электронный научно-технический журнал
ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК
Издатель: Общероссийская общественная организация "Академия инженерных наук им. А.М. Прохорова". Эл No. ФС77-51036. ISSN 2307-0595

Станы периодической шаговой прокатки

01, март 2019

Арюлин С. Б.[1,*], Сухоставский М. Н.[1], Лобурь Е.В.[1]

УДК: 621.771

[1]Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана
[*]sergei.boricovich@yandex.ru

Введение

Снижение в последние десятилетия выпуска металлопроката, связанное с одной стороны с новыми экономическими условиями, характеризующимися существенным удорожанием энергоносителя, как на отечественном, так и на внешнем рынке, с другой стороны широким внедрением в изготовление деталей машин и механизмов материалов из порошков, пластмассы и других синтетических веществ привело к масштабной незагруженности большинства мощностей металлургического производства. В особенности это касается агрегатов крупносерийного производства: непрерывных высокоскоростных прокатных станов. Выпуск партий сравнительно небольшого объема (которые все чаще превалируют в пакете заказов) при частой смене сортамента из-за потерь времени на переналадки, а также адаптацию систем автоматического управления делает использование непрерывных станов в этих условиях экономически невыгодным. Если учесть, что все больший объем стали и цветных металлов получают на машинах непрерывного литья различных типов, то выходом из создавшейся ситуации может быть реализация идеи объединения таких агрегатов с прокатным оборудованием в один «мини-завод».

Следует отметить, что решение ряда проблем металлургического производства с помощью создания «мини-заводов» предлагалось ранее специалистами, как в нашей стране, так и за рубежом (некоторые проекты реализованы). В новых экономических условиях в России с учетом нынешнего состояния ее промышленности (в том числе и металлургической) это направление представляется одним из наиболее рациональных.

Предполагается, что основными агрегатами такого «мини-завода» являются машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и прокатный стан, объединенные в литейно-прокатный агрегат (ЛПА), на котором возможна увязка скоростей полосы на литейном и прокатном участках при совмещении процессов. При этом деформации, достигаемые на этих станах, составляют до 98% (что соответствует десяти-пятидесяти кратной вытяжке за один пропуск в одной клети). Подобные степени деформации достижимы лишь на станах с высокими обжатиями (на обычных предельно достигаемая деформация за пропуск не превышает 50%, что соответствует двукратной вытяжке), в основу работы, которых положен

принцип циклической обработки металла. В соответствии с этим принципом заготовка за каждый отдельно взятый цикл (период), продвигается вперед на одинаковую величину (подачу) и при прохождении через зону деформации в каждом своем сечении многократно подвергается небольшим единичным или частным обжатиям. В результате, достигаются значительные суммарные деформации, сопоставимые с деформациями за много пропусков при обычной прокатке. Указанный принцип может быть реализован на станах продольной периодической или винтовой прокатки. Продольная периодическая прокатка сортового и полосового металла осуществляется на планетарных станах и станах шаговой прокатки: маятниковых и циклоидальных станах.

Наибольшее распространение получили станы первой группы -планетарные полосовые и сортовые станы горячей прокатки, интерес к которым в основном связан с необходимостью обработки давлением малопластичных металлов и сплавов с высоким сопротивлением деформации. Для производства горячекатаного полосового металла были созданы планетарные станы конструкции Сендзимира, Круппа-Платцера, Дайдо, некоторые из них находятся в промышленной эксплуатации в ряде зарубежных стран. Имеется отечественный опыт конструирования (стан «1200» НКМЗ) и эксплуатации (стан «400» ВНИИМЕТМАШ) полосовых планетарных станов. Наибольших успехов отечественные конструкторы достигли в создании сортовых планетарных станов (станов с 4-х сторонним обжатием). Принцип конструкции планетарного стана системы А.И. Целикова, В.В. Носаля был использован при создании планетарного стана «100», работающего в настоящее время на заводе «Электросталь».

Станы второй группы (куда входят маятниковые и циклоидальные станы) менее распространены и изучены, хотя и конструктивные решения, и возможности этих станов представляют определенный интерес, а существующий опыт эксплуатации (в основном за рубежом) доказывает экономическую целесообразность разработки этого направления. Несмотря на то, что станы этой группы обладают, как правило, меньшей производительностью по сравнению с планетарными, они имеют более простую конструкцию, меньший валковый парк и затраты на обслуживание и настройку оборудования, менее энергоемки. То есть, они способны занять в области использования станов периодической прокатки в линии ЛПА определенную нишу производств, для которых важное значение имеют следующие требования:

- быстрая и гибкая переналадка с одного типоразмера выпускаемой продукции на другой;
- снижение потребления (более экономичное использование) энергоносителя в расчете на тонну производимого продукта;
- снижение металлоемкости основного оборудования и занимаемых им площадей;
- возможность включения данного производства в общий цикл основного производства (отдельный цех завода), являющегося для него поставщиком сырья с увязкой их по производительности.

Несмотря на постоянное совершенствование и создание новых ресурсосберегающих технологий получения машиностроительных деталей из черных и цветных металлов, задача использования отходов производства (стружки, обрези, высечки, отходов раскроя) в условиях как увеличения стоимости получения металла, так и транспортных расходов на доставку отходов к месту переработки может быть решена с помощью использования в составе основного производства «мини-завода» ЛПА со станом шаговой прокатки.

1. Конструктивные схемы станов периодической шаговой прокатки

В специальной литературе имеются некоторые сведения о конструкциях станов шаговой прокатки и перспективах их использования в линиях литейно-прокатных агрегатов [1-5], в данной статье авторы предлагают информацию о зарубежных и отечественных конструкциях станов подобного типа, а также собственных разработках маятникового прокатного стана для прокатки тонкого сляба из алюминия и его сплавов в составе ЛПА.

Для прокатки холодного листа из труднодеформируемых сталей и сплавов, титана и цветных металлов, получили применение маятниковые станы конструкции Заксля (рис. 1).

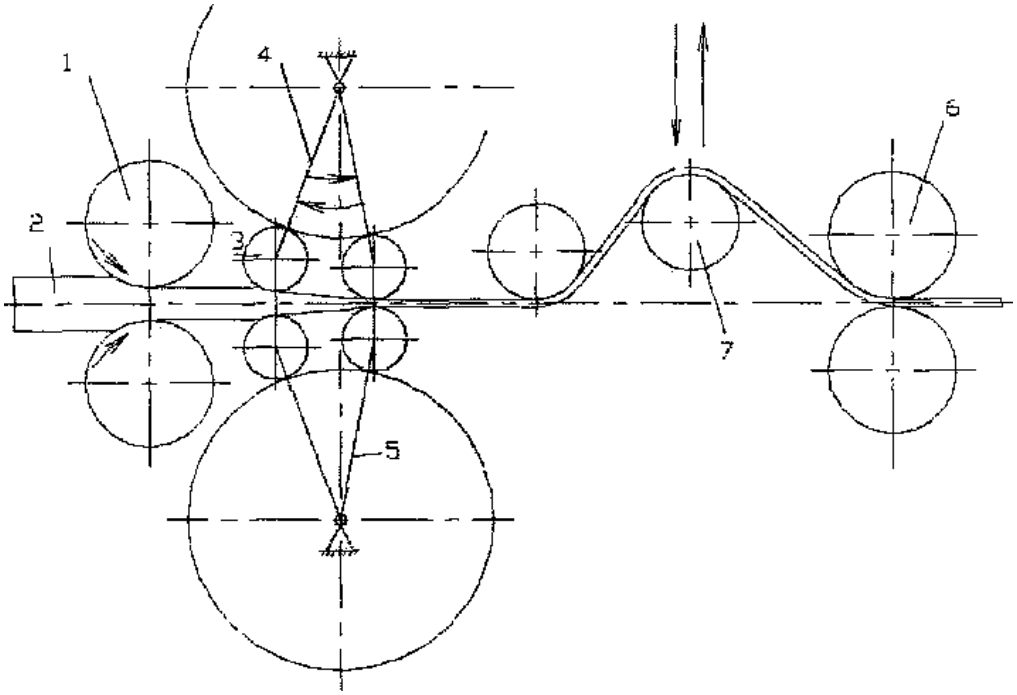

Рис. 1. Маятниковый прокатный стан Заксля

Подающие валки 1 принудительно задают полосу 2 в маятниковую клеть, которая содержит рабочие валки 3, каждый из которых опирается на опорные валки 4, закрепленные на конце маятника 5, приводимого в движение от шатуна кривошипно-шатунного механизма. Рабочие валки приводятся во вращение благодаря контактным силам трения. Они осуществляют деформацию, как при прямом, так и при обратном ходе маятника. После маятниковой клети полоса поступает в прогладочную клеть 6 для устранения продольной разнотолщинности и создания натяжения. Регулятором натяжения служит петлевой ролик 7. В

промышленную эксплуатацию введено два таких стана на заводе фирмы Империал Индастриз в г. Бирмингеме (Великобритания).

Полосовой маятниковый стан В.И. Соколовского (УПИ) схематично представлен на рисунке 2.

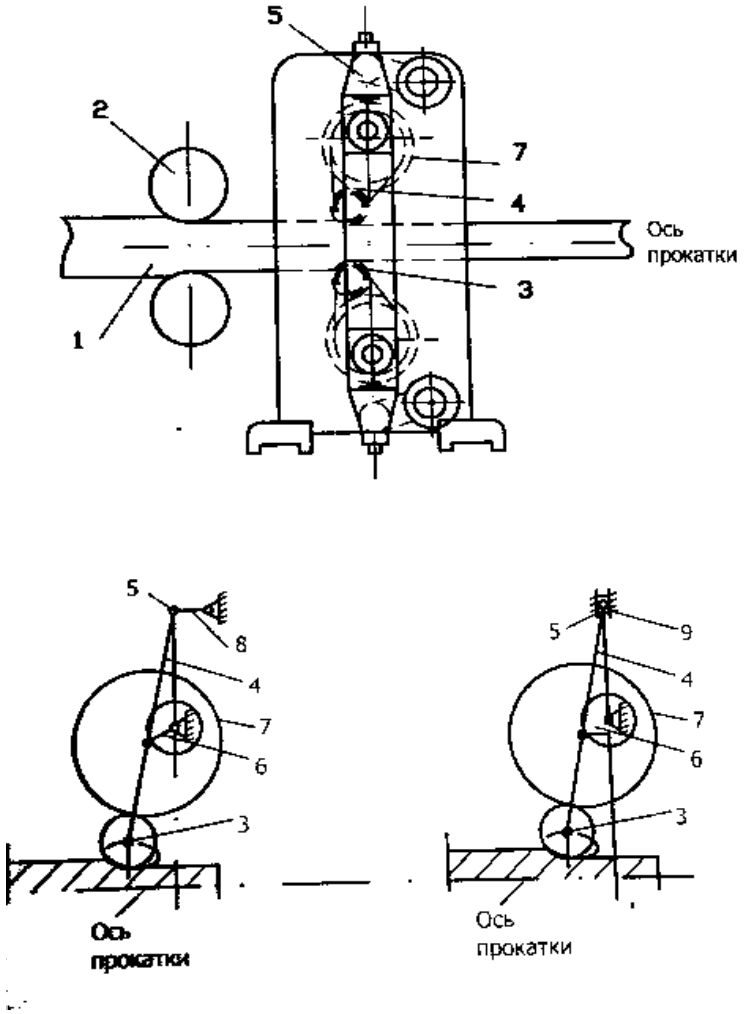

Рис. 2. Схема стана В.И. Соколовского

Заготовка 1 при помощи задающих валков 2 непрерывно перемещается в осевом направлении и периодически обжимается рабочими валками 3, расположенными на маятниках 4 с подвижной осью качания 5. Привод качания маятников осуществляется валами, несущими эксцентрики 6, на которые свободно насажены опорные валки 7. Ось качания маятника установлена на рычаге 8 либо ползуне 9. При этом траектория движения рабочего валка представляет замкнутую кривую. Предусмотрено нажимное устройство. Вращение эксцентрика может передаваться через обычную шестеренную клеть.

Стан с качающимися валками разработан фирмой Демаг (ФРГ). Схема прокатки на этом стане представлена на рисунке 3.

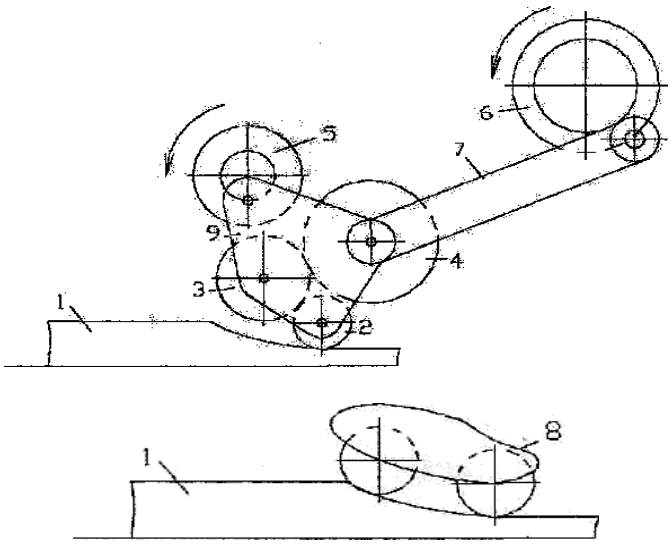

Рис. 3. Схема стана фирмы Демаг

Заготовка 1 подающими валками принудительно заталкивается в клеть высокой деформации, где попеременно и последовательно обрабатывается в 2-х взаимно перпендикулярных плоскостях рабочими валками 2. Валки 2 опираются на опорные валки 3 и 4, посаженные эксцентрично на коленчатом валу 5. Шейки рабочих валков, опорных валков и коленчатого вала размещены в щеках 9, приводимых в движение от кривошипа 6 и 7. 8 - траектория движения центра рабочего валка.

В 1981 году фирма Демаг заключила контракт на поставку в Швецию полностью автоматизированного стана с качающимися валками.

Схемы станов шаговой прокатки (Патент 1215350) представлены на рисунке 4.

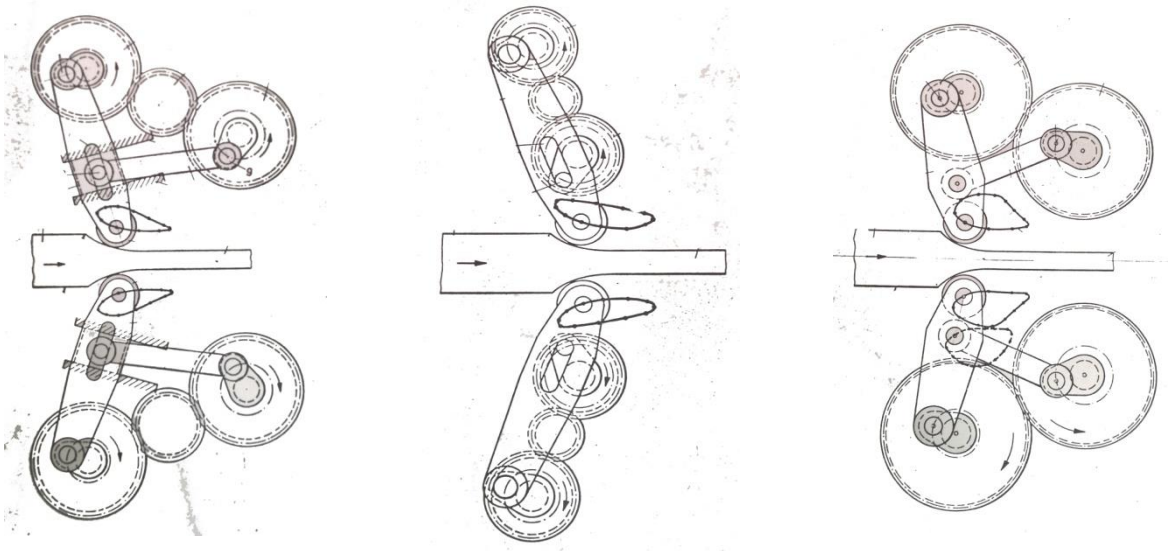

Рис. 4. Схемы станов шаговой прокатки

И. Фрелинг предложил циклоидальный стан, схематично изображенный на рисунке 5.

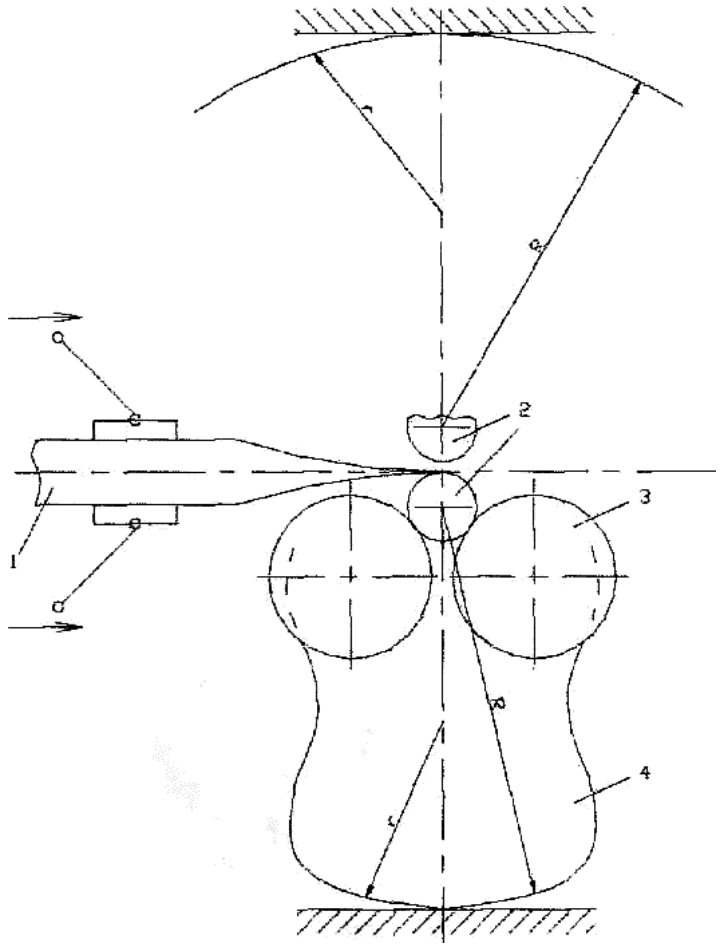

Рис. 5. Циклоидальный стан Фрелинга

Заготовка 1 с помощью цанговых зажимов с гидравлическим приводом принудительно подается в зону деформации и обрабатывается рабочими валками 2, каждый из которых опирается на два опорных валка 3, закрепленных на конце подвижной опоры 4, которая без скольжения перекатывается по неподвижной опоре 5. Благодаря переменному радиусу опоры 4 обеспечивается проглаживание полосы при прокатке и отпадает необходимость прогладочной клети. Деформация полосы производится при прямом и обратном ходе. С 1982 г. стан фирмы «Фрелинг» работает на заводе фирмы «Индустриат Унида» (Мексика). Другой стан установлен на заводе фирмы «Зоста» (ФРГ) с линию с горизонтальной машиной непрерывного литья.

С 70-х годов прошедшего столетия сотрудниками ОАО Институт ГИПРОЦВЕТМЕТОБРАБОТКА (нынешнее название) ведется разработка и исследование конструкций станов серии ХПЛ для прокатки труднодеформируемых сплавов на основе меди, а также нейзильбера, титана.

На рисунке 6 представлена схема механизма стана плоской шаговой прокатки ХПЛ первой серии.

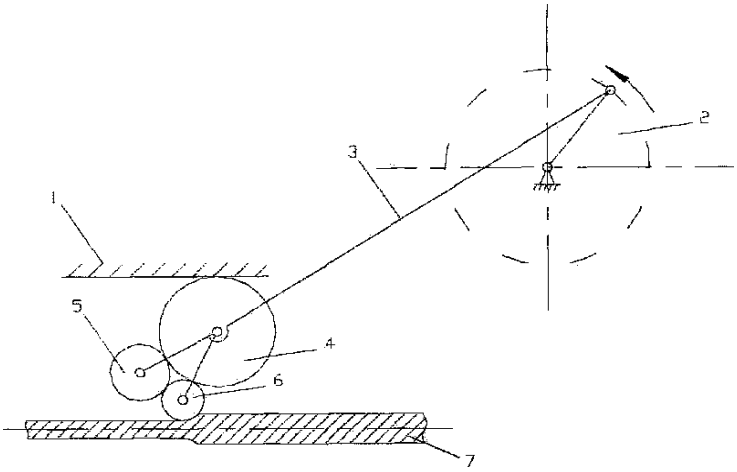

Рис. 6. Схема стана ХПЛ шаговой прокатки:
1- прямолинейная опорная плоскость; 2- кривошипная шестерня; 3- шатун; 4- промежуточный валок; 5- опорный ролик; 6- рабочий валок; 7 – заготовка

Оси рабочих валков стана ХПЛ-650 движутся по замкнутой траектории, ближняя к оси прокатки часть которой используется для рабочего хода (одновременно в контакте с прокатываемым металлом находится только одна пара рабочих валков). При обратном ходе рабочих валков деформация отсутствует. Стан ХПЛ-650, изображенный на рисунке 7 с рабочими и промежуточными валками и прямолинейной опорной плоскостью по схеме близок к раскатным станам Платцера, однако благодаря качательному движению рабочих кассет обеспечивает более благоприятный профиль рабочего участка на заготовке даже при прямолинейных направляющих. Станы серии ХПЛ с начала 90-х годов эксплуатируются на заводах ОЦМ в России (г. Кольчугино - 2 установки, г. Киров -1 установка) и Чехии (Поврлы - 3 установка).

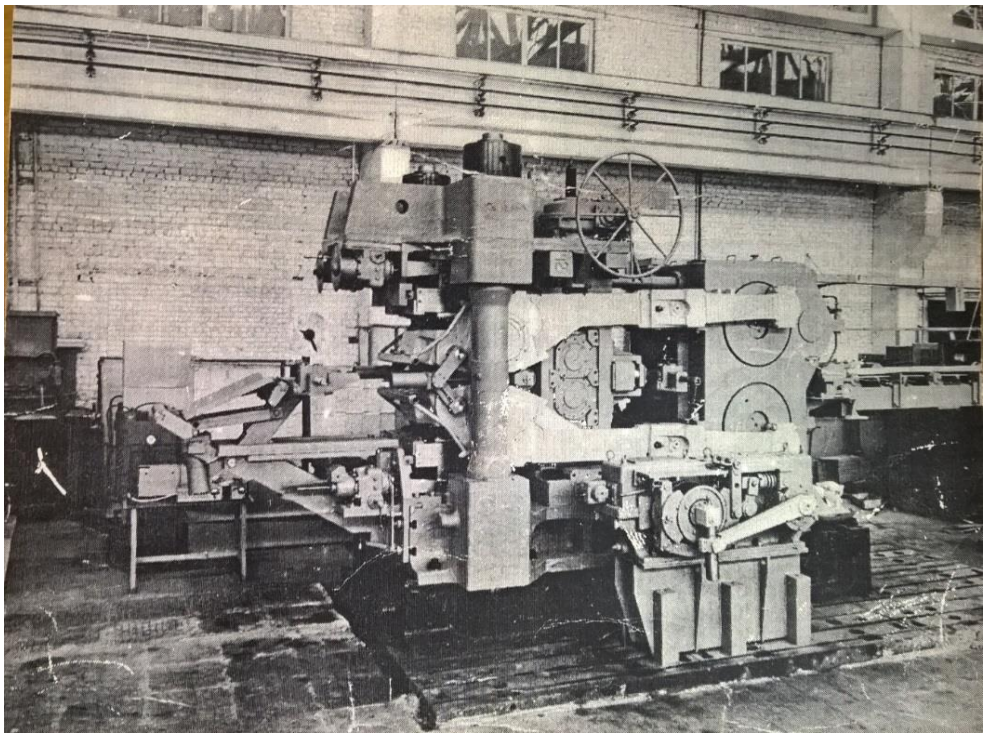

Рис. 7. Стан ХПЛ-650

Из научной статьи [6] следует, что в рамках научного направления, сложившегося несколько десятилетий тому назад на кафедре «Оборудование и технологии прокатки» МГТУ им. Н.Э. Баумана, по созданию совмещенных литейно-прокатных агрегатов, активно разрабатывается тематика, связанная с созданием конструкций маятниковых прокатных станов. Работы ведутся при непосредственном участии студентов и находят свое отражение в курсовых и дипломных работах, КНИРС, докладах на конференциях СНТО, межвузовских и всероссийских конкурсах на лучшую студенческую работу, отмеченных грамотами. В процессе работы над тематикой было создано ряд конструкций промышленных станов, на которые получены авторские свидетельства, на основе теории периодической прокатки, отдельные положения которой изложены в [7], сложилась методика расчета параметров маятниковой прокатки, приведенная в научной публикации [8]. Естественно, что в процессе разработки собственной конструкции, анализировался зарубежный и отечественный опыт создания станов шаговой прокатки, информация по которым приводится в данной статье. Поэтапно (от выбора кинематической схемы до эскизного проектирования) на кафедре МТ-10 МГТУ им. Баумана были проведены конструкторские работы по созданию полосовой маятниковой клети с возможностью ее совмещения ее с МНЛЗ. Параллельно с разработкой конструкции маятникового лабораторного стана, о котором сообщалось в [9], был выполнен эскизный проект промышленного стана для прокатки тонкого сляба из алюминия и его сплавов в составе ЛПА. Общий вид ЛПА с маятниковым прокатным станом представлен на рисунке 8.

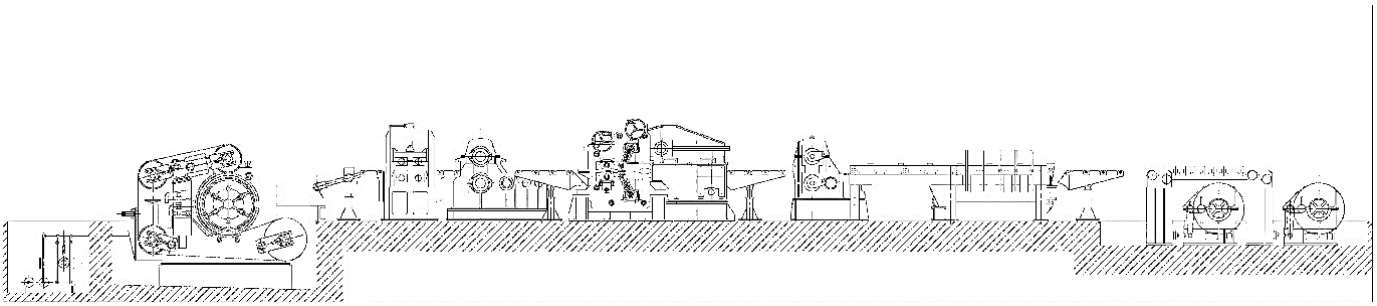

Рис. 8. ЛПА с маятниковым прокатным станом

Маятниковый прокатный стан включает задающую и маятниковую клети, объединенные в одной комбинированной станине, привода задающей и маятниковой клети.

Задающая клеть маятникового стана сообщает слитку предварительное обжатие и при этом обеспечивает необходимую величину подачи в зону деформации маятниковой клети, а также удерживает заготовку от произвольного перемещения в процессе обжатия рабочими валками.

Задающая клеть содержит станину, в проемах которой расположены подушки с задающими валками диаметром 140 мм. Установка валков осуществляется при помощи нажимных механизмов типа «винт-гайка», регулируемых посредством червячной передачи при помощи маховиков, установленных на внешней стороне клети. Синхронность вращения нажимных винтов достигается использованием зубчатых муфт, связывающим червячные

пары. Уравновешивание подушек с задающими валками осуществляется гидроцилиндрами. Оба валка задающей клети приводные.

Клеть стана содержит станину 1, в проемах которой размещены валы опорных профилированных роликов 2 с подушками (рис. 9). На концах валов свободно с помощью втулок 3 и гаек 4 закреплены маятники 5, соединенные с корпусами 6 рабочих валков 7. Рабочие валки с корпусами имеют механизмы уравновешивания 8, размещенные в маятниках. В направляющих станины размещены подвижные траверсы с механизмами их уравновешивания. На траверсах смонтированы с одной стороны на осях нажимные втулки, с другой сменные профилированные планки. С помощью механизмов уравновешивания рабочие валки через опорные втулки, установленные на их шейках на подшипниках постоянно поджаты к профилированным планкам, а нажимные втулки к опорным профилированным роликам.

Клеть имеет механизмы установки рабочих валков обычной конструкции, состоящие из нажимных винтов 9, гаек 10, закрепленных в станине и червячных редукторов 11. синхронность перемещения нажимных винтов достигается посредством жесткой муфты, связывающей червячные редукторы. Уравновешивание рабочих валков, маятников, подушек с опорными профилированными роликами обеспечивается гидроцилиндрами 12.

Корпуса рабочих валков связаны с помощью пальцев 13 с шатунами 14 механизма привода клети, который включает тележки 15 и кривошипно-шатунные механизмы 16, связанные с приводом маятников 17.

Для направления прокатываемого металла в зону деформации предусмотрены направляющие линейки 18.

Прокатываемая заготовка, получившая первоначальное обжатие в задающей клети подается по направляющим линейкам в маятниковую клеть. В процессе прокатки маятники с рабочими валками совершают колебательные движения относительно неподвижных центров качания. При прямом (рабочем) ходе маятников рабочие валки обжимают заготовку по закону, задаваемому опорными профилированными планками, остающимися неподвижными от начала рабочего хода до окончания калибрующего участка, благодаря форме части профиля опорных роликов, валы которых поворачиваются синхронно с валами привода маятников, благодаря кинематической связи. При обратном (холостом) ходе маятников, благодаря форме другой части профиля опорных профилированных роликов, подвижные траверсы с профилированными планками перемещаются в стороны от оси прокатки на расстояние, необходимое для того, чтобы рабочие валки, движущиеся против хода прокатки, не касались подаваемого в зону деформации металла. Поскольку рабочие валки контактируют с профилированными планками через нажимные втулки, установленные на подшипниках, на шейках валков, то при прямом и обратном ходе маятников валки вращаются в одном направлении, что снижает динамические нагрузки на них в момент касания металла и благоприятно сказывается на качестве проката.

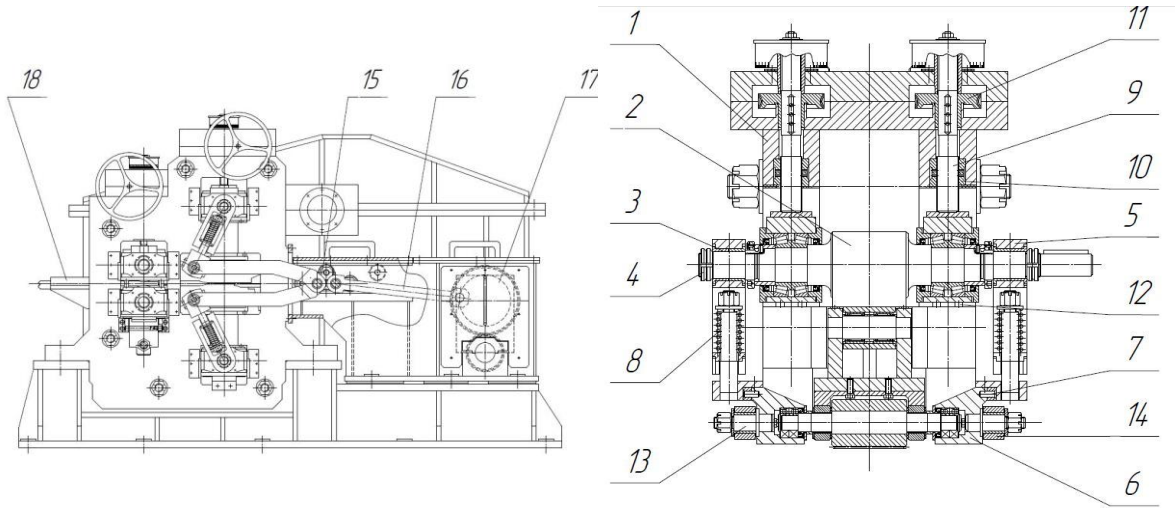

Рис. 9. Маятниковый стан из линии ЛПА

Заключение

Представленная информация по различным конструкциям станов периодической шаговой прокатки и сведения об их эксплуатации, показывает возможность их применения наряду с планетарными станами в качестве прокатных единиц в составе ЛПА. Благодаря своим техническим характеристикам, они наиболее подходят для использования в совмещенных процессах непрерывного литья и прокатки. В полной мере это относится к маятниковому прокатному стану, также относящемуся к категории станов шаговой периодической прокатки, конструкция которого разрабатывается на кафедре «Оборудование и технологии прокатки» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Стан предполагается использовать для прокатки тонкого сляба из алюминия и его сплавов в составе ЛПА. Одним из вариантов применения такого ЛПА, организация на его базе «мини-завода» (точнее цеха в составе завода) по переработке металлических отходов основного производства в продукцию (в нашем случае полосу из алюминиевых сплавов), повторно используемую внутри этого производства. Тем самым реализуется безотходная (или по крайней мере ресурсосберегающая) технология. Таким образом, разработки, проводимые на кафедре можно считать перспективными.

Список литературы

[1]. Галкин М.П., Никитин Г.С., Арюлин С.Б. Маятниковые прокатные станы. // Заготовительные производства в машиностроении. Электронный журнал. 2003. № 6. С. 30-32. Режим доступа: http://mashin.ru/zhurnalid/?id=58369 (дата обращения 15.09.2018).

[2]. Баканов В.М. Развитие теории шаговой прокатки ленты из цветных металлов и внедрение технологии и оборудования в производство: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. М.: Научно-исследовательский, проектный и конструкторский институт сплавов и обработки цветных металлов. 2002. 304 с.

[3]. Баканов В.М. Прокатка листов на раскатных станах новой конструкции. М.: Интермет Инжениринг. 2001. 159 с.

[4]. Шевакин Ю.Ф., Райков Ю.Н., Бушев А.В и др. Станы холодной прокатки в литейно-прокатном комплексе по производству листов и лент из цветных металлов и сплавов. // Цветные металлы. Электронный журнал. 2000. № 2. С. 91-97. Режим доступа: http://www.rudmet.ru/catalog/journals/4/1044/ (дата обращения 06.08.2018).

[5]. Салганик В.М., Гун И.Г., Карандаев А.С., Радионов А.А. Тонкослябовые литейно-прокатные агрегаты для производства стальных полос. Учебное пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2003. 506 с.

[6]. Арюлин С.Б., Шинкаревич Ю.П. Исследование лабораторного маятникового стана. // Заготовительные производства в машиностроении. Электронный журнал. 2013. № 4. С. 29-34. Режим доступа: http://mashin.ru/zhurnalid/?id=58369 (дата обращения 26.10.2018).

[7]. Никитин Г.С. Теория непрерывной продольной прокатки. Учебное пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2009. 399 с.

[8]. Арюлин С.Б., Камоничкин Д.Т. Теоретическое определение параметра геометрии очага деформации при маятниковой прокатке. // Заготовительные производства в машиностроении. Электронный журнал. 2016. №7. С. 39-44. Режим доступа: http://mashin.ru/zhurnalid/?id=58369 (дата обращения 07.10.2018).

[9]. Халипов И.В., Арюлин С.Б., Сухоставский М.Н., Лобурь Е.В. Разработка лабораторного маятникового стана. // Инженерный вестник. Электронный журнал. 2017. №11. С.2. Режим доступа: http://engsi.ru/file/out/862710 (дата обращения 17.11.2018).