

КОМПОЗИЦИОННАЯ СТРУКТУРА АГРЕГАТОВ И КОМПЛЕКСОВ, СОВМЕЩАЮЩИХ ПЛАВКУ, ЛИТЬЕ И ДЕФОРМАЦИЮ МЕТАЛЛА

COMPOSITE STRUCTURE AGGREGATES AND COMPLEX, COMBINE MELTED, CASTING AND DEFORMATION OF THE METAL

Буркин С.П., Коршунов Е.А.

Уральский федеральный университет, г.Екатеринбург, spb@mtf.ustu.ru

A concept of a metallurgical complex, allowing cost-effective to produce rolled at relatively small volumes of production. The structure of the design concept and the possible units that combine continuous casting and deformation. These units solve the problems of energy and resources. The ways of casting at a high rate of crystallization. This provides fine grain and completely suppresses the segregation of alloying elements and impurities.

Keywords: mini-works, the combination of processes, continuous casting, radial forging, rolling, wire rods, steel tape.

Мини-заводы в течение последних лет стали альтернативой крупным интегрированным заводам с полным металлургическим циклом. Более чем сорокалетний мировой опыт эксплуатации таких заводов позволил выявить их преимущества по сравнению с заводами полного металлургического цикла: организационная структура и схема управления производством мини-заводов достаточно просты; сооружение завода в большинстве случаев не сопровождается затратами на развитие инфраструктуры; удельные капиталовложения на 1 т готовой продукции в 5...10 раз ниже; на 50...100 % меньше расходы на обслуживание и модернизацию оборудования; на 70...75 % выше производительность; на 60...65 % ниже трудозатраты и, наконец, в 2...3 раза меньше затраты на защиту окружающей среды.

В настоящее время только в США действует 65 мини-заводов с суммарной мощностью 22,5 млн. т стали в год, что составляет более 30 % объема поставок стали на рынок.

Однако следует помнить, что мини-заводы не в состоянии полностью заменить заводы с полным металлургическим циклом. Главная причина – ограниченный сортамент выпускаемой продукции (мелкосортный прокат и катанка). В 80-х годах XIX века некоторыми фирмами предпринимались попытки расширить сортамент за счет увеличения объемов производства более трудоемкой и сложной металлопродукции. Но эти попытки обычно приводили к частичной или полной утрате экономических преимуществ мини-заводов.

В то же время, даже при соблюдении всех условий создания эффективного мини-завода, определяющими в его рентабельности остаются рациональный выбор сырья и платежеспособных покупателей. В 1993 году в нашей стране практически завершился переход от централизованного государственного снабжения материально-техническими ресурсами к свободной продаже их предприятиями-производителями. Доля материалов, приобретаемых таким образом, в общем объеме реализации составляет сейчас 80...90 %. Основным условием, определяющим обеспечение предприятий и организаций, стал их

платежеспособный спрос, а не дефицит ресурсов. Рынок поставил металлургические предприятия в новые условия. Если раньше при централизованно планируемой экономике не было больших проблем с оплатой сырья и готовой продукции, выделялись централизованные капитальные вложения, то теперь главное – найти платежеспособных покупателей производимой продукции и обеспечить производство этой продукции сырьевыми и топливными ресурсами, средствами для оплаты труда и поддержания производства. Отсюда энерго- и ресурсосбережение становятся главными показателями жизнеспособности создаваемого мини-завода. Возможности реализации производимой продукции определяются актуальными потребностями в металлопродукции.

Именно создание мини-заводов и стремление к снижению годовых объемов рентабельного производства при одновременном расширении сортамента металлопродукции явились импульсом для развития техники и технологии совмещенных процессов металлургии, в которых тепло плавильного передела эффективно используется на всех последующих переделах горячей пластической обработки.

Богатый опыт в разработке технологических процессов, проектировании оборудования, композиции агрегатов и комплексов, переналадке оборудования оказался малоприменимым в организации мини-заводов. Малопроизводительные, но быстропереналаживаемые металлургические агрегаты не проектировались и, следовательно, не применялись на предприятиях крупнотоннажного производства.

В настоящей главе дается обзор исследований и разработок технологий, оборудования и комплексов, совмещающих с максимально возможной экономией энергии основные переделы металлургии и металлообработки и пригодных для заводов малотоннажного производства как металлургической, так и машиностроительной металлопродукции.

Из всего многообразия агрегатов и комплексов совмещенных процессов непрерывного литья и деформационной обработки, находящихся на различном уровне доведения до промышленного использования, представляют интерес следующие:

- прямое совмещение непрерывной горизонтальной или вертикальной (вверх) разливки сплошных и полых заготовок из стали и цветных металлов с проходным непрерывным прессованием при обратном истечении металла;
- совмещение без промежуточного подогрева вертикальной разливки полых заготовок вверх с большим шагом вытягивания и свободнойковки на автоматическом переналаживаемом обрабатывающем центре поковок широкого сортамента;
- изготовление высококачественных кузнечных заготовок из непрерывно-литых сравнительно тонких слябов;
- производство стальных и чугуновых мелющих шаров из непрерывно-литых круглых заготовок, получаемых из металла жидкофазного восстановления при переработке металлургической окалины и техногенных отходов глиноземного производства;
- изготовление стальных и чугуновых моно- и биметаллических труб и полых профилей из полунепрерывно-литых заготовок, получаемых намораживанием металла на полый расходный кристаллизатор.

Перечисленные процессы получения металлоизделий из непрерывно-литых заготовок объединены некоторыми технологическими принципами, реализация которых представляется перспективной. В частности, для деформации используется тепло литейного передела; сокращается количество дефектов полых слитков, возникающих при их охлаждении; существенно снижается поверхностное окисление и глубина обезуглероженного слоя у стальных заготовок; высокая скорость охлаждения металла и циклическое движение расплава вдоль фронта кристаллизации подавляют ликвационные процессы в сплавах и гарантируют однородность и мелкозернистость структуры; использование комбинированного нагружения при пластической деформации с эффективным управлением напряженно-деформированным состоянием, что порождает новые операции пластического формоизменения; одностадийность технологического процесса от расплава металла до металлопродукции, облегчающая и активизирующая автоматический контроль.

Новые техпроцессы в практической реализации порождают нетрадиционную композиционную структуру агрегатов. Комплексы машин отличаются компактностью, низкой металлоемкостью, энергосбережением, безопасностью и экономичностью.

Создание мини-заводов, способных эффективно работать при сравнительно малых объемах производства, не сводится к новой компоновке старого оборудования, которое вполне

пригодно для многотоннажного металлургического производства. Необходима разработка принципиально иных подходов к проектированию технологий и оборудования, основанных на оценке энерго- и материалопотребления на каждом переделе металлообработки. Основные требования к машинам, занятым в мини-металлургии, это многофункциональность, быстрая переналаживаемость и возможность совмещения с другими агрегатами. Модульный принцип построения технологических комплексов и линий перспективен благодаря пригодности к быстрому изменению их конструкции и, следовательно, к быстрому изменению сортамента продукции. Показанные в данной главе примеры технологий и композиции агрегатов дают представление о неисчерпаемых возможностях мини-металлургии, особенно при благоприятном решении проблемы обеспечения предприятий дешевым сырьем. Легко понять, что решение задачи оздоровления экологической обстановки в регионах с интенсивно развивающейся металлургией за счет планомерной утилизации техногенных образований возможно только при создании целой сети мини-заводов, территориально приближенных к местам сосредоточения отходов, простых в монтаже и демонтаже, а в некоторых случаях даже мобильных.

Важным этапом в развитии техники выплавки в агрегатах малого объема можно считать конструктивное совмещение плавильной емкости печи с промежуточным ковшем, к которому присоединяется кристаллизатор для горизонтальной или вертикальной полу- или непрерывной разливки металла. Это позволяет обходиться без лишних переливов расплава и, следовательно, без дополнительного загрязнения металла окислами и неметаллическими включениями от разрушающейся при переливе расплава футеровки. Становятся ненужными столь трудно эксплуатируемые транспортные ковши.

В структуре любого мини-металлургического завода можно предусмотреть и легко реализовать достаточно много локальных производств металлопродукции широкого сортамента, выпускаемой сравнительно малыми партиями.

Один из вариантов вертикального литейно-ковочно-прокатного агрегата (модуля) разработан и полностью спроектирован в рамках Государственной научно-технической программы «Ресурсосберегающие экологически безопасные процессы горнометаллургического производства». Основной идеей совершенствования технологии непрерывной разливки стали является применение вертикальных кристаллизаторов, устанавливаемых на крышке герметичного промежуточного ковша. Разливается полая заготовка при большой скорости охлаждения и при циклическом движении расплава вдоль фронта кристаллизации. Для будущей прокатной заготовки используется только мелкозернистый корковый металл с однородным химическим составом и структурой.

Спроектированный модуль имеет статус опытного и своей конструкцией предусматривает установку аппаратных средств для детального изучения нового способа литья и последующей деформационной обработки полого слитка.

Литейно-ковочно-прокатный модуль (ЛКПМ) в опытном исполнении предназначен для производства стальной низко- и среднеуглеродистой катанки диаметром 6,5 мм из непрерывной полой заготовки. Модуль включает в себя следующие агрегаты и устройства (рис. 1). Промежуточный ковш (ПК) емкостью 6 т со съемной крышкой, стационарно устанавливаемый на жесткие опоры. Ковш служит для подачи жидкого металла из сталеразливочного отделения к модулю. Ковш выполняется с возможностью перемещения по рельсовому пути от места заливки жидкого металла до места установки крышки. Ковш рассчитан на разливку под давлением до 0,3 МПа и быструю герметизацию путем подъема ковша и прижима его к неподвижной крышке.

Крышка снабжена устройствами крепления вертикального плазматрона (ПТ), кристаллизатора К и трубопроводами для подвода охлаждающей воды, подвода и отвода газов и системы вакуумирования. Плазматрон предназначен для подогрева жидкого металла в ковше во время разливки. Кристаллизатор – для получения полой заготовки. В состав оборудования промковша включается электромагнитный перемешиватель.

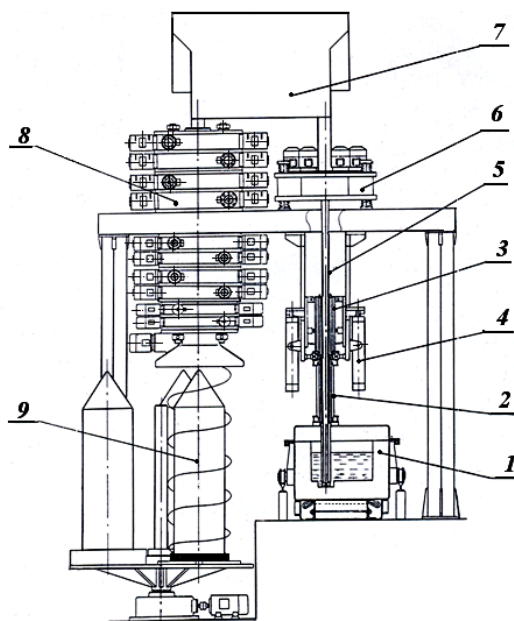


Рис. 1. Схема литейно-ковочно-прокатного модуля (ЛКПМ):

- 1 – промежуточный ковш; 2 – кристаллизатор; блок; 3 – устройство зоны вторичного охлаждения; 4 – устройство подачи литой заготовки в ковочный блок; 5 – литая заготовка; 6 – ковочный блок; 7 – петлевое устройство; 8 – непрерывный прокатный блок; 9 – устройство приема катанки

Горизонтальное перемещение ковша осуществляется посредством лебедки. Подъем ковша и электромагнитного перемешивателя выполняется механизмом подъема. Кристаллизатор медный со слабоконической рабочей поверхностью. Он снабжается керамическим металлопроводом, погружаемым в жидкий металл ковша. Плазматрон монтируется на крышке с возможностью вертикального перемещения от индивидуального асинхронного двигателя. К плазматрону присоединяются система электропитания дуги, система охлаждения и система подвода плазмаобразующего газа.

Устройство зоны вторичного охлаждения 3 находится за кристаллизатором и является его продолжением. Оно состоит из следующих частей: прижима к кристаллизатору, полуколец охлаждения, разъединителя зоны вторичного охлаждения, полуцилиндров зоны вторичного охлаждения, устройства вертикального перемещения 4. В зоне вторичного охлаждения домораживается изнутри стенка полой трубчатой заготовки 5.

Механизм подачи заготовки в бойки ковочного блока, который конструктивно и кинематически связан с ковочным блоком (механизмом вертикального перемещения), включает в себя две винтовые несамотормозящиеся пары, винты которых закреплены шарнирно, и двух гаек с возможностью осевого перемещения на величину, соответствующую обратной отдаче заготовки во время радиального обжатия в ковочном блоке (50...70 мм). Кинематическая связь привода бойков ковочного блока осуществляется через электромагнитные муфты.

Нагревательное устройство, представляющее собой проходную муфельную печь сопротивления, служит для стабилизации температуры заготовки перед ковочным блоком. Регулирование режима нагрева не предусматривается.

Ковочный блок 6 служит для заковки полой трубчатой заготовки в пруток. Ковочный блок вертикального исполнения закрепляется на грузовой площадке жестко по оси МНЛЗ. Он содержит шесть ползунов с бойками, приводимыми в движение шестью эксцентрико-кулисными механизмами. Бойки рабочими поверхностями в сопряжении образуют шестиугольный замкнутый контур, изменяемый в процессековки (радиального обжатия) от 130 до 35 мм (диаметр вписанной окружности). Привод бойков ковочного (радиально-обжимного) блока осуществляется шестью асинхронными электродвигателями. От электродвигателей к эксцентриковому валу бойков момент передается через редукторы и многодисковые фрикционные муфты.

Для фиксации бойков в разведенном положении используются четыре поворотных шпонки с приводом от гидродвигателей.

Ножницы горячей резки устанавливаются за ковочным блоком и служат для отрезания прутка

при аварии на блоке. Ножницы выполнены трехножевыми, причем лезвия ножей образуют треугольный, равносторонний, замкнутый контур, изменяемый при резке от 50 до 0 мм (диаметр вписанной окружности).

Привод ползунов с ножами осуществляется посредством шарнирно-рычажного механизма от гидромотора оригинальной конструкции с пружинным возвратом. Жидкость высокого давления в поворотный гидродвигатель подается от пневмогидравлического мультипликатора.

Устройство формирования петли 7 кованой заготовки (петлеобразующее устройство) монтируется на грузовой площадке и предназначено для передачи кованой заготовки из ковочного блока в первую черновую клетку, размещения петли кованой заготовки в процессе работы модуля и контроля синхронности работы литейной машины и прокатного блока. В состав устройства входят: приемная воронка, камера для размещения петли кованой заготовки; механизм передвижения подвижной проводки, состоящий из двух пневмоцилиндров; смотровой щели, перекрытой жаропрочным стеклом, для контроля длины и скорости изменения длины петли.

Одиннадцатиклетевой прокатный блок 8 вертикального исполнения служит для прокатки кованой заготовки в катанку круглого сечения диаметром 6,5 мм. Прокатный блок содержит 10 обжимных четырехвалковых клеток и одиннадцатую – калибровочную клетку. По конструкции кинематических цепей приводы прокатного блока разделены на три группы клеток: черновую – 4 клетки, промежуточную – 4 клетки, чистовую – 3 клетки. Валки прокатных клеток снабжены индивидуальными электродвигателями (асинхронными с фазовым ротором) и выполнены водоохлаждаемыми. Двигатели каждой клетки управляются от группового преобразователя частоты.

Адьюстаж модуля предназначен для окончательной отделки продукции. В состав адьюстажа входят: виткообразователь, конвейер-охладитель, промежуточный накопитель с отсекателями, ножницы резки катанки, устройство приема катанки, пресс для опрессовки бунта. Привод виткообразователя и конвейера-охладителя осуществляется от электродвигателей калибровочной клетки посредством редукторов и цепной передачи. Внешний вид и размещение модуля в сталеплавильном цехе показан на рис. 2.

Литейно-ковочно-прокатный модуль работает следующим образом. Промежуточный ковш, залитый жидким металлом, посредством лебедки подается оператором вручную под неподвижную крышку. Запускаются все электроприводы модуля, подается вода, сжатый воздух, газ и другие энергоносители. Затем механизмом подъема ковш поднимается и герметизируется крышкой. При этом плазматрон, металлопровод и отводящие трубопроводы оказываются подсоединенными к внутренней полости ковша. Металлопровод вводится в жидкий

металл. Этим же механизмом поднимается к дну ковша электромагнитный перемешиватель. С помощью плазматрона температура жидкого металла в ковше доводится до нормы.

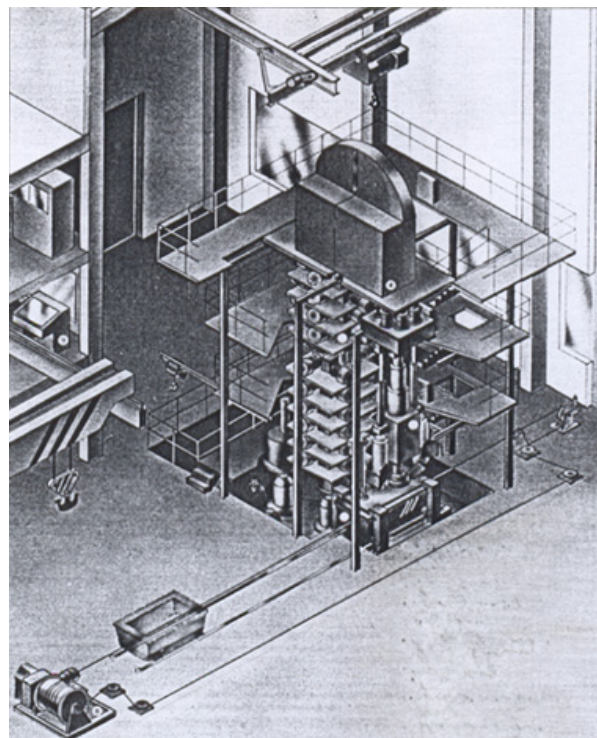


Рис. 2. Внешний вид ЛКПМ

Разливка металла производится следующим образом: в промежуточный ковш подается газ под давлением, достаточным для подъема по металлопроводу металла в кристаллизатор и зону устройства вторичного охлаждения до уровня, контролируемого радиоактивным датчиком.

За счет соприкосновения жидкого металла с водоохлаждаемыми стенками кристаллизатора и с устройством зоны вторичного охлаждения (УЗВО) происходит кристаллизация слитка (намораживание металла). Общая длительность кристаллизации за один цикл составляет 26 с. За это время производится 6...7 циклов прокатки жидкого металла путем понижения его уровня на 500...800 мм.

После намораживания «корочки» производится сброс давления в ковше и соответственно в металлопроводе.

Подъем и сброс давления газов в промковше осуществляется соответствующими клапанами на газопроводах. Далее производится подача защитного газа в зазор между полукольцами и полуцилиндрами УЗВО для предотвращения подсоса воздуха в раскрывшуюся во время вытягивания слитка внутреннюю полость. Производится вытягивание сформированной полой заготовки из кристаллизатора на один шаг, примерно 1000 мм.

Вытягивание начинается с разведения пневмоцилиндрами полуколец УЗВО, затем устройство вытягивания поднимает полуцилиндры

с зажатой на конусе заготовкой в крайнее верхнее положение таким образом, что нижний край слитка достигает верхнего торца кристаллизатора.

Далее выполняется сведение и зажим нижней части слитка полукольцами УЗВО, разведение полуцилиндров УЗВО для освобождения заготовки, перемещение вниз в крайнее положение устройства вытягивания и сведение полуцилиндров УЗВО.

Следующий цикл кристаллизации слитка и его вытягивание осуществляется аналогично предыдущему. Во втором цикле в УЗВО происходит дополнительное намораживание металла на внутреннюю поверхность слитка, полученного до этого в кристаллизаторе. Четвертый и последующие циклы вытягивания слитка и егоковки аналогичны третьему. Длина заготовки в петлеобразующем устройстве составляет 6,5 м – минимальная и 10 м – максимальная. В процессековки очередной вытягиваемой порции металлакованая заготовка достигает валков первой клетки прокатного блока, начинается непрерывная прокатка в одиннадцати клетях блока с получением катанки диаметром 6,5 мм.

С попаданием заготовки в клетки убираются проводковые устройства. Скорость прокатки должна соответствовать пропуску усредненного объема кристаллизованного и откованного металла заготовки. Для целей поддержания такого равенства объемов предусматривается групповое регулирование скорости прокатки одновременно на всех клетях с заранее заданным соотношением скоростей по отдельным клетям.

Вышедшая из калибровочной клетки катанка попадает в виткообразователь и кольцами укладывается на зубья конвейеров. Конвейеры перемещают витки катанки по шахте зоны охлаждения вниз навстречу потоку воздуха от вентиляционной установки. Пройдя зону охлаждения, витки катанки свободно падают на паллету приемного поворотного устройства, находящуюся на позиции приема катанки.

В процессе проведения прокатки непрерывно идет накопление массы бунта на паллете приема катанки. После накопления примерно 1/6 объема металла в ковше производится операция по переходу на следующую паллету. При этом формируется накопитель витков катанки в нижней части зоны охлаждения (ниже выхода конвейеров). С этой целью вводятся лапы отсекаателя в шахту зоны охлаждения, которые не дают возможности виткам катанки падать на паллету. Затем в зону охлаждения вводятся ножницы таким образом, что катанка попадает между разведенными ножами, отрезанный конец выходит из зоны отсекаателей. Затем ножницы смыкаются и перерезают виток. Конец падает на паллету. Проводками ввода отсекаателей, вывода ножниц и реза служат пневмоцилиндры. Далее гидроприводом выполняется разворот на угол 60° карусели с паллетами. Производится фиксация карусели фиксирующим устройством. После

установки очередной паллеты отсекаатели расходятся и накопленные за это время витки падают на паллету.

После накопления двух бунтов и после выполнения очередного поворота на 60° карусели и ее фиксации клиновым фиксирующим устройством включается опрессовочный пресс. Опрессовка заканчивается при достижении требуемого осевого усилия прессы (160 кН). Таким же образом заполняются остальные паллеты.

При доработке металла из ковша и прекращении разливки,ковки и прокатки заполняется последняя шестая паллета. После этого карусель делает еще два поворота для опрессовки бунтов на последних двух паллетах, после чего весь модуль останавливается. После остановки модуля и перевода поворота карусели на ручной режим можно выполнять обвязку бунтов и разгрузку карусели цеховым краном.

Заканчивается процесс разливки выборкой металла из ковша. После прекращения разливки остаток заготовки проковывается и прокатывается в прокатном блоке. При выборе хвостовой части заготовки ковочный блок работает непрерывно, а подача идет за счет натяжения от валков прокатного блока.

После окончания прокатки продолжается поворот карусели на 60° для обжатия и обвязки всех бунтов и их разгрузки. Поворот карусели может производиться как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Таким образом, вертикальный литейно-ковочно-прокатный модуль (ЛКПМ) реализует отливку вверх полый заготовки, вытягиваемой из кристаллизатора с помощью осевого привода зоны вторичного охлаждения. Ковочный блок, расположенный соосно с литейной машиной, использует устройство вытягивания в качестве механизма подачи, осуществляющего продвижение с заданным шагом литой заготовки в бойки в периоды вытягивания последней из кристаллизатора. Во время пауз кристаллизации очередной части слиткаковка прекращается и устройство подачи возвращается в исходное положение.

Кристаллизация полый заготовки при одностороннем фронте затвердевания гарантирует отсутствие ликвационной неоднородности и мелкозернистую структуру даже при разливке высоколегированных сталей. В промежуточном ковше вертикальной литейной машины предусмотрены плазменный подогрев и электромагнитное управляемое перемешивание расплава. Ковш герметизирован и снабжен водоохлаждаемой нефутерованной крышкой. Автоматическое управление давлением газа в ковше выполняется по результатам замеров уровня металла в зоне вторичного охлаждения и толщины корковой части слитка.

Сплошная деформированная заготовка шестиугольного поперечного сечения формируется из полый литой в многобойковом ковочном блоке при вытяжке 5,0...5,5. Для надежной заварки

полости литейная машина обеспечивает контролируемую безокислительную атмосферу внутри отливаемой заготовки. С целью интенсификации проработки литой структуры металла в ковочном блоке реализуется радиально-сдвиговое обжатие, благоприятно сказывающееся как на параметрахковки, так и на качестве металла.

Ножницы горячей резки ковочной заготовки, монтируемые на выходе из ковочного блока, являются аварийными и не используются при нормальном ведении процесса.

Существенным достоинством вертикального ЛКПМ следует считать возможность начала разливки без затравки и подачу ковочной заготовки в прокатный блок без отрезки передней части.

Петлевое устройство выполнено герметизируемым и допускающим подачу защитной атмосферы.

Прокатка с суммарной вытяжкой 32 выполняется в одиннадцати четырехвалковых клетях по схеме круг–квадрат–круг. Необходимые кантовки полосы реализуются взаимным разворотом смежных клеток на экспериментально подобранный оптимальный угол. Скоростное согласование клеток осуществляется частотным автоматическим управлением асинхронных электродвигателей с фазным ротором.

Требуемая структура и свойства катанки обеспечиваются ускоренным охлаждением водовоздушной смесью в вертикальной шахте, вдоль которой катанка перемещается в витках транспортерами. Витки формируются на выходе из чистовой клетки виткообразователем и имеют диаметр 1050 мм. В нижней части зоны приема катанки располагается турель с вертикальными стержнями для наполнения охлажденной катанкой и формирования бунтов массой до 2000 кг. На одной из фиксированных позиций поворота турели выполняется осевое сжатие бунтов и их обвязка с последующим удалением с турели. Скорость прокатки в чистовой клетке блока 5...6 м/с. Производительность вертикального ЛКПМ с ковшем емкостью 6 т составляет 25000 т/год. Мощность установленного электрооборудования на одном ручье вертикального ЛКПМ 1500 кВт.

Следовательно, мощность, приходящаяся на выпуск 1 т катанки в год, равна 0,06 кВт, что на 20...30 % ниже, чем при работе на высокоскоростных проволочных станах.

В современных условиях экономического развития при высоком уровне цен на металлопродукцию в трудном положении оказались предприятия неметаллургического профиля, потребляющие металлоизделия в сравнительно небольших количествах. Располагая определенными запасами металлолома, эти заводы проявляют интерес к созданию низкопроизводительных и экономичных металлургических агрегатов, способных утилизировать металлоотходы и обеспечивать собственные нужды. Поскольку в мировой практике трудно найти подходящие аналоги для проектирования такого оборудования, приходится в процессе его проектирования решать нетрадиционные проблемы энерго- и ресурсосбережения, компактности, управляемости и переналаживаемости металлургических машин. Экономическая эффективность при этом может быть обеспечена за счет низкой стоимости лома, максимально возможного энергосбережения и широкого сортамента продукции.

В настоящей работе дается пример подхода к решению проблемы создания экономичного металлургического агрегата в условиях одного из предприятий асбоцементных изделий Свердловской области. Описываемый литейно-прокатный модуль предназначен для производства стальной низкоуглеродистой ленты по ГОСТ 503-81. Малый объем производства стальной ленты, не превосходящий 3 тыс. т в год, делает проблематичной экономическую эффективность такого модуля. В связи с этим в состав модуля вводится плавильный агрегат с каналным нагревом, совмещаемый с МНЛЗ. Непрерывная разливка ленточной заготовки осуществляется кристаллизацией металла на водоохлаждаемой наружной поверхности колеса-кристаллизатора.

Общая схема технологического процесса производства стальной ленты при переплавке лома на литейно-прокатном модуле сводится к следующему (рис. 3).

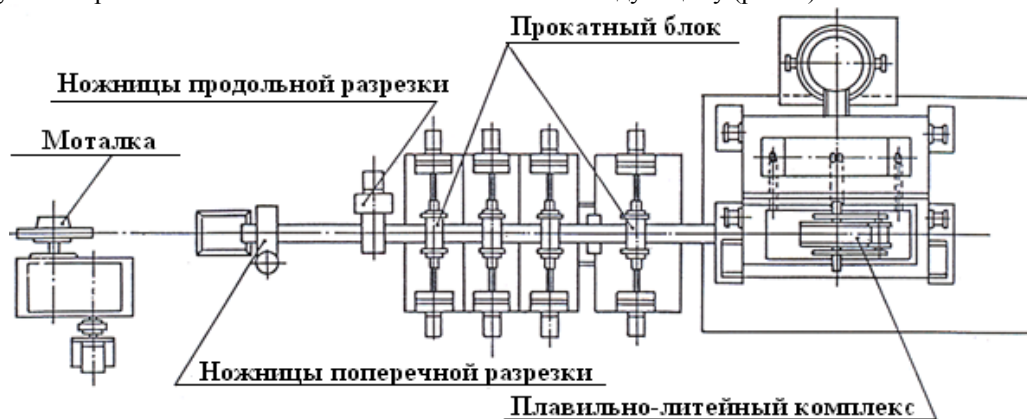


Рис. 3. Схема расположения оборудования литейно-прокатного модуля для производства стальной ленты

Низкоуглеродистый стальной лом расплавляется в канальной печи и расплав при непрерывном электромагнитном перемешивании перегревается выше температуры солидуса на 30...40°C. При непрерывном вращении колеса-кристаллизатора, погруженного в расплав на определенную глубину, осуществляется намораживание слоя металла заданной толщины. Обкатной ролик, изготовленный из углеродистого термостойкого материала, проглаживает слой металла на рабочей поверхности колеса. Одновременно дисковые ножи отделяют полосу от части металла, намороженного на боковые и торцевые поверхности колеса-кристаллизатора. Отделенная и проглаженная литая полоса сходит по горизонтали на уровне верхней образующей колеса-кристаллизатора и направляется в прокатную линию. Затравку при разливке не используют.

Литая полоса поступает в прогладочную кромочную клетку, где производится продольное отделение кромок полосы на ширину 15 мм. Прогладка выполняется двумя валками 150 мм в диаметре с обжатием 5...10 %. Проглаженная полоса подается в группе обжимных клеток, согласованных по скорости с кромочной клеткой. Обрезанные кромки направляются в двухвалковые летучие кромкокрошительные ножницы, снабженные индивидуальным приводом, согласованные по скорости с приводом колеса-кристаллизатора. Обрезки кромочных полос длиной 100...150 мм собирают в контейнер и затем направляют в канальную печь для переплава.

Полоса прокатывается последовательно непрерывным способом в трех обжимных клетках и поступает для продольной резки в валковую разрезную клетку, где формируется несколько полос с предписанными размерами сечения. Перед подачей полос намотку производится обрезка передних концов ножницами поперечной резки.

Все полосы одновременно входят в диаметральный паз моталки. В момент входа полос в барабан моталки включается привод последней и осуществляется их намотка с натяжением 200...500 Н для формирования рулонов массой до 120...140 кг и наружным диаметром до 850 мм.

После формирования рулонов разливка прекращается выведением колеса-кристаллизатора из расплава. После освобождения моталки процесс разливки и прокатки возобновляется.

Прямое совмещение непрерывной разливки с теплой прокаткой существенно сокращает энергопотребление на деформацию с литейного нагрева. Сама схема формирования тонкой литой полосы с благоприятной структурой металла является наиболее экономичной среди всех известных способов изготовления металлических лент.

Возможно другое конструктивное исполнение литейной машины и иной принцип управления уровнем расплава в металлоприемнике – без вертикального перемещения колеса-кристаллизатора. Далее рассматривается литейно-прокатный агрегат, в котором металл к

охлаждаемому валку подается снизу, необходимая площадь его контакта с валком обеспечивается за счет подъема мениска металла в камере разливки одновалковой литейной машины. Подъем осуществляется, вращением жидкого металла в плавильной камере электромагнитным полем МГД-устройства. При этом металл сифоном передается в дополнительную емкость. Из вертикального канала дополнительной емкости в камеру разливки металл поступает через верхний горизонтальный металлопровод при непрерывном контроле уровня металла над металлопроводом. Удаление остатка жидкого металла из камеры разливки осуществляется после окончания процесса за счет прекращения вращения металла в плавильной камере. При этом остаток сливают в плавильную камеру агрегата.

Автоматическое управление вращением металла в плавильной камере обеспечивает, во-первых, стационарное положение охлаждаемого валка и надежное присоединение к нему системы охлаждения, а, во-вторых, поддержание уровня расплава в камере разливки независимо от объема металла в плавильной камере.

Одновалковый литейный и плавильный агрегаты по предлагаемой технологии работают взаимосвязано. Особенно эффективна их работа в автоматическом режиме и при применении аналитического оборудования для контроля химсостава металлического и шлакового расплава. На рис. 4 приведена схема автоматизированной линии для производства катаной ленты из непрерывнолитой тонкой полосы.

Линия содержит объединенные между собой плавильный агрегат 1, дополнительную емкость 2 и одновалковый агрегат 3 для отливки тонкой полосы. За указанным оборудованием в линии размещены: устройство 4 для индукционного подогрева отлитой на валке полосы; устройство 5 фрезерной обработки одной стороны отлитой полосы; группа 6 двухвалковых прокатных клеток для обжатия литой полосы и получения тонкого листа.

На выходе литейной машины 3 установлены кромкокрошительные ножницы для порезки на мелкие части отрезанных на валке боковых кромок, для уборки которых предусмотрен короб 8, размещенный для одновременного приема обрезки боковых кромок и стружки от работы фрезерного агрегата 5.

Плавильный агрегат 1 с дополнительной емкостью 2 и одновалковый агрегат 3 размещены на разных уровнях: ниже плавильный, выше одновалковый. Соответственно этому плавильная камера 9 плавильного агрегата 1 присоединяется к дополнительной емкости 2 через нижний горизонтальный металлопровод 10, а камера разливки 11 одновалкового агрегата 3 с охлаждаемым валком 12 присоединена к дополнительной емкости 2 через верхний горизонтальный металлопровод 13. Вертикальный канал 14 в дополнительной емкости 2 сообщается с нижним и верхним металлопроводами.

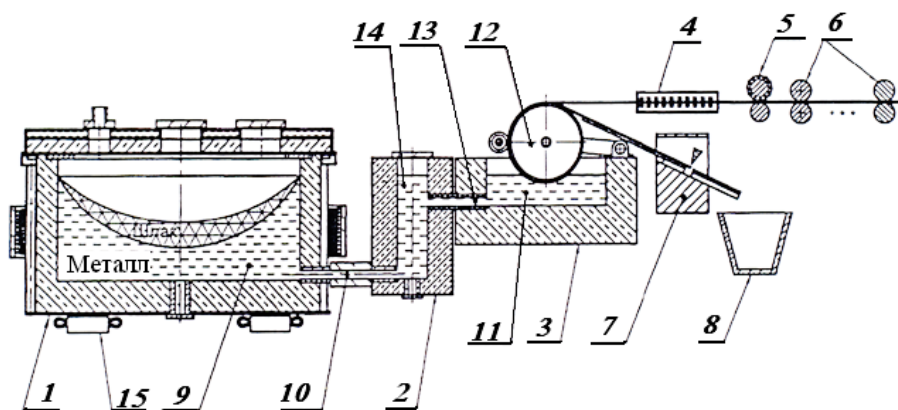


Рис. 4. Схема литейно-прокатного агрегата с плавильной емкостью для производства металлической ленты

Линия технологического оборудования по производству тонкой металлической полосы и тонкого листа работает следующим образом.

В плавильной камере 9 плавильного агрегата 1 наводится расплав металла, из которого должен производиться тонкий лист, при этом могут быть реализованы не только возможности, присущие тигельным индукционным печам, но и выплавка металла из оксидосодержащей шихты.

Для того чтобы накопленный в плавильной камере 9 металл поступил до определенного уровня в разливочную камеру 11, приводят в действие МГД-устройство 15, размещенное на днище плавильного агрегата 1. Электромагнитное поле МГД-устройства вращает в круглой плавильной камере жидкий металл, заставляя его подниматься относительно стенок плавильной камеры 9 и в вертикальном канале 14 дополнительной емкости 2 до верхнего горизонтального металлопровода 13 и еще выше, до заданной отметки, которая и будет определять величину погружения охлаждаемого валка (колеса-кристаллизатора) 12 в жидкий металлический расплав.

В системе автоматического регулирования управляемым параметром является уровень металла в разливочной камере, а регулирующим воздействием – изменение частоты электрического тока питания МГД-устройства вращения расплава. Непрерывное перемешивание жидкого металла в

плавильной камере и управление индуктором обеспечивают точное поддержание температурного режима непрерывной разливки и однородность химического состава в объеме расплава. В случае производства лент из сложнолегированных сплавов быстрое охлаждение и кристаллизация металла на поверхности охлаждаемого валка (колеса-кристаллизатора) гарантируют подавление ликвационных процессов. Горячее фрезерование литой полосы устраняет асимметрию при последующей прокатке и загрязнение металла, связанное с окислением внешней по отношению к кристаллизатору поверхности отливаемой полосы. Установка в линии прокатки проходного индукционного нагревателя и системы охлаждения полос перед обжимной прокаткой расширяет технологические возможности литейно-прокатного агрегата за счет управления свойствами получаемых полос в условиях либо горячей, либо даже холодной деформации.

В последнем описанном варианте конструктивного исполнения агрегат прост и удобен в эксплуатации, поскольку колесо-кристаллизатор установлено стационарно, что упрощает конструкцию и повышает надежность систем привода и охлаждения. Важной и полезной особенностью литейной машины следует считать возможность быстрого накопления расплава и освобождения от него разливочной камеры.