на котором имеются: четыре абразивные отрезные машины, стенд удаления заусенцев с прутков, стенд укладки в пачки, обвязочная машина и стенд окончательного складирования продукции. Предусмотрены также системы неразрушающего контроля в линии для круглых и квадратных прутков, состоящие из двух ультразвуковых и вихремоточных дефектоскопов.

Линия производства сортового проката в бунтах и его отделки состоит из двух моталок Гаррета, оборудованных специальными устройствами для съёма

бунтов, конвейера контролируемого охлаждения и устройств для уплотнения, обвязки, отделки и подборки бунтов.

На стане производят круглые профили диаметром 2-100 мм и квадратные со стороной 40-100 мм – в прутках; круглые профили диаметром 15-50 мм – в бунтах из углеродистых и, главным образом, легированных марок стали. Годовая производительность ЛПА 500 тыс. т.

ЛПА позволяет: поставлять на рынок высококачественную продукцию с различными видами термической обработки; обеспечить короткое время выполнения заказов (несколько дней); низкие затраты энергоресурсов; достичь высокого выхода годного [15-17].

Описанный ЛПА предназначен главным образом для производства продукции из легированных марок стали. На мелкосортных станах ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» марочный сортамент значительно проще и поэтому не будет необходимости в применении закалочной установки и широкого набора видов термообработки.

Что вызывает некоторые сомнения в приведённом ЛПА?

Во-первых, реализация прямой прокатки с совмещением скоростей разливки и прокатки (как было отмечено выше) – достаточно сложная задача. Ни в одной из рассмотренных работ [15-17] скоростной режим прокатки не приведён, а скорость разливки металла на МНЛЗ зависит лишь от марки стали. Ответа на этот вопрос нет.

Во-вторых, роликовая печь имеет сложную конфигурацию, предусматривающую даже перемещение заготовки в поперечном направлении. Вряд ли стоит такую печь применять на ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог».

В-третьих, производительность ЛПА 0,5 млн т/год для условий некоторых уже действующих на ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» мелкосортных станов мала.

Фирмой «Mannesmann-Demag» (ФРГ) разработан ЛПА для производства прутков в пакетах Ø 13-17 мм; в бунтах Ø 13-40 мм; полосы сечением (30×8)÷(90×12) мм; катанки и круглых профилей Ø 5,5-18 мм из углеродистой рядовой и качественной,

легированной (автоматной, шарикоподшипниковой, рессорной, инструментальной, коррозионностойкой) сталей [18]. Особенности ЛПА являются применение горизонтальной МНЛЗ и машины интенсивного обжатия (МИО). Схема расположения основного оборудования ЛПА приведена на рис. 7.

Применение горизонтальной МНЛЗ обосновано тем, что она имеет ряд достоинств: круглые заготовки охлаждаются равномернее квадратных и прямоугольных, что способствует получению непрерывнолитого слитка с хорошей поверхностью; возможность разливать как низкоуглеродистые, так и высоколегированные стали; кристаллизаторы с внутренней круглой формой экономически более выгодны, чем с прямоугольной и квадратной формой из-за снижения затрат на последующую обработку внутренней поверхности; возможность использования непрерывнолитых слитков круглого поперечного сечения в МИО.

Применение МИО позволяет исключить черновую шестиклетевую группу. Кроме этого применение МИО обеспечивает благоприятный температурный профиль по длине раската за счёт его интенсивного обжатия, безударный захват заготовки без проводковой арматуры, быструю перевалку валков, снижение численности обслуживающего персонала, капитальных затрат при изготовлении МИО на 25 %, а текущих – на 20 %, возможность допускать износ кристаллизатора вплоть до 20 мм [18].

Технологический процесс в ЛПА происходит следующим образом [18].

На МНЛЗ отливают заготовки из углеродистой стали Ø 140-160 мм, а легированной – 110-125 мм. Непрерывнолитой слиток режут на заготовки длиной 6 м с использованием машины газовой резки. Далее заготовку подают в горячем состоянии в боковое посадочное окно методической нагревательной печи, либо – на холодильник и склад (в случае обнаружения дефектов на заготовке, либо простое стана, либо при производительности МНЛЗ выше, чем прокатного стана). Холодный посад заготовок производят в торцевую часть печи.

Печную окалину удаляют в гидросбиве, после чего заготовка поступает в МИО, где её обжимают до

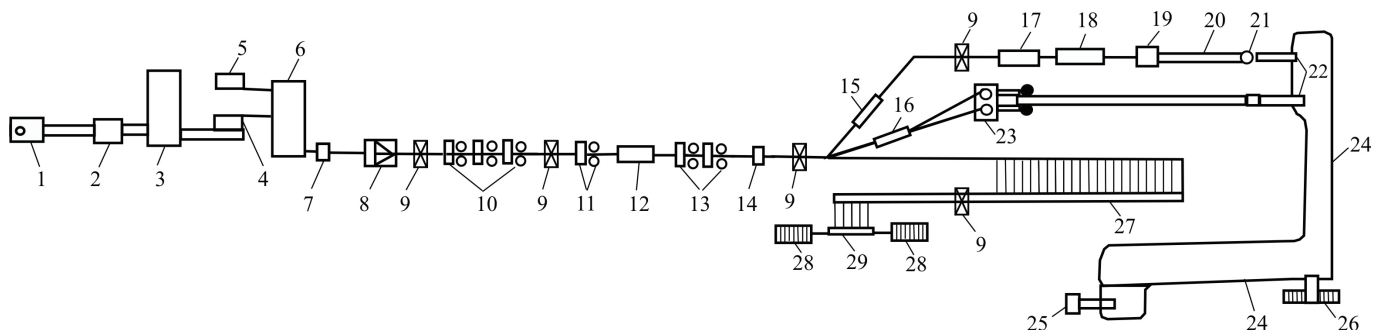


Рис. 7. Схема расположения основного оборудования ЛПА для производства прутков, полос и катанки [18]: 1 – горизонтальная МНЛЗ; 2 – машина газовой резки; 3 – холодильник; 4, 5 – загрузочные решётки горячего и холодного посада заготовок; 6 – методическая печь с шагающими балками; 7 – гидросбив; 8 – машина интенсивного обжатия; 9 – ножницы; 10 – первая промежуточная группа клетей; 11 – вторая промежуточная группа клетей; 12, 15, 16, 18 – установки водяного охлаждения; 13 – чистовая группа клетей; 14 – калибровочный блок; 17 – чистовой блок клетей; 19 – виткообразователь; 20 – транспортёр с воздушным охлаждением; 21 – виткосборник; 22 – устройство навески бунтов на крюковой конвейер; 23 – моталки Гаррета; 24 – крюковой конвейер; 25 – устройство для подпрессовки бунтов; 26 – устройство для съема бунтов; 27 – холодильник для прутков, поставляемых в пакетах; 28 – карманы; 29 – пакетирущик

диаметров 60-80 мм (для обычных и качественных углеродистых марок стали коэффициент вытяжки находится в диапазоне 3,1-6,6; для труднодеформируемых – 1,9-4,1). После этого концы искажённой формы удаляют на ножницах. Далее раскат обжимают в первой и второй промежуточных группах клетей. Клетки этих групп – дуо с чередованием вертикально и горизонтально расположенных валков, бесстанинные. Чистовая группа состоит из четырёх чередующихся клетей с горизонтально и вертикально расположенными валками. Калибровочный блок позволяет получать прутки высокой точности размеров.

После калибровочного блока имеется три линии. Первая линия предназначена для охлаждения, порезки и пакетирования круглых профилей диаметром 13-17 мм и плоских полос сечением $(30 \times 8) \div (90 \times 12)$ мм. Вторая линия – для смотки на моталках круглых профилей диаметром 30-40 мм. Третья (проволочная) линия – для получения катанки и круглых профилей диаметром 5,5-18 мм. В линии установлен чистовой блок трёхвалковых клетей с твёрдосплавными валками (дисками). Такой блок позволяет обеспечить высокую точность прокатки, а также скорость до 120 м/с.

На транспортёре с воздушным охлаждением возможно ускоренное, замедленное и медленное охлаждение (в зависимости от химического состава стали) витков катанки.

В ЛПА предусмотрено несколько вариантов охлаждения металла. В установке охлаждения 12 (рис. 7) выполняется термомеханическое охлаждение конструкционных марок стали. Аналогичная душирующая установка 15 размещена в проволочной линии перед чистовым блоком и также служит для термоупрочнения проката. Эти установки используют и для охлаждения труднодеформируемых марок стали с узким температурным диапазоном деформирования, поскольку при прокатке в МИО и клетях промежуточных групп металл разогревается.

В душирующей установке 16 перед моталками прутки охлаждают для получения требуемой микроструктуры и механических свойств металла. Так, аустенитные нержавеющие стали охлаждают до температуры 400 °С, исключая последующую термообработку.

В душирующей установке 18 температура катанки, повышающаяся за счёт разогрева в чистовом блоке, снижается до 700 °С, что способствует образованию мелкодисперсной структуры металла.

Координация, контроль и фиксация параметров технологического процесса и работы оборудования на ЛПА ведётся с помощью систем автоматики и ЭВМ. ЛПА введён в работу на одном из предприятий в РФ.

В рассматриваемом ЛПА имеется два нетрадиционных элемента: горизонтальная МНЛЗ для отливки непрерывнолитых слитков круглого поперечного сечения и МИО.

Необходимость использования заготовок круглого поперечного сечения обусловлена наличием в линии ЛПА МИО.

Выше были отмечены некоторые преимущества, которые обеспечивает отливка заготовок круглого

поперечного сечения, к этому следует добавить и то, что такая форма способствует рассредоточению возникающей в осевой зоне центральной пористости и ликвации, а также способствует получению повышенной плотности равноосной структуры металла в осевой зоне заготовки [3].

В большинстве случаев такие заготовки используют для производства бесшовных труб, колес, бандажей и колец. Лишь в 80-х годах прошлого века заготовки круглого поперечного сечения начали применять для производства катанки и мелкого сорта. По данным работы [3] в мире работает несколько больше 30-ти МНЛЗ горизонтального типа с отливкой заготовок круглого поперечного сечения, а на территории стран СНГ всего одна – на НПО «Тулачермет» (РФ). Диаметр отливаемых заготовок 110-150 мм.

В СССР разработкой МНЛЗ горизонтального литья (как круглых, так и квадратных заготовок) занимались учёные ВНИИМЕТМАШа, УкрНИИМета, ЦНИИчермета. Была даже принята программа строительства горизонтальных МНЛЗ в мартеновских цехах с целью перехода со слиткового передела на непрерывную разливку стали [19]. Выбор МНЛЗ горизонтального типа был связан с тем, что их легко размещать в действующем цехе, так как они имеют минимальную высоту, строительство требует минимальных капитальных затрат, поскольку конструкция проста (отсутствует промежуточный ковш со стопорами и стаканом-дозатором), а также низкие эксплуатационные затраты, поскольку всё оборудование МНЛЗ расположено на уровне пола. По ряду причин эти планы реализованы не были.

В Украине горизонтальная МНЛЗ была установлена на Краматорском металлургическом заводе. Предполагалось отливать заготовки поперечного сечения 175×175 мм. Опыты проводили сотрудники УкрНИИМета, но они были прекращены в середине 90-х годов.

Итог: исследования, выполненные в СССР на опытных и немногочисленных промышленных горизонтальных МНЛЗ показали, что для успешной их работы необходимо решать проблему надёжности узла стыковки зоны контакта водоохлаждаемого кристаллизатора и огнеупорного материала [20, 21].

За рубежом имеется определённый опыт работы горизонтальных МНЛЗ с отливкой заготовок диаметром 8-350 мм, хотя большинство машин такого типа применяют для отливки заготовок диаметром не более 150 мм.

Машину интенсивного обжатия – МИО за рубежом называют также редуционно-калибровочным блоком – RSB, а в РФ – станом радиально-сдвиговой прокатки. Авторы работы [22] отмечают, что прокатный и калибровочный блоки были разработаны в начале 90-х годов прошлого века. Причём прокатные многоклетевые блоки трёхвалковых клетей являются чистовыми и их устанавливают как завершающий агрегат, предназначенный для прокатки катанки или мелкого сорта круглого поперечного сечения при скорости вплоть до 120 м/с. Редуцирующие блоки, как правило, одноклетевые, также трёхвалковые, предназначены для установки вместо черновой группы клетей или в черновой промежуточной группах [22].

Процесс и оборудование для радиально-сдвиговой прокатки (РСП) разработан в Московском институте стали и сплавов значительно раньше, чем за рубежом [23].

По общей структуре станы радиально-сдвиговой прокатки идентичны станам винтовой прокатки, применяемым для производства бесшовных горячекатаных труб. Основное отличие этих технологических процессов заключается в том, что при производстве труб создают «разрыхление» центральной зоны круглой заготовки (прошивка трубы), а при процессе РСП происходит уплотнение металла заготовки по всему поперечному сечению. Теория, технология и оборудование для реализации процесса РСП представлены в работах [24-26].

Первые промышленные испытания технологии радиально-сдвиговой прокатки проведены на Верхне-Салдинском металлургическом производственном объединении. С использованием полученных результатов спроектирован и в 1989 г. запущен в эксплуатацию стан радиально-сдвиговой прокатки РСП-130, предназначенный для производства высококачественных прутков из титановых сплавов. Конструкция стана позволяет вести реверсивную прокатку. Схема клетки стана РСП-130 приведена на рис. 8.

Рабочая клетка стана РСП-130 изготовлена в виде литой разъемной станины 1, в цилиндрических расточках которой под углом 120° размещены барабаны 2 с жестко закреплёнными валковыми узлами 3. Расстояние между ними изменяется перемещением барабанов 2 в направляющие станины 4 при помощи механизма установки валков 5. Разворот валков на требуемый угол подачи достигается вращением барабанов 2 в цилиндрических расточках станины действием механизмов поворота 6 барабана 2. В рабочем положении крышка прилегает к основанию станины опорными поверхностями 7 и 8 и прижимается стяжкой 9, обеспечивая вместе с шарнирным соединением 10 и стяжкой целостность и высокую жёсткость станины.

В качестве способа ведения перевалки в линии стана РСП-130 предусмотрена схема замены валков с помощью откидывания крышки клетки с находящимся в ней барабаном. При перевалке нижние барабаны с валками, открыто расположенные в основании станины,

заменяются с помощью крана. Для замены же верхнего барабана с валком используется специальный стенд.

Стан РСП состоит из двух клеток. Черновая клетка (см. рис. 8) работает в реверсивном режиме. В ней производят 9-11 проходов с разовыми коэффициентами вытяжки 1,15-1,25. Такой режим исключает возможность деформационного нагрева, поскольку температурный интервал деформации титановых сплавов довольно узок. Максимальный диаметр заготовки для черновой клетки составляет 160, а минимальный диаметр раската после прокатки – 75 мм. Конструкция чистовой клетки аналогична черновой. В ней производят один проход и обеспечивают высокую точность получаемых прутков, минимальную кривизну и гладкую поверхность. Максимальный диаметр подката для чистовой клетки составляет 110, а прутка после прокатки 65 мм. То есть деформационные возможности черновой клетки в данном случае используются не полностью.

Полученный на стане РСП-130 пруток диаметром 75-90 мм подают на стан продольной прокатки 450 и прокатывают на прутки диаметром 18-65 мм. Полученные прутки имеют однородную глобулярную структуру металла.

В работе [26] представлены технические характеристики рабочих клеток, разработанных в МИСИС станом РСП. На самом крупном из них РСП-500 используют заготовку максимального диаметра 450 и получают подкат минимального диаметра 120 мм в черновой клетке и соответственно 150 и 90 мм – в чистовой клетке. Черновая клетка реверсивная, в ней производят несколько проходов, в чистовой – один проход.

Сведений о применении клеток этого типа в качестве черновых в составе мелкосортных и проволочных станов нами в технической литературе не обнаружено.

Ещё одним предложением по применению клетки поперечно-винтовой прокатки (ПВП) является ЛПА, разработанный работниками ВНИИМЕТМАШа [27]. Схема расположения основного оборудования ЛПА приведена на рис. 9.

В состав ЛПА входит криволинейная МНЛЗ для отливки заготовок диаметром 80 мм, скорость разливки

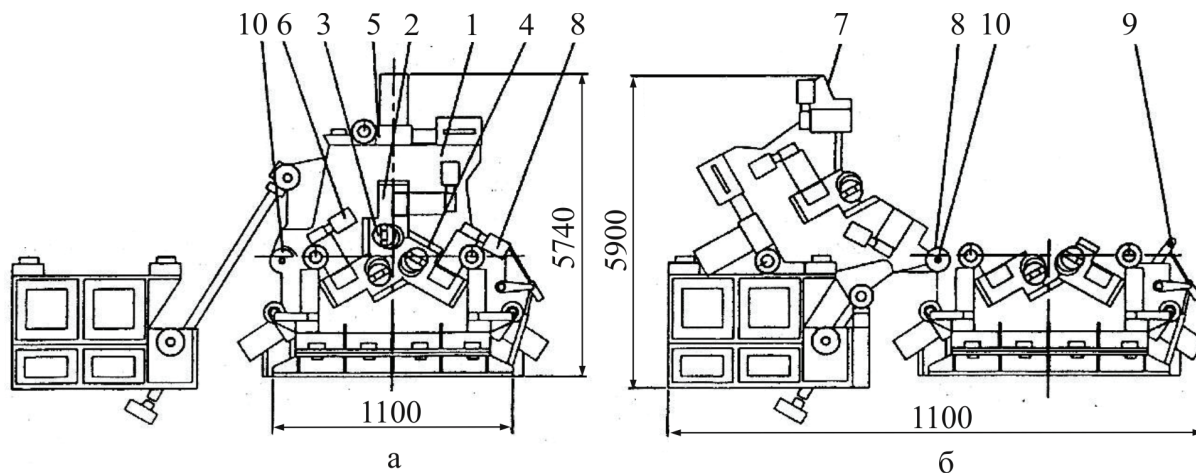


Рис. 8. Схема клетки стана СРП-130 [26]: а – рабочее положение; б – положение перед перевалкой валков (расшифровка обозначений дана в тексте)

3,5 м/мин. Выходящий из МНЛЗ непрерывнолитой слиток разрезают на заготовки определённой длины, подогревают и выравнивают температуру по поперечному сечению заготовки и подают на загрузочную решётку. Далее заготовки с помощью толкателя задают в клеть ПВП.

Клеть ПВП либо полностью, либо частично заменяет черновую группу клетей. Второй вариант показан на рис. 9. На наш взгляд – это неверное решение. Если, как пишут авторы работы [24], клеть ПВП заменяет 6-8 клетей, то зачем ещё нужны две черновые клетки при диаметре исходной заготовки 80 мм, а диаметре готового проката 14-20 мм? Логичнее их (или одну из них) было бы разместить (при необходимости) в чистой группе клетей. Разработчики ЛПА считают (как и сотрудники МИСИСа), что за счёт дополнительных сдвиговых деформаций металла в клетях ПВП происходит более глубокая его проработка, что положительно сказывается на структуре непрерывнолитого слитка. ЛПА предназначен для производства арматурных профилей № 12-20 и сортовых профилей диаметром 14-20 мм.

Масса основного оборудования ЛПА – 330 т, длина – 80 м, суммарная мощность электропотребителей – 2700 кВт, годовая производительность – 12-30 тыс. т проката. ЛПА предлагается применять на мини-заводах [27].

Сведений о реализации разработанного ЛПА нами не обнаружено.

На наш взгляд, главное, что удалось решить разработчикам ЛПА – это обеспечить клеть ПВП заготовкой круглого поперечного сечения при условии применения для её получения традиционной МНЛЗ. На целесообразность такого решения указывают и авторы работы [3]. Они отдают предпочтение радикальным МНЛЗ и приводят следующие данные: МНЛЗ для отливки заготовок диаметром до 150 мм обычно бывают двухручьевыми, которые работают со сталеплавильными агрегатами вместимостью 15-20 т, либо четырёхручьевыми, работающими с агрегатами вместимостью до 100 т. Сообщается также, что восьмиручьевая МНЛЗ для отливки заготовок диаметром 120 мм работает в Италии в Генуе, при этом сталь на МНЛЗ поступает из 250-тонного кислородного конвертера [3]. Следует отметить, что в большинстве случаев отливку на МНЛЗ заготовок круглого поперечного

сечения увязывают с трубным производством, а также изготовлением колес и бандажей.

О целесообразности объединения в один комплекс производства стали и производства проката декларирует и компания «Siemens-VAI» [28]. Предложен даже термин для этой технологии – WinLink – выигрышное соединение. Трактуются оно как «непрерывное производство сортового длинномерного проката из жидкой стали». При этом сортовая МНЛЗ связана с прокатным станом. Конкретные схемы расположения оборудования, его характеристики, а также параметры технологического процесса в статье [28] отсутствуют.

На наш взгляд, самое главное в статье [28] – следующее заключение: «Недавний экономический кризис заставил производителей стали пересмотреть преимущества первоначальных проектов сталеплавильных мини-заводов, появившихся на рынке около 40 лет тому назад». Отмечены достоинства мини-заводов и далее: «Несмотря на эти преимущества, относительно продолжительный срок окупаемости был основным препятствием более широкому применению мини-заводов для производства сортового длинномерного проката. Это являлось следствием низкой рентабельности, что характерно для мини-заводов с малым объёмом производства, которые производят стандартный сортамент из углеродистой стали в основном для строительной промышленности».

В статье приведено сравнение показателей (площадь завода, расход природного газа, электроэнергии, материалов, трудовые затраты) обычного мини-завода и мини-завода, работающего по технологии WinLink. Конечно, для технологии WinLink они значительно лучше.

На наш взгляд все это справедливо и для предприятий полного металлургического цикла или даже еще более эффективно, а именно за счёт совмещения процессов разливки и прокатки металла.

Выводы

Развитие мелкосортных и проволочных станов характеризуется несколькими этапами – от линейных к полунепрерывным, от непрерывных станов, работающих на катаной заготовке поперечного сечения 80×80 или 62×62 мм, до непрерывных станов, на которых используются заготовки поперечного сечения 125×125 и 150×150 мм.

С учётом расположения основного оборудования, сечения используемой заготовки, а также числа ниток прокатываемого металла можно предложить следующую классификацию мелкосортных и проволочных прокатных станов:

- первое поколение – линейные прокатные станы;
- второе поколение – полунепрерывные прокатные станы;
- третье поколение – непрерывные четырёхниточные прокатные станы, работающие на катаной заготовке малых поперечных сечений;

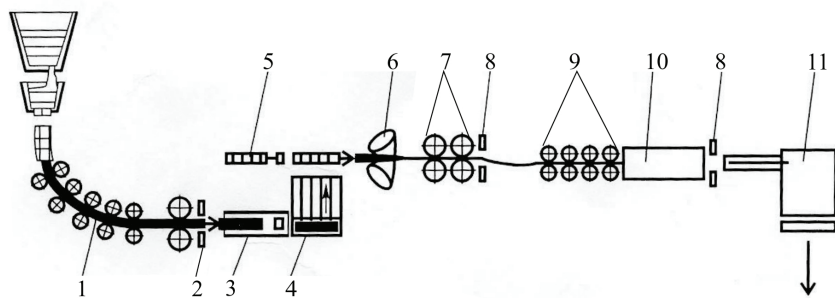


Рис. 9. Схема расположения основного оборудования ЛПА конструкции ВНИИ-МЕТМАШа [27]: 1 – МНЛЗ; 2 – делительные ножницы; 3 – индукционный подогреватель; 4 – загрузочная решётка; 5 – толкатель заготовок; 6 – клеть ПВП; 7 – черновая группа клетей продольной прокатки; 8 – летучие ножницы; 9 – чистовая группа клетей; 10 – термоупрочняющая установка; 11 – холодильник

– четвертое поколение – непрерывные двухниточные прокатные станы, работающие на непрерывнолитой заготовке больших поперечных сечений;

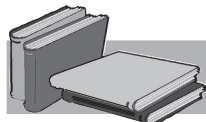
– пятое поколение – непрерывные одниточные прокатные станы;

– шестое поколение – агрегаты, совмещающие процессы разлива стали и прокатки металла – ЛПА.

Переход на использование непрерывнолитой заготовки диктует необходимость использования её только больших поперечных сечений (не менее

125×125 мм), а следовательно, остановку всех мелкосортных и проволочных станов первого и второго поколений и обязательную реконструкцию станов третьего поколения.

При реконструкции действующих и строительстве новых станов необходимо стремиться к тому, чтобы прокатные станы являлись элементом литейно-прокатного агрегата, что обеспечит высокое качество продукции и минимальные энергетические, материальные и трудовые затраты на её производство.



ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьменко А. Г. Мелкосортные станы. Состояние, проблемы, перспективы / А. Г. Кузьменко. – М.: Металлургия, 1996. – 368 с.
2. Шилов В. А. О рациональных путях перевода мелкосортных и проволочных станов на прокат непрерывнолитых заготовок / В. А. Шилов, В. К. Смирнов // Производство проката, 2000. – № 7. – С. 23-25.
3. Смирнов А. Н. Процессы непрерывной разлива / А. Н. Смирнов, В. Л. Пилюшенко, А. А. Минаев и др. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 536 с.
4. Смирнов В. К. Опыт и направления реконструкции мелкосортных и проволочных станов / В. К. Смирнов, В. А. Шилов // Бюллетень «Чёрная металлургия», 1999. – № 1-2. – С. 13-19.
5. Жучков С. М. Целесообразность применения неприводных деформирующих устройств в условиях мелкосортных станов комбината «Криворожсталь» / С. М. Жучков, И. И. Любимов, Л. М. Кулаков и др. // Теория и практика металлургии, 2001. – № 2 (22). – С. 51-55.
6. Кукуй Д. П. Выбор рационального пути реконструкции мелкосортных станов при переводе на непрерывнолитую заготовку большого сечения // Д. П. Кукуй, В. С. Солод, В. А. Шеремет // Металлургическая и горнорудная промышленность, 2002. – № 8-9. – С. 184-188.
7. Совмещение непрерывной разлива стали с прокаткой / В. Б. Ганкин, Б. Е. Гуревич, А. А. Целиков, А. М. Ротенберг // Чёрная металлургия. Бюллетень института «Черметинформация», 1970. – № 11. – С. 13-22.
8. Коновалов Ю. В. Настоящее и будущее литейно-прокатных агрегатов. Сообщение 2. Производство сортового проката / Ю. В. Коновалов // Производство проката, 2009. – № 10. – С. 36-48.
9. Освоение проволочного стана 150 / В. А. Кулеша, Г. П. Борисенко, А. А. Горбань и др. // Сталь, 1984. – № 1. – С. 42-46.
10. Жучков С. М. Современные проволочные станы. Тенденции развития технологии и оборудования / С. М. Жучков, А. А. Горбанев // ОАО «Черметинформация». Бюллетень «Чёрная металлургия», 2006. – № 7. – С. 30-42.
11. Yin Pei Yn Running Iron and steel single-strand high-speed wire rod mill / Yin Pei Yn, A. Muller // MPT, Inter-national, 1996. – № 1. – P. 58-60, 62, 64.
12. Литейно-прокатный агрегат для производства катанки / В. А. Вердеревский, В. П. Степанов, Г. С. Никитин, О. К. Храпченков // Сталь, 1995. – № 2. – С. 37-41.
13. Сивак Б. А. Литейно-прокатные агрегаты / Б. А. Сивак, А. И. Майоров // Тяжёлое машиностроение, 1997. – № 5. – С. 6-9.
14. Святковский У. Привязка УНРС к мелкосортным и проволочным станам / У. Святковский // МРТ, 1993. – С. 56-62.
15. Альзетта Ф. «Мини-завод» Luna для литья и бесконечной прокатки сорта / Ф. Альзетта, Д. Андреатта, М. Тонидандел, В-Д. Рузза // МРТ, 2001. – С. 60-72.
16. Альзетта Ф. Новая установка современного литья и бесконечной прокатки специальных сталей на заводе фирмы ABS / Ф. Альзетта // Чёрные металлы, 2002. – Май. – С. 78-87.
17. Заводы «Luna» фирмы «DANIELI» для бесконечной разлива и прокатки специальных сталей: технология, инновации и преимущества // Новости чёрной металлургии за рубежом, 2003. – № 2. – С. 67-69.
18. Ринт Б. Ориентированный на перспективу сортовой стан для прокатки специальных качественных и легированных сталей / Б. Ринт, М. Аппель // МРТ, 1990. – С. 60-70.
19. Полков М. Н. Опыт и перспективы развития горизонтальной непрерывной разлива стали / М. Н. Полков, В. В. Решетов, А. И. Трушин // Сталь, 2010. – № 1. – С. 24-32.
20. Бровман М. Я. Непрерывная разлива металла / М. Я. Бровман. – М.: ЭКОМЕТ, 2007. – 484 с.
21. Коновалов Ю. В. МНЛЗ как многофункциональный агрегат для разлива, модифицирования и деформирования металла / Ю. В. Коновалов // ОАО «Черметинформация». Бюллетень «Чёрная металлургия», 2010. – № 5. – С. 46-55.
22. Амелинг В. -Ю. Прецизионная прокатка сортовой стали в редукционно-калибровочных блоках / В. -Ю. Амелинг, Дж. Нисино, К. Хасэгава // Чёрные металлы, 2001. – Август. – С. 52-58.
23. А.с. № 133994 СССР. Способ винтовой прокатки круглого проката / И. Н. Потапов, А. Е. Харитонов, С. П. Галкин и др. // Открытия. Изобретения, 1987. – № 35. – С. 24.
24. Вопросы теории радиально-сдвиговой прокатки сортового металла / С. П. Галкин, В. К. Михайлов, В. П. Романенко и др. // Производство проката, 2001. – № 7. – С. 23-28.
25. Харитонов Е. А. Внедрение технологии и оборудования для производства прутков ответственного назначения с применением станов радиально-сдвиговой прокатки / Е. А. Харитонов, В. В. Рождественский, Е. А. Скрыбин, Л. Г. Курочкин // Производство проката, 2001. – № 7. – С. 28-32.

26. Конструкция станов радиально-сдвиговой прокатки / Б. А. Романцев, М. А. Минтоханов, Н. П. Рябихин и др. // Производство проката, 2001. – № 7. – С. 32-37.
27. Сапожников А. Я. Мини-комплекс для производства мелкого сорта на основе совмещения винтовой и продольной прокатки / А. Я. Сапожников, А. М. Кривцов, С. П. Мимотин // Труды третьего конгресса прокатчиков. – М.: АО «Черметинформация», 2000. – С. 314, 315.
28. Коломбо Э. Производство сортового длинномерного проката по технологии Winlink / Э. Коломбо, У. Занелли // Сталь, 2011. – № 11. – С. 80-82.

Анотація

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

Етапи розвитку дрібносортних, дротових станів і ливарно-прокатних агрегатів для виробництва дрібного сорту й катанки

Виконано аналіз досвіду перевodu діючих дрібносортних і дротових станів, що працюють на катаній заготовці поперечного перерізу 80×80 мм, на безперервнолиту заготовку збільшеного поперечного перерізу. Показано, що найбільш раціональним і менш витратним шляхом такого перевodu є створення ливарно-прокатних агрегатів.

Ключові слова

ливарно-прокатний агрегат, машина інтенсивного обтиснення, машина безперервного лиття заготовок, дрібносортний стан, дротовий стан, безперервнолита заготовка, розкат, дрібний сорт, катанка, реконструкція

Summary

Konovalov Yu., Manshylin A., Korenko M.

Development stages for small section and rod mills and casting-rolling aggregate for small section and wire rod production

An analysis of conversion experience was made for acting small section and rod mills after changing cross-section 80×80 mm ingots to continuous casting ingot of increased cross-section. It is shown, that the most efficient and cheaper way of such a conversion is construction of casting-rolling aggregates.

Keywords

casting-rolling aggregate, intensive compression machine, continuous casting machine, small-section mill, rod mill, blank, strip plate, small section, rod wire, reconstruction

Поступила 12.05.2015