

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МИКРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ ИХ ВНЕДРЕНИЯ

В последние десятилетия проявляется повышенный интерес к предложениям по созданию металлургических предприятий с малым объемом производства. Опыт эксплуатации более чем 400 таких предприятий, имеющих производительность до 2 млн т проката в год [1], убедительно доказывает целесообразность их строительства как существенного дополнения к традиционной металлургии. По мнению специалистов, к 2010 г. доля таких заводов в мировом выпуске стали может составить до 50 %, а в странах с развитой промышленностью к 2020 г. даже более половины выпуска [2]. Можно предполагать, что период строительства заводов-гигантов с крупными металлургическими агрегатами практически завершается. На смену приходят новые принципы создания металлургических комплексов с меньшей капиталоемкостью, сокращенными технологическими циклами, большей маневренностью [3]. К данному типу производств относят, в том числе, металлургические мини-заводы.

В общем случае понятие "мини-завод" связано с определением сбалансированного металлургического комплекса, характеризующегося [1, 2, 4]:

- бездомненным производством, использующим в качестве источника сырья лом черных металлов или продукты прямого восстановления;
- технологической схемой производства продукции, включающей выплавку стали в дуговых электросталеплавильных печах, внепечную обработку, непрерывную разливку и прокатку;
- определенной организационной структурой: завод является единой компактной технологической линией металлургических агрегатов, работа которых синхронизирована с помощью локальных и интегральных АСУТП.

С точки зрения источников сырья развитие мини-заводов для России является весьма актуальной темой. По мнению экспертов, в стране накоплено 1,3–1,4 млрд т металлофонда [2]. Ежегодно образовывается 40 млн т, из которых собирается в среднем 60 % (один из самых низких показателей в мире). В то же время безвозвратные потери составляют до 15 млн т/год (за 3–5 лет за счет коррозии объем недособранного лома уменьшается в 2 раза). Кроме того, помимо потерь сырья отмечаются и определенные экологические последствия, связанные с попаданием в почву вредных веществ.

Технологические схемы современных мини-производств основаны на принципах использования мощных дуговых сталеплавильных печей (ДСП) с удельной установленной мощностью трансформаторов до 900–1000 кВА/т в сочетании с установкой ковш-печь, что обуславливает цикл выплавки от выпуска до выпуска менее 60 мин и применения технологии горячего посада при прокатке, вплоть до прямого совмещения литья и прокатки.

Организационная структура завода предполагает модульный принцип построения оборудования и технологического процесса, обеспечивающий возможность оперативного изменения сортамента выпускаемой продукции. Степень загрузки оборудования приближается к максимальной. Система управления заводом по сравнению с традиционными предприятиями предусматривает сокращение звеньев управления. Несмотря на невысокую производительность, мини-завод является достаточно сложным технологическим комплексом, что с учетом требования к сокращению эксплуатационных затрат определяет специфические требования к рациональному объему автоматизации производства. Объективные факторы технологии малой металлургии: высокие скорости охлаждения ковшей средней вместимости и непрерывнолитых заготовок малого сечения, переменная температура посада и возможная малая серийность разливок при условии гарантии стабильности ведения технологического процесса предполагают и более жесткие требования к синхронизации операций [5].

В качестве характерного примера металлургического мини-завода можно привести линию, смонтированную в 2000 г. фирмой Danieli на заводе ABS (Удина, Италия). Линия имеет производительность до 500 тыс. т/год и предназначена для производства длинномерного круглого или квадратного проката диаметром (стороной квадрата) 15–100 мм, в том числе и в бунтах, из специальных сталей [6]. В состав оборудования входят: двухручьевая радиальная МНЛЗ, тоннельная проходная подогревательная печь, семнадцатиклетевой прокатный стан, трехвалковый калибровочный блок, устройства для термообработки проката и удаления окалины, чистовой отделки и др. На этом заводе реализована технология ECR (бесконечное литье и прокатка), которая предусматривает как резку непрерывноли-

тых заготовок после МНЛЗ на мерные длины от 14 до 45 м, так и непрерывную задачу “бесконечной” заготовки в прокатный стан (в случае разлива одним ручьем).

На территории стран СНГ одним из заводов, который можно по составу оборудования и технологии отнести к мини-металлургическому производству, является Молдавский металлургический завод, выполненный по проекту ВНИИМЕТМАШа. Производительность одной линии (ДСП, радиальная МНЛЗ, прокатный стан) составляет 700 тыс. т прокатной продукции в год [7]. На этом заводе нет прямого совмещения литья и прокатки. Производство продукции осуществляется со складированием непрерывнолитых заготовок и их последующим нагревом перед прокаткой в газовых нагревательных печах.

В настоящее время в стадии освоения находится первая очередь литейно-прокатного завода в г. Ярцево Смоленской области. Генеральным проектировщиком завода является АХК “ВНИИМЕТМАШ имени академика А.И. Целикова” [8]. Оборудование завода представлено дуговой сталеплавильной печью и установкой ковш-печь емкостью 30 т, двухручьева сортовой МНЛЗ, разливающей квадратные заготовки сечением 125×125 мм, и сортовым прокатным станом. К настоящему моменту освоено производство коммерческой непрерывнолитой заготовки из углеродистых сталей и оканчивается монтаж стана. Важными особенностями этого завода является весьма малая производительность — 200 тыс. т/год мелкосортного проката и использование для сооружения комплекса существующих корпусов и площадей завода “АМО ЗИЛ”. Эти два факта представляют значительный интерес в плане направления развития мини-металлургических производств.

Необходимо отметить, что среди металлургов пока нет единого мнения в отношении производительности мини-заводов.

Авторы работы [3] указывают, что оптимальный интервал годового выпуска мини-заводов — 0,8–1,2 млн т/год. В работе [4] этот диапазон шире — 0,3–2,0 млн т/год. Авторы работы [1] обосновывают возможности еще большего снижения минимальной производительности — до 200 тыс. т/год. При этом условием уменьшения масштабов производства является снижение капитальных затрат благодаря применению нестандартных технических решений.

Расчеты показывают, что экономическая целесообразность сооружения мини-завода может быть только при удельных капитальных затратах, не превышающих 6,0–9,0 тыс. руб. на 1 т годового выпуска [1, 9]. Причем, чем меньше производительность, тем меньше должны быть затраты из этого диапазона. В этой связи можно сказать, что создание мини-завода с производи-

тельностью менее 500 тыс. т/год в полностью новом здании экономически нецелесообразно.

Следует признать, что дальнейшее снижение годового выпуска до уровня 100–120 тыс. т и ниже с экономической точки зрения достаточно проблематично, даже при размещении оборудования в уже имеющихся корпусах. Связано это обстоятельство уже со стоимостью основного технологического оборудования. Уменьшение стоимости металлургических агрегатов, главным образом прокатных станов, происходит непропорционально по отношению к уменьшению их производительности. Однако интерес к производству металлургической продукции с годовым выпуском менее 100 тыс. т имеется и в последние годы неуклонно возрастает. Возможными заказчиками являются в основном машиностроительные предприятия, желающие перерабатывать лом черных металлов и отходы производства для собственных нужд, а также предприниматели, занимающиеся сбором и реализацией металлолома. В получаемых авторами данной статьи запросах речь идет о производствах с производительностью 100 тыс. т/год и менее (в некоторых случаях даже на уровне 20–30 тыс. т).

Для решения подобных задач необходимо искать нестандартные и нетрадиционные подходы как в части основного оборудования, так и в организации технологических процессов. По мнению авторов, имеются возможности в создании уже не мини, а, скорее, микрометаллургических производств. При этом предлагаемые ниже технические решения ни в коей мере не должны рассматриваться как альтернатива сложившейся концепции малых металлургических предприятий, а только как дополнение к ней.

При организации микрозаводов не должна ставиться задача обязательного выпуска проката как конечной продукции. Более того, по мнению авторов, не всегда оправдано, например, производство арматуры на малых предприятиях. Несмотря на то что данный вид продукции сейчас очень популярен, следует ожидать, что завод с выпуском 50–100 тыс. т/год не сможет конкурировать с крупными предприятиями, если только не планируется потребление выпускаемой продукции непосредственно в районе ее производства и при полном отсутствии производителей проката в регионе. Выбор сортамента конечной продукции, марок сталей, технологической схемы производства и технических характеристик основного оборудования должен строго обосновываться экономическими расчетами, оценками возможных изменений на рынке металлургической продукции.

Рассмотрим возможные организационные формы микрометаллургических производств.

Одно из направлений — организация переработки лома черных металлов. Такая задача су-

ществует в отдаленных районах России, где ежегодно накапливается значительное количество лома, а металлургические предприятия отсутствуют. Одним из таких мест является, например, Якутия. Несмотря на то что регулярного накопления лома черных металлов в республике не ведется, некоторую оценку ресурсов лома можно сделать. По сведениям Государственного комитета Республики Саха (Якутия) и Института физико-технических проблем Севера, запасы лома на 2002–2003 гг. составляли около 0,5 млн т. Принимая во внимание также большое количество неучтенных отходов, запасы лома черных металлов в республике можно считать стратегическими. Но строительство мини-металлургического завода в данной местности с производительностью 100–150 тыс. т/год будет бесперспективным ввиду сложности местных природных условий и ограничений в выработке электроэнергии. Однако организация переработки лома в шихтовую болванку с объемом производства около 30 тыс. т/год вполне осуществима.

Единственной задачей предприятий такого типа будет переплав металлошихты. Требования к сталеплавильному оборудованию в данном случае не столь жесткие, как для мини-заводов, рассмотренных выше, так как нет задачи синхронизации переплава с другими этапами передела. По-видимому, здесь целесообразно применять сталеплавильное оборудование средней мощности, а необходимости в агрегате внепечной обработки вообще нет.

Другое, в чем-то похожее на предыдущее направление — переработка лома черных металлов в непрерывнолитую заготовку. Обычно такая задача возникает перед предприятиями или предпринимателями, регулярно поставляющими на металлургические заводы металлолом в объеме 50–80 тыс. т/год. Организация производства мелкосортной прокатной продукции из углеродистой стали в указанном объеме вряд ли возможна. Главным ограничением здесь является то обстоятельство, что микрозавод в отличие от мини-завода не может предусматривать варьирование сортаментом выпускаемой продукции. Любое расширение возможностей по выпуску неизбежно приводит к возрастанию стоимости технологического оборудования, главным образом прокатного. Необходимость снижения удельных капитальных затрат здесь требует строгой ориентации на выпуск проката в достаточно ограниченном диапазоне сортамента. Поэтому малейшее изменение спроса на прокатную продукцию в условиях конкуренции с большими заводами может привести к убыточности предприятия.

Организация прокатного производства для таких небольших объемов невыгодна еще и по следующей причине. Для увеличения выхода

годного и повышения стабильности в работе прокатного отделения, как правило, стремятся к увеличению длины исходной заготовки, что позволяет снизить количество обрезки в процессе передела и сократить количество задаваемых в черновую группу заготовок. Это, соответственно, приводит к увеличению габаритов и массы печи подогрева и оборудования для передачи заготовок от МНЛЗ на посад. С другой стороны, необходимость выпуска проката стандартной длины (11,9 м) требует соответствующих габаритов участка обработки проката. Все это не только увеличивает стоимость оборудования, но и требует наличия у заказчика больших неиспользуемых производственных площадей.

В то же время выпуск коммерческой заготовки, имеющей достаточно устойчивый спрос, позволит обеспечить большую стабильность в реализации. При ее производстве остаются возможности в отслеживании спроса на заготовку по марочному составу, что в отличие от сортамента является менее затратной операцией. Производственные площади, требуемые для организации производства, здесь уже значительно меньше, что, безусловно, расширяет возможности в организации предприятия.

Состав оборудования такого завода будет уже более сложным, чем в первом случае. Здесь уже речь может идти о сталеплавильных печах большой мощности в сочетании с агрегатом внепечной обработки и современных непрерывнолитых установках.

Следующим направлением в развитии микрометаллургических предприятий может быть решение локальных задач по выпуску непрерывнолитой и прокатной продукции для нужд действующих крупных машиностроительных и металлургических предприятий. По мнению авторов, данное направление может оказаться наиболее эффективным, так как отвечает требованию максимально возможного использования существующих строительных, энергетических, транспортных и прочих объектов комплекса, что позволяет существенно снизить удельные капитальные затраты на организацию производства. В данном случае речь уже идет не о заводе, а скорее о микрометаллургическом модуле или агрегате, встраиваемом в существующую технологическую схему предприятия.

В качестве примера можно привести машиностроительные предприятия, которые в ходе выполнения производственной программы, потребляя мелкосортный прокат, накапливают значительное количество отходов собственного производства. Причем это могут быть не только крупные, но даже средние и мелкие заводы. Например, завод по производству слесарно-монтажного инструмента в г. Павлово Нижегородской области ежегодно накапливает до 5 тыс. т

отходов стали 40Х. В данной ситуации руководство завода намеревается организовать переплав отходов с последующей разливкой и прокаткой на круг 15–20 для собственного потребления. По расчетам авторов, поставленную задачу можно решить, создав небольшой участок, включающий индукционные плавильные печи емкостью 1,5–2,5 т, горизонтальную МНЛЗ, выпускающую заготовки диам. 70–80 мм и малогабаритную прокатную группу с клетями поперечно-винтовой и продольной прокатки. На заводе имеются неиспользуемые производствен-

ные корпуса требуемой площади, энергоресурсы, вспомогательные производства, укомплектованные штатом сотрудников. Требуется только поставка и монтаж основного технологического оборудования и оборудования лаборатории экспресс-анализа. Такой модуль может окупиться за три года и в перспективе расширен по производительности в расчете на максимальное удовлетворение потребностей завода по данной прокатной позиции. На рис. 1 приведен пример компоновки модуля в привязке к конкретному производственному корпусу предприятия.

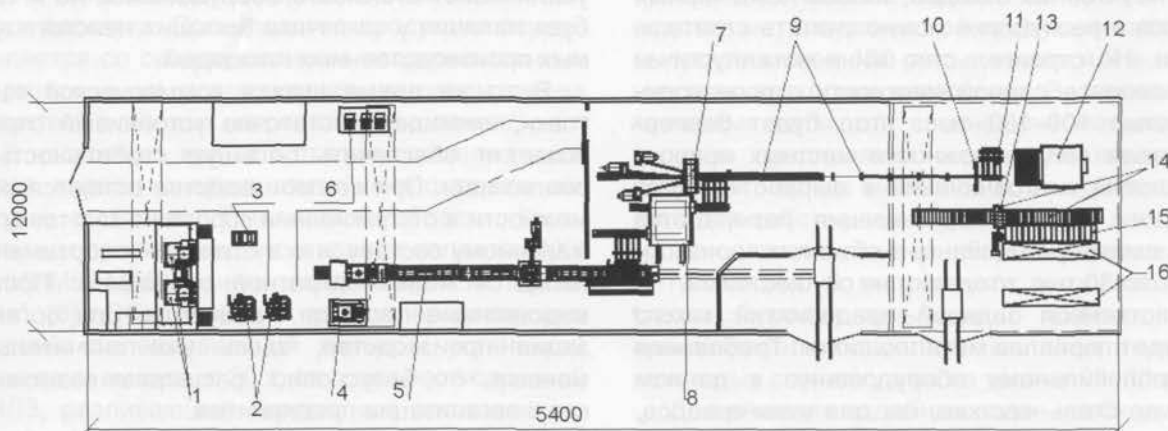


Рис. 1. Микрометаллургический модуль по производству мелкосортного проката из стали 40Х:

1 — индукционно-плавильная печь; 2 — стенды сушки и нагрева ковшей; 3 — шлаковни; 4 — стенды сушки и нагрева металлоприемника; 5 — горизонтальная МНЛЗ; 6 — участок ремонта ковшей и металлоприемников; 7 — клеть винтовой прокатки; 8 — печь подогрева заготовок; 9 — рольганги; 10 — ножницы резки раската; 11, 15 — холодильники; 12 — нагреватель (термос); 13 — универсальная чистовая клеть трио; 14 — раскатные рольганги; 16 — готовый прокат

Другое применение микрометаллургических модулей может иметь место на машиностроительных предприятиях, имеющих в своем составе литейные цеха. Эти подразделения, жестко привязанные к заказам основного производства, зачастую загружены не на полную мощность, что приводит к значительным простоям сталеплавильного оборудования. В этих условиях имеется возможность сооружения на предприятии литейно-прокатного модуля, который выпускал бы прокатную продукцию для нужд данного региона. В качестве конкретного примера здесь следует привести совместный проект ПО «Усольмаш» (Иркутская область) и АХК «ВНИИМЕТМАШ» по сооружению на этом предприятии литейно-прокатного комплекса по производству проката из легированных сталей производительностью до 80 тыс. т/год [10].

Нередки случаи, когда крупные металлургические заводы оказываются заинтересованы в организации малого металлургического модуля, выпускающего продукцию для решения какой-либо локальной задачи. Характерным примером такого рода может быть сооружение и эксплуатация в 80-х годах прошлого века участка по выпуску расходоуемых электродов печей электро-

шлакового переплава на заводе «Серп и молот» в Москве¹. На участке была установлена горизонтальная одноручьевая МНЛЗ, на которой получали электроды диам. 100–120 мм. Для разливки использовали часть металла, выплавленного в основных печах сталеплавильного цеха завода и предназначенного для разливки на радиальной МНЛЗ.

Несмотря на сложности экономического характера, о которых говорилось выше, по мнению авторов, все же имеются возможности сооружения металлургических модулей малой производительности в виде самостоятельных линий от выплавки до прокатки. Классическим примером такого микрометаллургического модуля может быть литейно-прокатный агрегат (ЛПА) для производства проволоки из жаропрочных сталей и сплавов на металлургическом заводе «Электро-сталь». Здесь впервые в мире было успешно осуществлено прямое совмещение процессов литья и прокатки. На этом ЛПА на МНЛЗ радиального типа разливают плавки из индукционной печи емкостью 1 т. Полученный слиток размером

¹ Работа была выполнена при участии Р. В. Какабадзе, А. М. Каменского (завод «Серп и молот»), В. М. Щукина, М. Ф. Панина (ВНИИМЕТМАШ).

60×80 мм затем прокатывают последовательно в обжимном планетарном стане и в чистовой группе клетей продольной прокатки, с получением катанки диам. 6–12 мм [8]. Ряд технических решений, направленных на достижение аналогичных целей, рассмотрен также в работе [11]. Особенностью таких производств является выпуск продукции из высококачественных марок сталей и сплавов.

И в завершении обзора вариантов микрометаллургических модулей приведем работу [12], в которой в порядке обсуждения рассматривается способ решения очень серьезной задачи утилизации лома, непрерывно накапливающегося на предприятиях Федерального агентства РФ по атомной энергетике. По мнению авторов, часть такого лома может быть переработана на специализированном металлургическом заводе с применением модульных технологий. Завод должен располагаться на одном из действующих предприятий, а продукция его должна направляться только на предприятия соответствующего ведомства. В состав оборудования войдут ДСП и агрегат аргонно-вакуумной обработки стали емкостью 15 т, горизонтальная МНЛЗ и ковочно-прокатная клеть. По расчетам при производстве трубной заготовки в объеме до 50 тыс. т/год из шихты, содержащей до 80 % хромоникелевых отходов АЭС, по сравнению с существующей технологией выход годного увеличится на 5–8 %, снизятся капитальные вложения на 24 %, энергозатраты на 20–40 %, эксплуатационные расходы на 20 %.

При разработке конструкций агрегатов и технологических схем микрометаллургических модулей должны соблюдаться основные принципы малой металлургии:

- сокращение капитальных затрат при возведении производственных корпусов;
- разливка заготовок сечением, максимально приближенным к размерам конечной продукции;
- применение совмещенных процессов литья и прокатки;
- снижение массы и размеров разливочного и прокатного оборудования.

Рассмотрим с этой точки зрения примерный состав оборудования микрометаллургических модулей.

Участок подготовки скрапа

Очевидно, что с целью минимизации капитальных затрат данное подразделение должно быть ориентировано главным образом на прием, сортировку и подготовку к завалке в основном подготовленного лома. По мнению авторов, применение здесь мощного и тяжеловесного оборудования (шредеров, пресс-ножниц, пакетир-прессов), может быть оправдано, только если модуль организуется именно с целью переработки лома черных металлов в местности,

удаленной от больших заводов. Шихтовый участок микроразвода в общем случае должен включать в свой состав оборудование, на котором должны производиться главным образом операции сортировки лома по химическому составу и фракциям.

Сталеплавильное оборудование

Исходя из рассматриваемой производительности — менее 100 тыс. т/год, емкость печей должна быть в пределах 3,0–12,0 т. Причем это могут быть как дуговые сталеплавильные агрегаты переменного или постоянного тока, так и индукционные плавильные печи. О последних следует сказать особо. Плавка в этих печах происходит под “холодным” шлаком, поэтому они имеют ограниченные возможности в проведении в них “полновесного” металлургического процесса и должны применяться только в случае работы на возвратном ломе с известным химическим составом или при использовании паспортной шихтовой болванки. Индукционные печи имеют также и некоторые преимущества, связанные с лучшими экологическими характеристиками [13] и меньшим влиянием на местные энергетические сети.

Здесь необходимо отметить, что указанный диапазон емкостей сталеплавильных агрегатов следует воспринимать как ориентировочный. В зависимости от конкретной задачи масса разливаемого металла может быть и меньше. Как было сказано выше, на ЛПА на “Электростали” используют индукционную плавильную установку емкостью всего 1 т. В то же время, по данным работы [14], в компании Nippon Koka для снабжения жидкой сталью участка по производству трубных заготовок, организованного в структуре действующего цеха, использовали только часть металла, получаемого в 150-т конвертере, переливом в 40-т ковш. Этот пример показывает реальную возможность применения микромодулей как дополнения к крупным металлургическим предприятиям.

Непрерывнолитейное оборудование

В зависимости от конкретных условий возможно применение разливочных установок нескольких типов. Это могут быть малогабаритные радиальные МНЛЗ (аналогичные применяемой на ЛПА на “Электростали”), машины полунепрерывного литья заготовок [15], валковые агрегаты непрерывного литья тонкой полосы [9, 16], горизонтальные МНЛЗ.

Здесь же несколько подробнее остановимся на горизонтальных МНЛЗ, поскольку в силу своих характеристик эти машины, по мнению авторов, наиболее подходят для целей микрометаллургических модулей.

Если сравнить число радиальных и горизонтальных МНЛЗ в металлургии, то результат будет не в пользу последних — их менее 1 % [17].

Непопулярность горизонтальных машин связана с их малой производительностью. Действительно, в условиях мини-производства с объемом выпуска до 2000 тыс. т/год горизонтальные машины не выдерживают конкуренции с радиальными аналогами. Но на предприятиях с объемом выпуска до 100 тыс. т/год их применение вполне оправдано по ряду причин.

Горизонтальные МНЛЗ имеют минимальную строительную высоту (2,5–3,5 м по верху промежуточного ковша) и, как следствие, возможность размещения в существующих цехах.

Отсутствуют вторичное окисление металла при переливе его из ковша в промежуточный ковш и деформация слитка при литье. Это дает возможность разливать высоколегированные и трещиностойкие стали с высоким качеством, которые не подвержены деформации в процессе литья [18]. Примером здесь может быть совместная работа специалистов ВНИИМЕТМАШа и ЦНИИчермета в середине 90-х годов прошлого века [8], когда на горизонтальной установке с двусторонним вытягиванием отлили заготовки 140×140 мм из стали Х18Н10Т, которые потом на заводе "Серп и молот" успешно прокатали на полосу без обычной для этой марки зачистки поверхности [19]. Эта особенность соответствует принципу использования микромодулей для решения специальных задач в металлургии.

Благодаря прямой связи промежуточного ковша с кристаллизатором на горизонтальных МНЛЗ возможно разливать заготовки малых сечений. Это очень важная особенность отвечает принципу минимизации прокатного оборудования. Авторы настоящей статьи на опытной горизонтальной установке в НПП "Точмет", г. Москва, уверенно получали заготовки диам. 70–80 мм из низколегированных сталей с весьма невысокими для этих сечений скоростями — 2,5–3,5 м/мин [20]². По расчетам авторов, при увеличении скорости литья до 4–5 м/мин можно будет получить заготовки сечением 50–60 мм.

На рис. 2 приведены примеры конструкций горизонтальных машин.

Прокатное оборудование.

Снижение массы и габаритов прокатного стана наиболее сложная задача при создании малых металлургических производств. Так как основной задачей этого оборудования является пластическая деформация литой заготовки с заданной вытяжкой, то очевидно, что его весогабаритные характеристики зависят не столько от производительности комплекса, сколько от размера входного сечения заготовки и выходного сечения проката. В этом смысле возможностей в уменьшении капитальных затрат на прокатное оборудование микромодуля не так много. Сни-

жение входного сечения имеет существенное значение — при этом уменьшается вес прокатных клетей и мощность, потребляемая главными приводами. Но число клетей не всегда сокращается, так как для качественной проработки структуры все же необходимо обеспечить заданную вытяжку. В этой связи следует отметить предложение ВНИИМЕТМАШа об использовании вместо продольных клетей черновой группы клетки винтовой прокатки (КВП) [21].

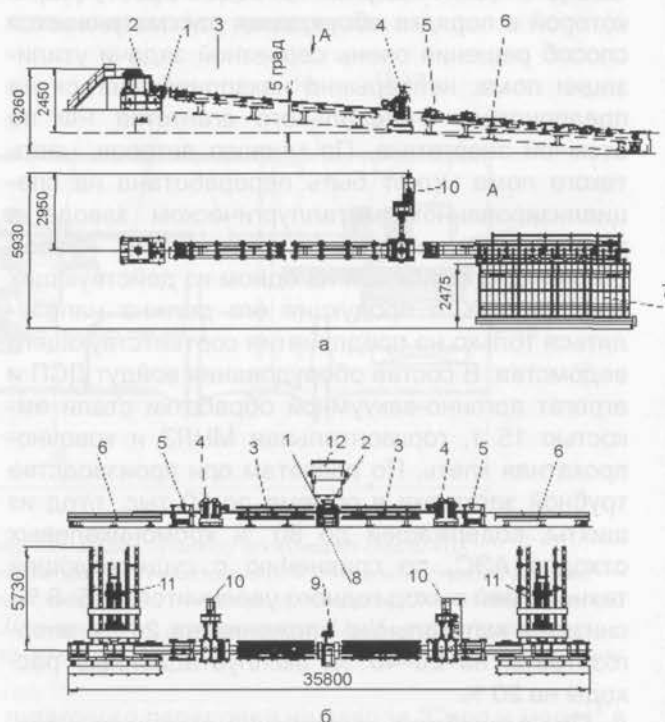


Рис. 2. Примеры конструкции горизонтальной МНЛЗ: а, б — с одно- и двусторонним вытягиванием соответственно: 1 — кристаллизатор; 2 — металлоприемник; 3 — ролик ЗВО; 4 — механизм вытягивания заготовки; 5 — машина газовой резки; 6 — уборочный ролик; 7 — холодильник; 8 — механизм качения кристаллизатора; 9 — привод механизма качения; 10 — привод механизма вытягивания; 11 — механизм уборки заготовок; 12 — сталеразливочный ковш

В одной КВП можно обжимать заготовки с вытяжкой 6–8, что эквивалентно установке шести–восьми клетей продольной прокатки. Одновременно с этим предлагается совместить в одном технологическом процессе поперечную и продольную прокатку [21, 22] таким образом, что на выходе из КВП подкат, вращаясь, перемещается вперед и захватывается валками первой клетки продольной прокатки. При этом подкат на этом участке находится между двумя очагами деформации и получает дополнительную вневалковую деформацию сдвига от кручения. Процесс скручивания способствует глубокой интенсивной проработке структуры металла, обеспечивая более высокие механические свойства проката. Для получения мелкосортного проката

² В работе принимал участие Т.Н. Беюсов.

диам. 12–20 мм из исходной заготовки диам. 100 мм достаточно будет установить одну клеть винтовой прокатки и шесть продольных клетей. При этом масса прокатного оборудования составит всего 500 т.

Следует отметить, что параметры КВП по скорости прокатки соответствуют скорости выдачи заготовок диам. 100 мм с МНЛЗ горизонтального типа, что создает хорошие условия для применения энергосберегающей технологии горячего посада. Схема описанного технологического процесса показана на рис. 3.

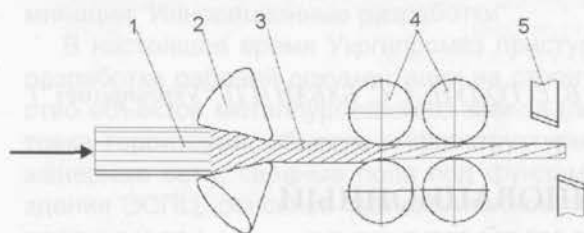


Рис. 3. Схема совмещенного процесса винтовой и поперечной прокатки:

1 — заготовка; 2 — клеть винтовой прокатки; 3 — зона вневалковой деформации; 4 — черновая группа клетей; 5 — аварийные летучие ножницы

Другим решением по сокращению весогабаритных характеристик прокатного оборудования является применение уже упомянутых выше планетарных станов и ковочных агрегатов, причем в последних рекомендуется применять технологию деформации не полностью затвердевшей заготовки [23], что способствует как более эффективному измельчению кристаллической структуры, так и снижению габаритов модуля в целом.

Интерес к созданию металлургических предприятий с производительностью 30–100 тыс. т в настоящее время очевиден. И вместо заключения хотелось бы еще раз остановиться на тезисе о том, что микрометаллургические предприятия должны являться логичным дополнением к существующим металлургическим и машиностроительным заводам. Характер решаемых ими задач должен быть весьма ограниченным и узкоспециализированным. При этом микрозавод для развития и совершенствования используемых технологий должен, безусловно, работать в условиях определенной конкуренции, но исходящей от таких же микрозаводов и ни в коем случае не от металлургических заводов с традиционной технологией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сивак Б. А., Протасов А. В. Современное состояние и перспективы развития мини-заводов по производству сортового проката // Национальная металлургия. 2002. № 2. С. 38–43.
2. Лисин В. С. Стратегические ориентиры экономического развития черной металлургии в современных условиях. — М.: Экономика. 2005. — 404 с.
3. Налча Г. И., Саблин Д. В. Технико-экономические аспекты обустройства черной металлургии России и СНГ. — М.: Интел универсал. 2003. — 280 с.
4. Семинар “Мини-заводы нового поколения: развитие на основе инноваций” // Сталь. 2005. № 3. С. 44, 45.
5. Жарницкий М. Д. Современные требования к автоматизации литейно-прокатных комплексов мини-заводов // Сталь. 2005. № 5. С. 39–41.
6. Мини-завод LUNA для литья и бесконечной прокатки сорта из специальных сталей / Ф. Альзета и др. // МРТ. Металлургическое производство и технология металлургических процессов. 2001. С. 60–73.
7. Смирнов А. Н., Сафонов В. М. Металлургические мини-заводы: прошлое, настоящее и будущее // Сталь. 2007. № 1. С. 37–41.
8. Пасечник Н. В., Целиков Н. А., Егоров В. В. Литейно-прокатные комплексы ВНИИМЕТМАШ для мини-заводов черной металлургии // Тяжелое машиностроение. 2005. № 5. С. 24–29.
9. Бровман М. Я. Об использовании мини-заводов в металлургии // Национальная металлургия. 2005. № 3–4. С. 88–93.
10. Пасечник Н. В., Гладышев А. М., Майоров А. И. Литейно-прокатный комплекс для производства заготовок, крупного сорта и шаров из углеродистых и легированных сталей // Тяжелое машиностроение. 1998. № 5–6. С. 8–10.
11. Сивак Б. А., Майоров А. И. Литейно-прокатные агрегаты // Там же. 1997. № 5. С. 6–9.
12. Специализированное производство трубных заготовок для АЭС из дезактивированного металлолома / В. М. Паршин, И. И. Шейнфельд, М. Г. Чигринов и др. // Металлург. 2004. № 5. С. 49, 50.
13. Васильев В. А., Конюхова Н. С. Экологическая оценка плавильных процессов // Металлургия машиностроения. 2004. № 2. С. 14–17.
14. Койано Т., Ито М. Разработка и промышленное применение процесса горизонтальной непрерывной разливки на МНЛЗ компанией “Ниппон кокан”: В кн. “Достижения в области непрерывной разливки стали”. — М.: Металлургия. 1987. С. 210–220.
15. Шпачинский Г. В., Василенко И. П., Рубан В. Ф. Установки полунепрерывной разливки стали // Сталь. 1994. № 2. С. 33, 34.
16. Тимохин О. А. Технологические и конструктивные аспекты валковой разливки стальной полосы // Сталь. 1998. № 5. С. 67–71.
17. Ганкин В. Б., Остромильский А. П. Горизонтальные установки непрерывной разливки стали за рубежом // Черная металлургия: Бюл. ин-та “Черметинформация”. М., 1987. С. 1–23.