

ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ШАГОВОЙ ПРОКАТКИ

Г.И. Коваль

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Представлены результаты работ по шаговой прокатке, выполненных на основе предложенного В.Н. Выдриным нового направления ее развития.

Описаны, разработанные под руководством В.Н. Выдрина или на основе его принципиальных технических решений, конструкции станов шаговой прокатки с качающимися валками СШ 175, СШ 200, ШП 280, ПК 600, названные прокатно-ковочными станами. Эти станы нашли промышленное применение на металлургических и машиностроительных предприятиях России и зарубежных стран при получении заготовок и готовых профилей из специальных сплавов черных и цветных металлов.

Отмечено, что прокатно-ковочные станы конкурентоспособны современным радиально-ковочным машинам при получении заготовок постоянного по длине сечения из специальных сплавов черных и цветных металлов по качеству получаемого проката, стоимости оборудования и эксплуатационным затратам.

Приведены новые конструкции опытных и промышленных станов шаговой прокатки с вращающимися валками ШП 150, ШП 160, СШР 300, СШР 82,5, многофункциональный прокатный стан, разработанные на основе запатентованного с участием В.Н. Выдрина технического решения. Принципиальной особенностью конструкции этих станов является жесткая кинематическая связь между приводами вращения валков и возвратно-поступательного перемещения прокатной клетки, обеспечивающая их работу без применения задающих и кантующих устройств.

По результатам выполненных исследований и разработок по шаговой прокатке опубликовано более 130 научных трудов, получено более 100 авторских свидетельств СССР, патентов РФ, США, Великобритании, Японии и Германии.

Ключевые слова: В.Н. Выдрин, прокатно-ковочные станы, станы шаговой прокатки.

В начале 70-х годов прошлого века заслуженным деятелем науки и техники РФ, доктором технических наук, профессором В.Н. Выдриным сформулировано новое направление развития шаговой прокатки и предложено для получения сортового проката из малопластичных и труднодеформируемых сплавов черных и цветных металлов применение станов шаговой прокатки с качающимися валками [1], названных прокатно-ковочными станами.

Первый промышленный прокатно-ковочный стан ПК 600 [2] был смонтирован в 1987 г. в молотовом отделении ЭСПЦ-3 Челябинского металлургического комбината (рис. 1), который выпускал продукцию в виде круглых и квадратных заготовок.

Стан ПК 600 (рис. 2) состоит из задающего 1 и приемного 3 устройств, прокатной клетки 2 и главного привода 4. Задающее устройство включает каретку 5, установленную на направляющих колоннах 7, через катки 6, привод ее перемещения от электродвигателя 15,

двух червячных редукторов 40 и ходовых винтов 16 с гайками 17. Связь каретки 5 с гайками 17 осуществляется через демпфирующие цилиндры 18. На каретке смонтированы механизмы зажима и кантовки заготовки, а также толкатель. Эти механизмы состоят из полового цилиндрического корпуса 8, установленного на каретке 5. На одном конце корпуса со стороны прокатной клетки 2 закреплена опора 13, связанная шарнирно с клещевым захватом 9, а на другом – пневмоцилиндр 10, соединенный полым штоком 1 с опорами 13. С корпусом пневмоцилиндра 10 консольно соединен пневмоцилиндр 11 со штоком-толкателем 12, проходящим через полый шток 1. Рычаг цилиндрического корпуса 8 шарнирно соединен со штоком-поршнем пневмоцилиндра кантовки 14, установленным через цапфы на каретке 5.

Прокатная клетка состоит из станы 19, четырех узлов валков, клиновых механизмов радиальной регулировки 23 положения узлов валков и механизмов уравнивания 24. В узел валка входят подушка 25,

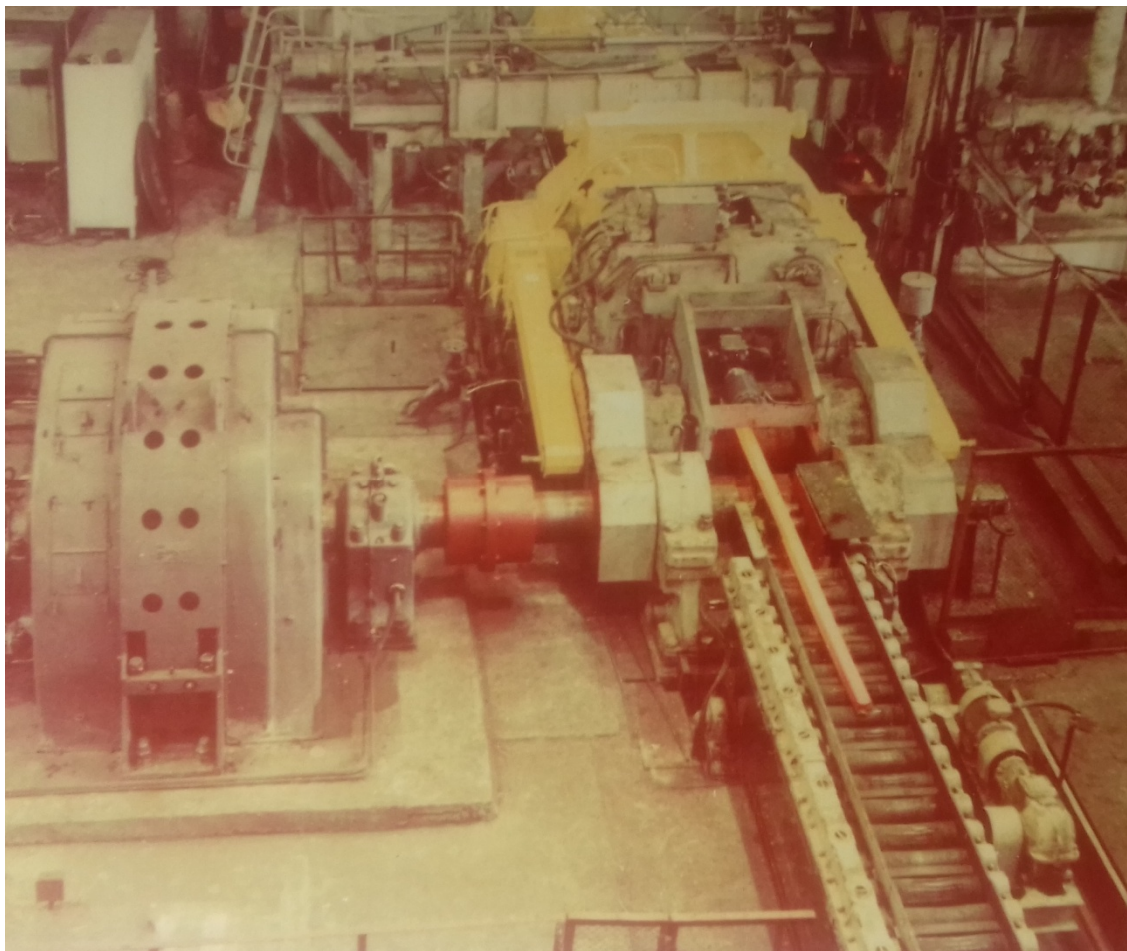


Рис. 1. Стан ПК 600 молотового отделения ЭСПЦ-3 ЧМК

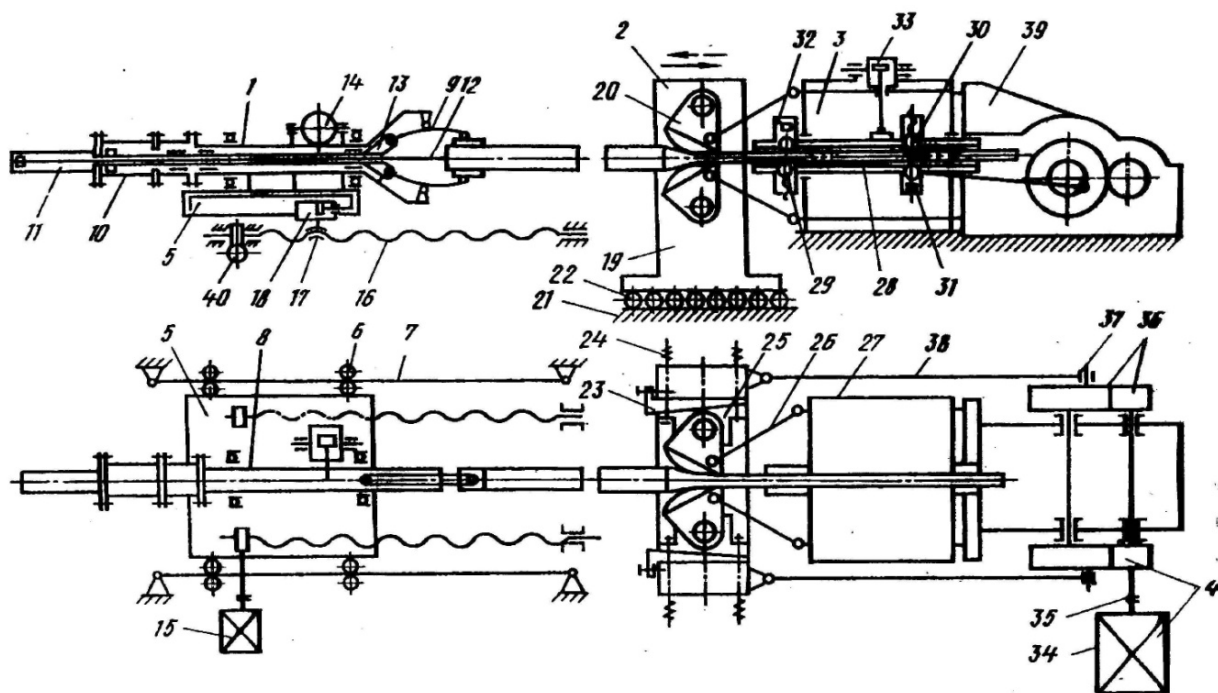


Рис. 2. Принципиальная схема стана ПК 600

Обработка металлов давлением...

корпус валка 20 со сменным рабочим вкладышем. Корпуса валков 20 шарнирно связаны штангами 26 с кронштейнами корпуса 27 приемного устройства. Приемное устройство стана удерживает заготовку за выкатанный передний ее конец, направляет ее вдоль оси прокатки и осуществляет кантовку. Оно включает корпус 27, внутри которого на подшипниках установлена полая кантующая втулка 28, имеющая сквозные пазы для установки двух пар зажимных роликов 29, 30, два из которых подпружинены, а другие два связаны со штоками пневмоцилиндров 31, 32. Для кантовки заготовки втулка 28 шарнирно соединена рычагом со штоком пневмоцилиндра 33, установленного с возможностью поворота в корпусе 27.

Главный привод стана, предназначенный для осуществления возвратно-поступательного перемещения прокатной клетки 2, включает электродвигатель 34, зубчатую муфту 35, сдвоенную зубчатую передачу 36 с кривошипами 37 и шатунами 38, связанными со станиной прокатной клетки.

На стане применяется следующая технология прокатки. После нагрева заготовку подают к клещевому захвату 9 задающего устройства и с помощью него ускоренно пере-

мещают к валкам прокатной клетки 2. При подходе заготовки к валкам привод задающего устройства переводится в режим подачи, включается привод 34 возвратно-поступательного перемещения прокатной клетки и начинается шаговая прокатка заготовки. Во время образования зазора между валками и заготовкой ее перемещают на величину подачи и кантуют на требуемый угол. При подходе к валкам клещевые захваты 9 разжимают и заготовка подается в валки штоком-толкателем 12. Удержание заготовки вдоль оси прокатки осуществляются роликами 29, 30, а ее кантовка выполняется с помощью пневмоцилиндра 33. Техническая характеристика стана ПК 600 приведена в таблице.

Для условий заготовительных производств машиностроительных предприятий в 1990 г. разработан рабочий проект малогабаритного прокатно-ковочного стана СШ 175 [3]. Стан в 1992 г. был установлен одним из предприятий г. Омска (рис. 3). На стане из литых заготовок инструментальных сталей диаметром 50–60 мм освоена прокатка круглых профилей диаметром до 20 мм.

В 2000 г. выполнен рабочий проект другого малогабаритного прокатно-ковочного стана СШ 200 [4]. После изготовления, мон-

Техническая характеристика прокатно-ковочных станов

Тип стана	СШ 175	СШ 200	СШ 280	ПК 600
Размеры исходной заготовки, мм: поперечное сечение: круг диаметром квадрат со стороной длина	до 60 до 40 до 500	до 70 до 50 до 1000	до 90 до 70 до 1500	до 200 до 160 до 2000
Минимальные размеры получаемых профилей, мм: поперечное сечение: круг диаметром квадрат со стороной шестигранник	20 20 20	30 30 30	35 35 –	80 80 –
Число валков	3, 4	3, 4	4	4
Число ходов клетки в минуту	60–70	60–70	60–80	40–60
Длина готового профиля за один ход клетки, мм	30	35	50	100
Габариты стана, мм: длина ширина высота	7650 2250 1450	8150 2250 1450	8990 5000 1800	12 910 8420 2700
Масса оборудования, т	10	12	32	100
Установленная мощность электродвигателей, кВт	75	125	350	1700

тажа и наладки стан был пущен в эксплуатацию в производственном цехе института цветных металлов (г. Сиань, Китай) (рис. 4). На стане освоена прокатка заготовок из

специальных черных металлов, а также цветных металлов на основе титана и молибдена.

Станы СШ 175 и СШ 200 включают главный привод (рис. 5) (электродвигатель 7, ре-

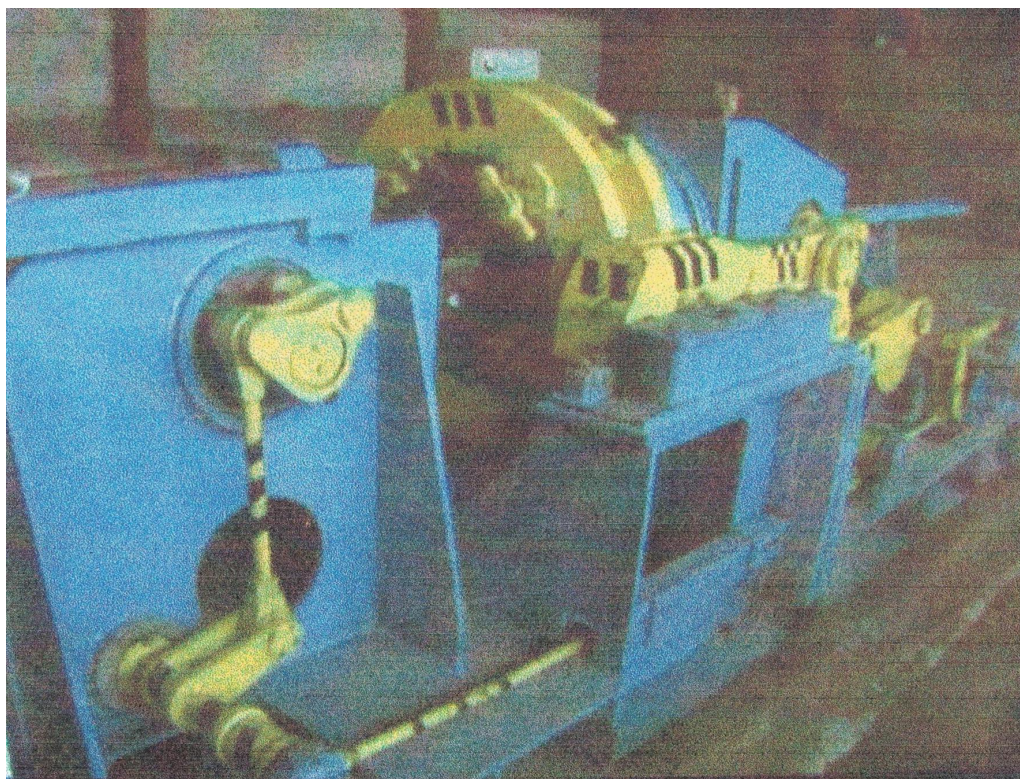


Рис. 3. Стан СШ 175



Рис. 4. Стан СШ 200

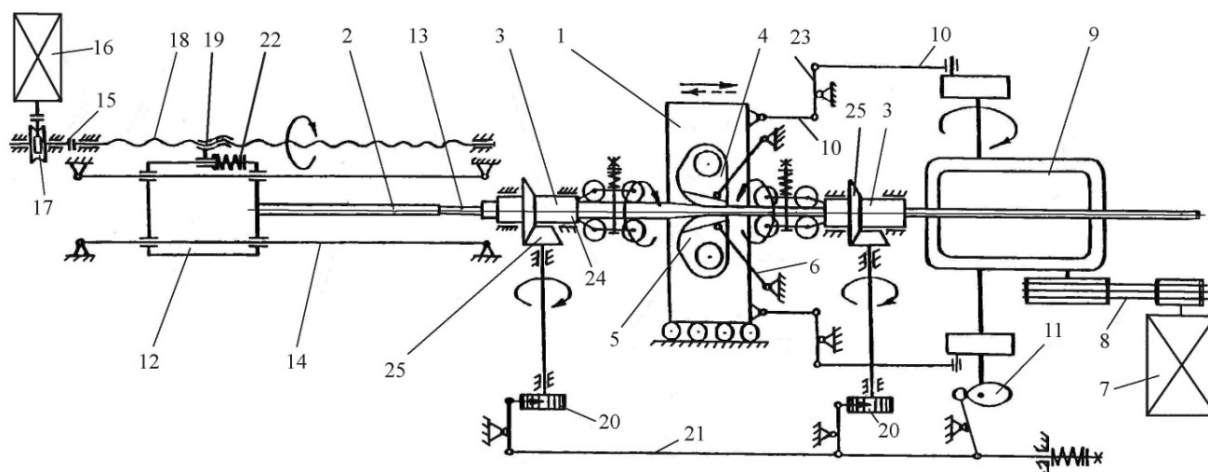


Рис. 5. Принципиальная схема станов СШ 175 и СШ 200

менная передача 8, редуктор 9, кривошипно-шатунные механизмы 10 и двуплечие рычаги 23, кулачковый механизм 11), осуществляющий возвратно-поступательное перемещение прокатной клетки 1 и поворот кантователей 3.

Задающее устройство стана перемещает исходную заготовку вдоль оси прокатки с различной скоростью. В его состав входят каретка 12 с толкателем 2, 13, размещенные подвижно на колоннах 14, и привод механизма подачи, включающий электродвигатель 16, редуктор 17, муфту 15 и ходовой винт 18 с гайкой 19 и демпфирующими пружинами 22.

Кантователи осуществляют поворот заготовки вокруг ее продольной оси после каждого шага деформации. Каждый кантователь имеет корпус 24 с роликовой проводкой, храповой механизм 20, систему тяг 21 и конические передачи 25.

Технологический процесс на станах СШ 175 и СШ 200 осуществляется следующим образом. Нагретую заготовку подают к стану и устанавливают вдоль оси прокатки перед толкателем 13 задающего устройства. Включается привод механизма подачи и заготовка ускоренно подается в прокатную клетку 1, где деформируется качающимися с помощью отклоняющихся штанг 6 валками 4, 5. За один проход через прокатную клетку получается требуемый готовый профиль.

Техническая характеристика станов СШ 175 и СШ 200 приведена в таблице.

Станы похожей конструкции были изготовлены и установлены на Усть-Катавском вагоностроительном заводе (Челябинская область) и заводе им. Малышева (г. Харьков).

На основе указанных разработок ИНИМ

(г. Ижевск) разработан и изготовлен прокатно-ковочный стан УРПЗ 300.

С использованием опыта эксплуатации станов ПК 600, СШ 175 и СШ 200 разработан рабочий проект и изготовлен стан СШ 280 [5]. В 2002 г. этот стан пущен в эксплуатацию на Уральском заводе прецизионных сплавов (г. Березовский, Свердловская область) (рис. 6).

Техническая характеристика стана СШ 280 приведена в таблице.

В отличие от станов СШ 175 и СШ 200 на стане СШ 280 (рис. 7) в приводе возвратно-поступательного перемещения прокатной клетки 1 применен коленчатый вал 26, дополнительно введены механизмы отключения кантователей 27 и выдачи 28 готового проката из прокатной клетки 1. Все эти мероприятия в дополнение к применению на стане современных систем электропривода, автоматизации, ряда других конструктивных и технологических усовершенствований позволили в значительной степени повысить надежность работы стана и качество получаемого проката.

За время эксплуатации на стане СШ 280 прокатан широкий сортамент заготовок специальных сталей и сплавов.

Многолетний опыт эксплуатации прокатно-ковочных станов показал их конкурентоспособность по качеству получаемого проката, стоимости оборудования и эксплуатационным затратам современным радиально-ковочным машинам при получении заготовок постоянного по длине сечения из специальных сплавов черных и цветных металлов.

Дальнейшим развитием предложений В.Н. Выдрина по шаговой прокатке является

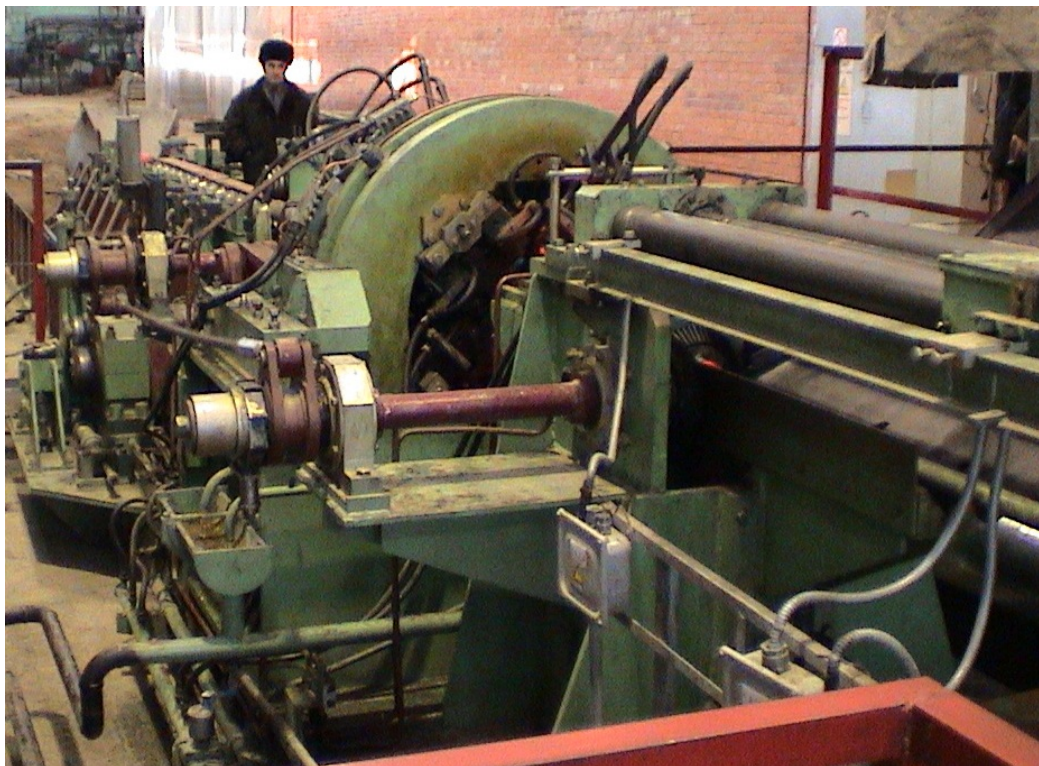


Рис. 6. Стан СШ 280 Уральского завода прецизионных сплавов

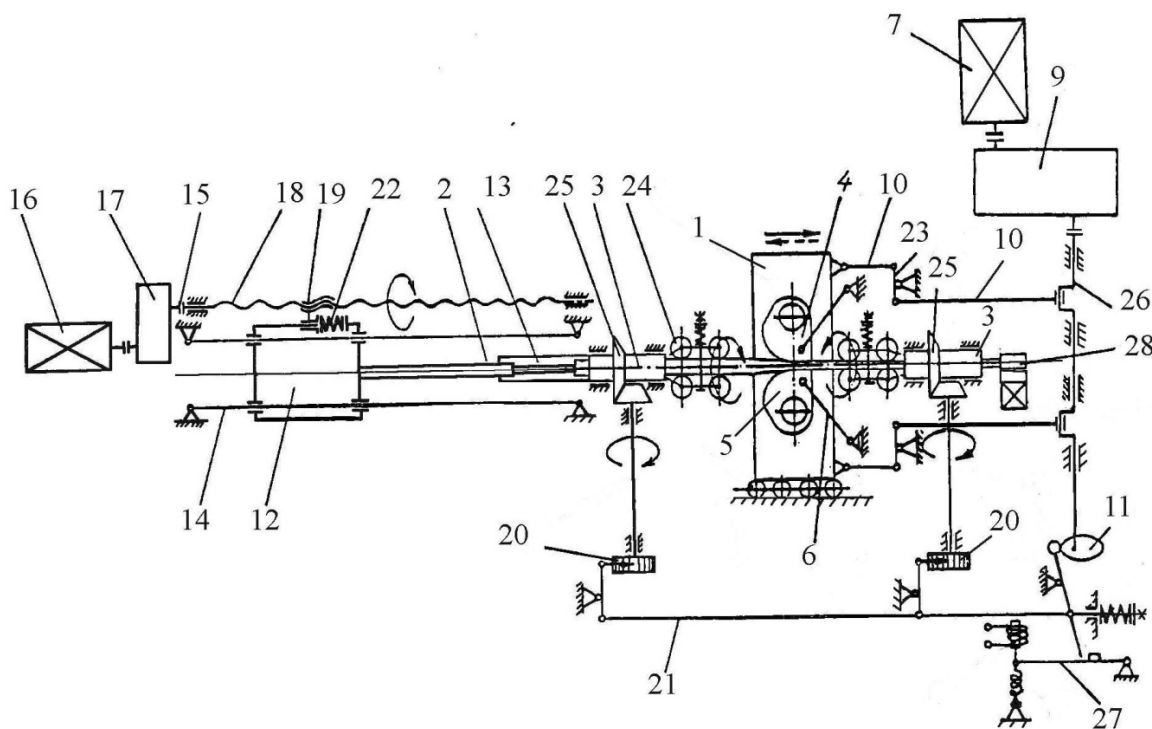


Рис. 7. Принципиальная схема стана СШ 280

применение станом с вращающимися валками [6], в которых привод вращения валков и возвратно-поступательного перемещения прокатной клетки имеют жесткую кинематическую связь. Это техническое решение поло-

жено в основу разработанного опытного полосового стана шаговой прокатки ШП 150 (рис. 8), предназначенного для реализации нового способа шаговой прокатки [7].

В состав стана СШ 150 (рис. 9) входят

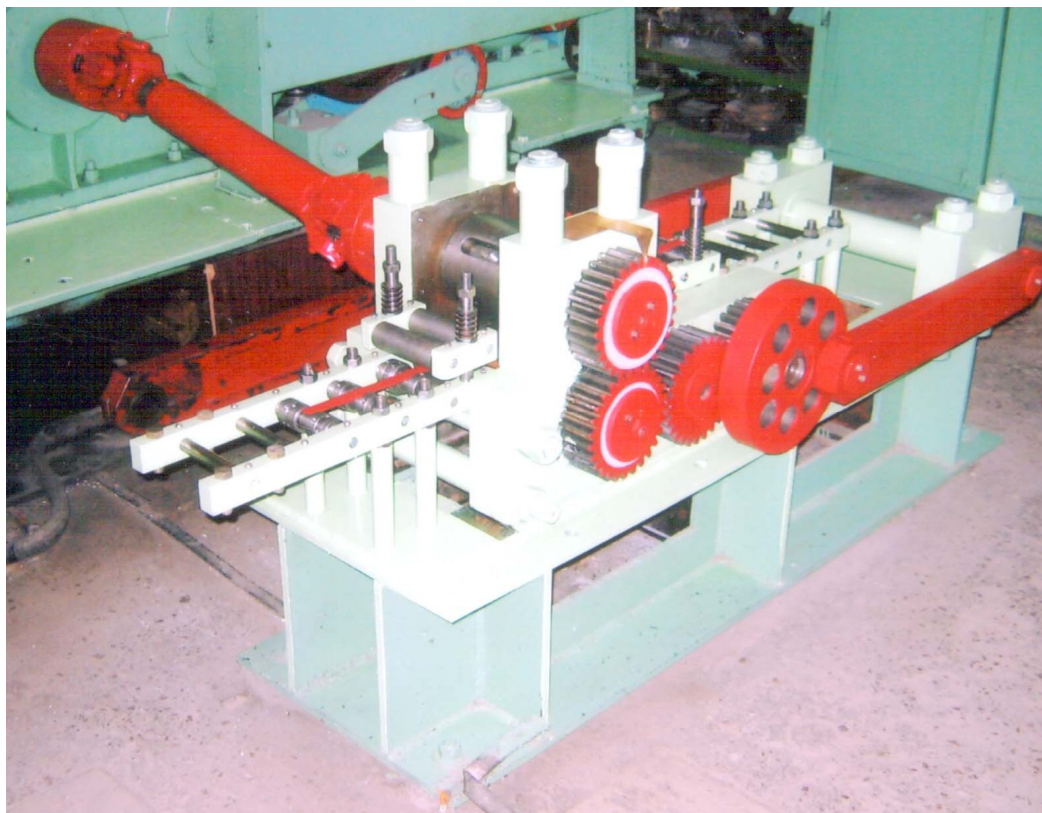


Рис. 8. Опытный стан ШП 150

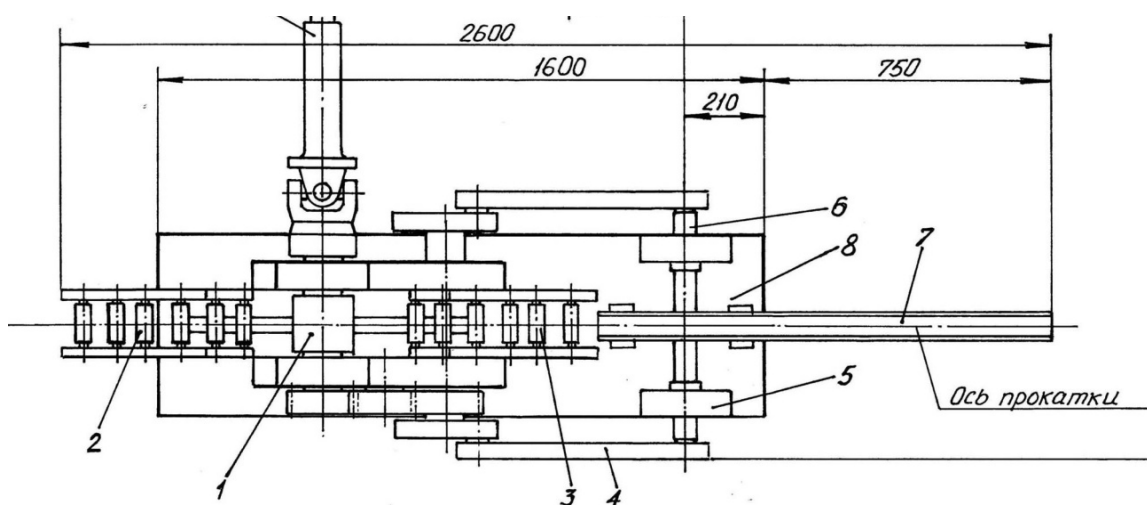


Рис. 9. Принципиальная схема опытного стана ШП 150

прокатная клетка с двумя горизонтальными валками 1, вводная 2 и выводная 3 проводки, шатун 4 провода возвратно-поступательного перемещения прокатной клетки, опора 5, ось 6 опоры, опорная рама 8 и направляющий желоб 7 для готовой полосы. Стан осуществляет прокатку исходной заготовки неограниченной длины за счет обеспечения ее подачи в валки без применения задающих и приемных устройств.

На основе экспериментальных исследований, выполненных на этом стане, по заказу одного из предприятий Китая разработан головной образец промышленного стана ШП 500 для получения полос толщиной 2–3 мм и шириной 500 мм из заготовки толщиной 40–50 мм, включая соответствующее вспомогательное оборудование и инфраструктуру (рис. 10).

Стан ШП 500 состоит из следующих основных механизмов: направляющих линеек 1,

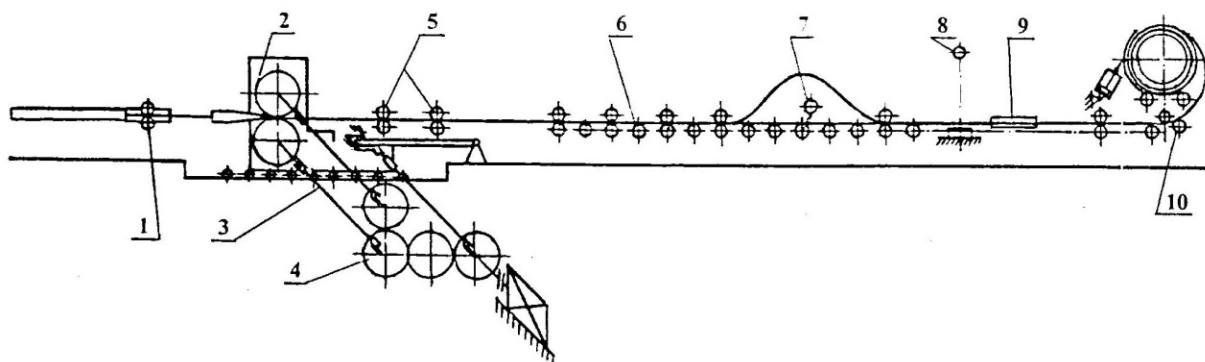


Рис. 10. Схема технологической линии со станом ШП 500

клетки шаговой прокатки 2, шпиндельного соединения 3, привода клетки 4, выводной проволочки 5, рольгангов 6, петлеобразователя 7, толщиномера 8, направляющей проволочки 9 и свертывающей машины 10.

При работе стана крутящий момент от привода 4 передается прокатным валкам прокатной клетки 2 и коленчатому валу. За счет этого валки вращаются, а прокатная клетка 2 совершает возвратно-поступательное перемещение.

Развитием шаговой прокатки на станах с вращающимися валками [8] явилось создание опытного стана сортовой шаговой прокатки ШП 160 (рис. 11).

Стан ШП 160 (рис. 12) состоит из универсальной прокатной клетки 1, привода рабочих валков и перемещения прокатной клетки, рамы

стана 3, вводной 4 и выводной 5 проволочек. В прокатной клетке 1 размещены две взаимно перпендикулярные пары эксцентричных валков – горизонтальная 6 и вертикальная 7. Прокатная клетка 1 установлена на раме 3 с возможностью возвратно-поступательного перемещения по направляющим 2. Привод вращения валков и перемещения клетки включает электродвигатель 8, клиноременную передачу 9, редуктор 10, универсальный шпиндель 11, блок шестерен 12, 16–21, кривошипно-шатунный механизм 13 и его опору 14.

По результатам экспериментальных исследований на опытном стане ШП 160 разработан стан [9] (рис. 13), в котором жесткая кинематическая связь между прокатной клеткой 1 и прокатными валками 2, 3 осуществляется через шпиндели 7, 8, шестеренную клетку 6,

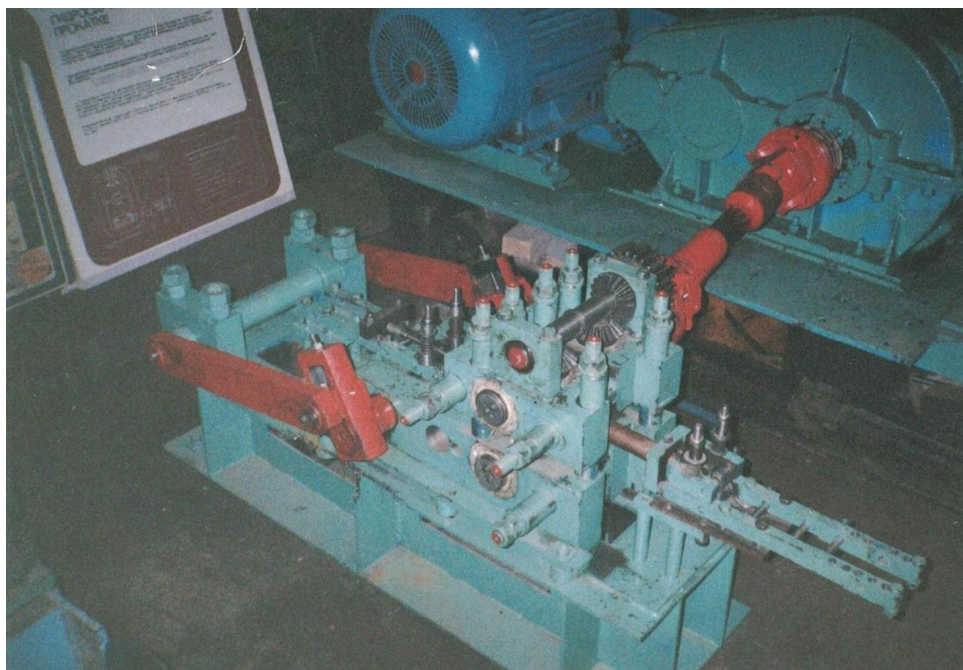


Рис. 11. Опытный стан ШП 160

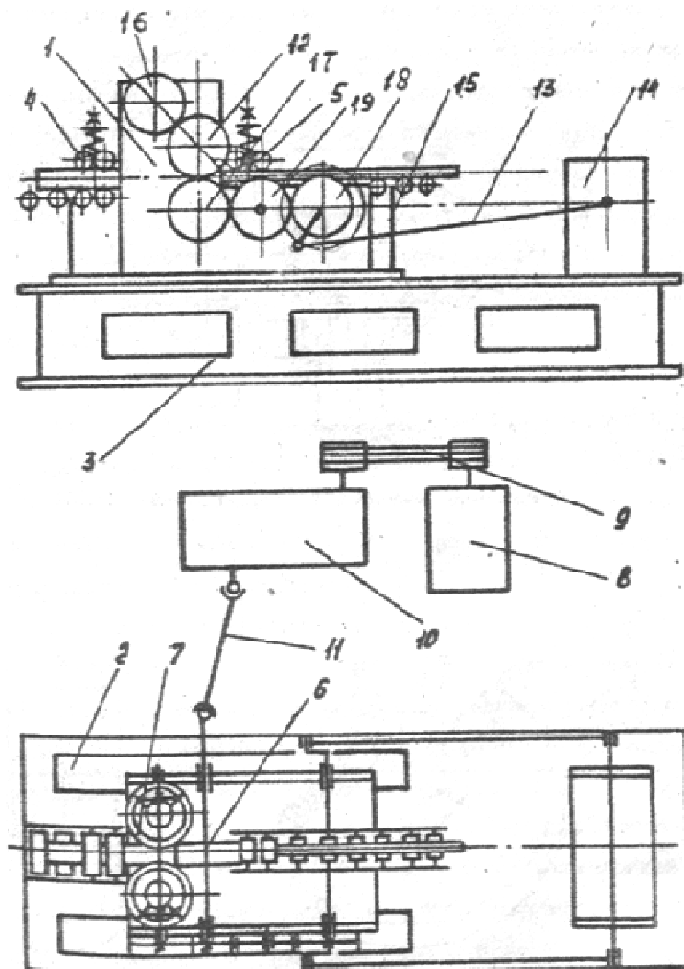


Рис. 12. Схема опытного стана ШП 160

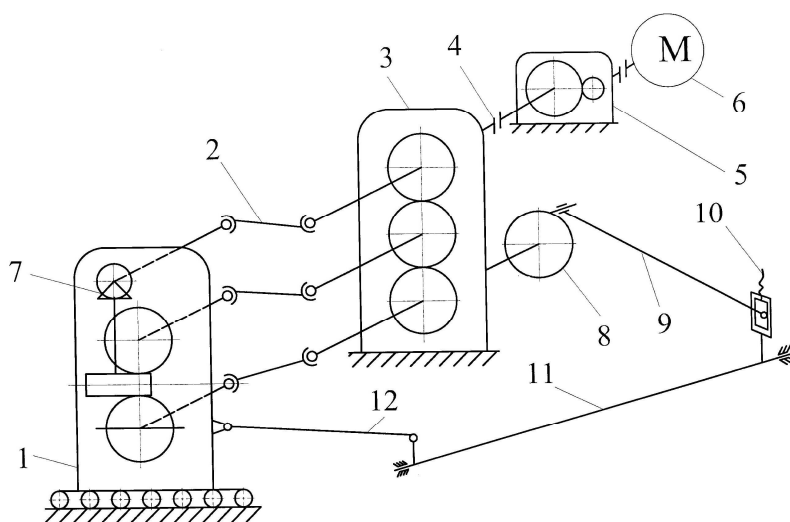


Рис. 13. Схема опытно-промышленного стана сортовой шаговой прокатки СШР 300

кливошип 10, шатун 11, рычаги 13, 14, вал 15 и тягу 12. Валы шестеренной клетки приводятся от электродвигателя 4 через редуктор 5.

С использованием этого технического решения создан опытно-промышленный стан

сортовой шаговой прокатки СШР 300 (рис. 14), изготовленный и установленный в инструментальном производстве ЧТЗ (г. Челябинск).

Последующее развитие процесс шаговой прокатки получил в результате разработки

нового способа шаговой прокатки [10]. С целью исследования технологических возможностей нового способа шаговой прокатки разработана принципиальная схема стана шаговой прокатки [11], а на ее основе – опытный стан СШР 82,5 [12] (рис. 15).

Последним на сегодняшний день достижением в развитии нового направления в технологии и оборудовании для шаговой прокатки, сформулированного заслуженным деятелем

наук и техники РФ, доктором технических наук, профессором В.Н. Выдриным является создание многофункционального прокатного стана [13], позволяющего осуществлять многовариантную шаговую прокатку и обычную продольную прокатку в многовалковых калибрах.

В состав многофункционального прокатного стана (рис. 16) входят прокатная клеть 1, установленная с возможностью возвратно-

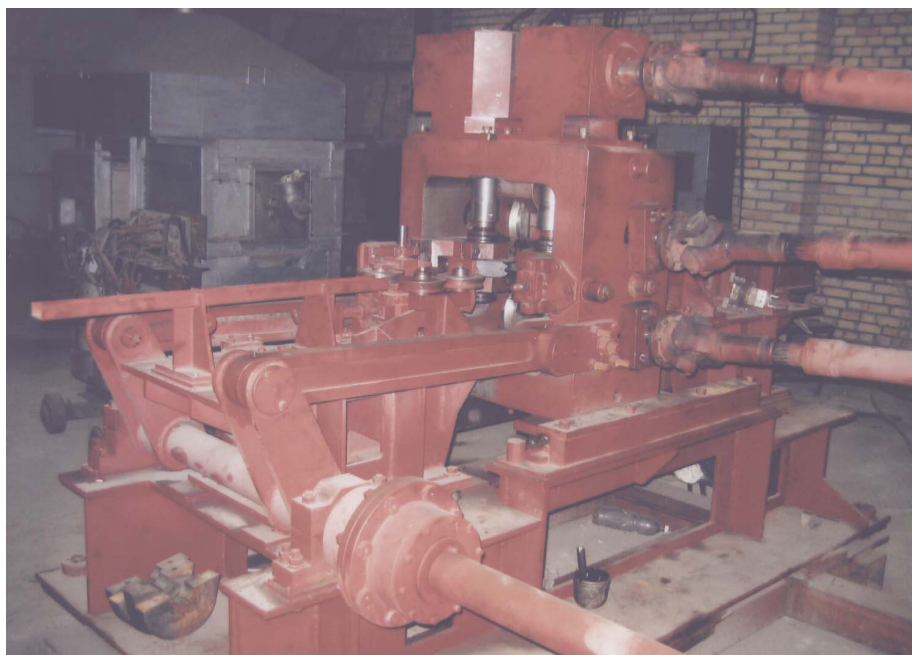


Рис. 14. Опытно-промышленный стан сортовой шаговой прокатки СШР 300 инструментального производства ЧТЗ

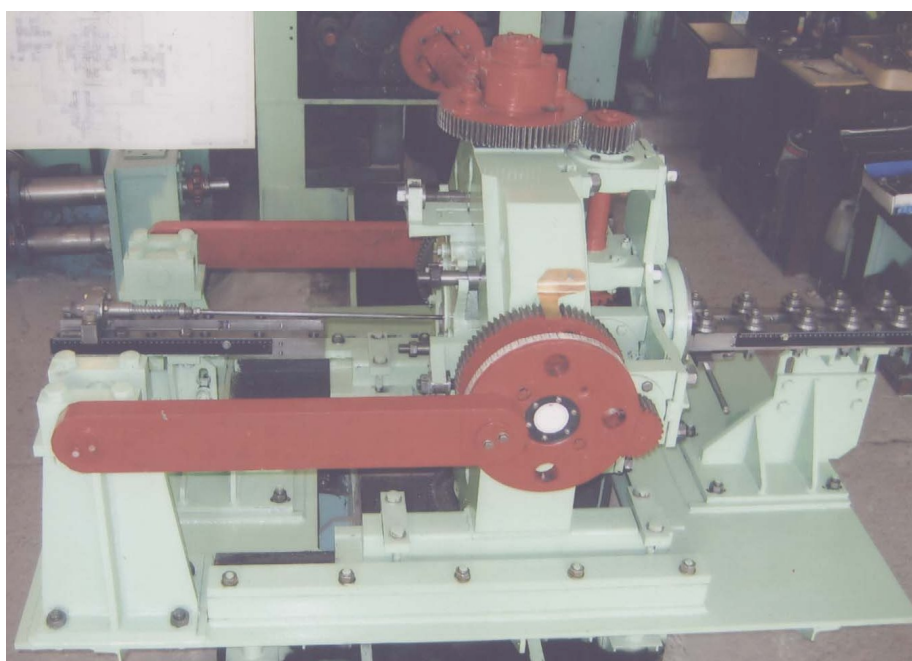


Рис. 15. Опытный стан СШР 82,5

поступательного движения вдоль оси прокатки, вводная 2 и выводная проводки 3, трайб-аппарат 4, закрепленные на раме 10.

В прокатной клети 1 размещены две взаимно перпендикулярные пары вращающихся валков, установленные с возможностью взаимного смещения пар валков вдоль оси прокатки. Привод вращения валков прокатной клети осуществляется от четырех стационарно установленных на рамах мотор-редукторов 14 через карданные шпиндели 6 и 7. Привод возвратно-поступательного перемещения прокатной клети осуществляется от мотор-редуктора 15, соединенного муфтой 9 с коленчатым валом 8. С прокатной клетью коленчатый вал шарнирно связан шатунами 5. При прокатке в стационарной клети привод ее возвратно-поступательного движения отключается.

Заключение

Ограничения по объему настоящей статьи позволили практически только перечислить разработки, выполненные на основе сформулированных В.Н. Выдриным принципиальных положений по шаговой прокатке, не вдаваясь в тонкости ее теории, технологии, оборудования.

По результатам выполненных исследований и разработок по шаговой прокатке опубликовано более 130 научных трудов, получено более 100 авторских свидетельств СССР, патентов РФ, США, Великобритании, Японии и Германии.

Литература

1. Пат. США 4157025. Способ и стан для прокатки металлических заготовок / В.Н. Выдрин, Е.Н. Березин, В.Г. Дреммин, О.И. Тищенко, Г.З. Серебренников. – Оpubл. 05.06.1973.

2. Освоение опытно-промышленного стана шаговой прокатки ПК 600 / И.А. Коппель, Г.И. Коваль, В.Г. Дреммин и др. // *Сталь*. – 1992. – № 1. – С. 46–48.

3. Коваль, Г.И. Новый универсальный малогабаритный стан СШМ 175/ Г.И. Коваль, В.Г. Дреммин., А.Р. Бежанян // *Металлург*. – 2001 – № 6. – С. 53.

4. Коваль, Г.И. Технология и оборудование для малотоннажного производства сор-

тового проката / Г.И. Коваль, В.Г. Дреммин., Т.Г. Плюснина // *Заготовительные производства в машиностроении*. – 2007. – № 12. – С. 45–46.

5. Новый полунепрерывный сортопроводочный стан ШП 280/МКЗ-330/ В.Г. Дукмасов, Ф.С. Дубинский, Г.И. Коваль, О.О. Сиверин // *Непрерывные процессы обработки давлением: тр. Всерос. науч.-техн. конф. Москва, МВТУ им. Баумана, 14–15 апреля 2004*. – М., 2004. – С. 174–179.

6. А.с. 1198801 СССР, МПК⁷ В 21 В 13/18. Прокатно-ковочный стан / В.Н. Выдрин, Г.Л. Химич, Б.Я. Орлов, А.Г. Коробов, Б.Е. Локишин, Е.Н. Березин, Г.И. Коваль. – № 3750901/22-02; заявл. 26.06.1984.

7. Пат. 1834724 Российская Федерация, МПК⁷ В 21 В 1/42. Способ шаговой прокатки / Г.И. Коваль. – № 915014628/02; заявл. 26.11.1991; опубл. 10.08.1993, Бюл. № 30. – 8 с.

8. Пат. 2072140 Российская Федерация, МПК⁷ В 21 В 1/42. Способ шаговой прокатки / Г.И. Коваль. – № 9494027556/02; заявл. 20.07.1994; опубл. 05.02.1997, Бюл. № 2. – 5 с.

9. Пат. 2182855 Российская Федерация, МПК⁷ В 21 В 13/18. Стан шаговой прокатки / В.Г. Дреммин, Г.И. Коваль. – № 200001066363/02; заявл. 14.03.2000; опубл. 27.05.2002, Бюл. № 15. – 6 с.

10. Пат. 2252830 Российская Федерация, МПК⁷ В 21 В 1/42. Способ шаговой прокатки / Г.И. Коваль., Т.Г. Каримова. – № 2004110352/02; заявл. 05.04.2004; опубл. 27.05.2005, Бюл. № 15. – 12 с.

11. Пат. 2324557 Российская Федерация, МПК⁷ В 21 В 13/18. Прокатный стан / Г.И. Коваль, В.Г. Дреммин. – № 2006135601/02; заявл. 09.10.2006; опубл., 20.05.2008, Бюл. № 14. – 8 с.

12. Коваль, Г.И. Опытный стан шаговой прокатки СШР-82,5 / Г.И. Коваль, В.Г. Дреммин // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия»*. – 2012. – Вып. 18, № 15 (274). – С. 129–134.

13. Коваль, Г.И. Многофункциональный стан для сортовой прокатки / Г.И. Коваль, С.З. Хабиров, В.Г. Дреммин // *Производство проката*. – 2008. – № 4. – С. 45–48.

Коваль Григорий Иванович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры процессов и машин обработки металлов давлением, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; Koval.gi@mail.ru.

Поступила в редакцию 7 января 2020 г.

INDUSTRIAL APPLICATION AND DEVELOPMENT OF STEEP ROLLING

G.I. Koval, Koval.gi@mail.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The results of step rolling work performed based on the proposed V.N. Vydrin a new direction of its development.

Structures of step rolling mills with oscillating rolls ЦШ 175, ЦШ 200, ШШ 280, ПК 600, developed under the guidance of V.N. Vydrin, or based on his fundamental technical solutions, called rolling-forging mills are described in this article. These mills found industrial application at metallurgical and machine-building enterprises of Russia and foreign countries in the preparation of billets and finished profiles from special alloys of ferrous and non-ferrous metals.

It was noted that rolling-forging mills are competitive with modern radial forging machines when receiving blanks of constant cross-sectional length from special alloys of ferrous and non-ferrous metals in terms of quality of rolled products, cost of equipment and operating costs.

New designs of experimental and industrial step rolling mills with rotating rolls ШШ 150, ШШ 160, ЦШП 300, ЦШП 82.5, a multifunctional rolling mill, developed on the basis of a patented technical solution with the participation of V.N. Vydrin was presented in this article. A fundamental feature of these mills design is a rigid kinematic connection between the drives of rotation of the rolls and the reciprocating movement of the rolling stand, ensuring their operation without the use of feed and tumbling devices.

More than 130 scientific papers were published; more than 100 copyright certificates of the USSR, patents of the Russian Federation, the USA, Great Britain, Japan and Germany were obtained according to the results of research and development on step rolling.

Keywords: V.N. Vydrin, rolling-forging mill, step rolling mill.

References

1. Vydrin V.N., Berezin E.N., Dremin V.G., Tishchenko O.I., Serebrennikov G.Z. Method and mill for rolling metal billets. Patent USA, no. 4157025, 05.06.1973.
2. Koppel' I.A., Koval' G.I., Dremin V.G., Mokin E.V., Chinyayev V.I. Start-Up of Pilot PK 600 Mill of Step Rolling. *Steel in Translation*, 1992, no. 1, pp. 46–48.
3. Koval' G.I., Dremin V.G., Bezhanian A.R. New Compact Universal Mill SSHM 175. *Metallurgist*, 2001, vol. 45, no. 5–6, pp. 245–246.
4. Koval' G.I., Dremin V.G., Plyusnina T.G. [Technology and equipment for small-tonnage production of long products]. *Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii* [Procurement in Engineering], 2007, no. 12, pp. 45–46. (in Russ.)
5. Dukmasov V.G., Dubinskij F.S., Koval' G.I., Siverin O.O. [New semi-continuous short-wire mill SHP 280/MK3-330/]. *Nepreryvnyye protsessy obrabotki davleniyem: tr. Vseros. nauch.-tekhn. konf.* [Continuous Forming Operation. Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference]. Moscow, Bauman Moscow State Technical University. April 14–15, 2004, pp. 174–179. (in Russ.)
6. Vydrin V.N., Himich G.L., Orlov B.Ya., Korobov A.G., Lokshin B.E., Berezin E.N., Koval' G.I. *Prokatno-kovochnyy stan* [Rolled and forging mill]. Certificate of authorship USSR, no. 1198801, 26.06.1984.
7. Koval' G.I. *Sposob shagovoy prokatki* [Step rolling method]. Patent RF, no. 1834724, 26.06.1984.
8. Koval' G.I. *Sposob shagovoy prokatki* [Step rolling method]. Patent RF, no. 2072140, 05.02.1997.
9. Dremin V.G., Koval' G.I. *Stan shagovoy prokatki* [Step rolling mill]. Patent RF, no. 2182855, 14.03.2000.

-
10. Koval' G.I., Karimova T.G. *Sposob shagovoy prokatki* [Step rolling method]. Patent RF, no. 2252830, 05.04.2004.
11. Koval' G.I., Dremin V.G. *Prokatnyy stan* [Rolling mill]. Patent RF, no. 2324557, 09.10.2006.
12. Koval' G.I., Dremin V.G. Test Mill of Step-by-Step Rolling SShR-82.5. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 2012, iss. 18, no. 15 (274), pp. 129–134. (in Russ.)
13. Koval' G.I., Habirov S.Z., Dremin V.G. [Multifunctional mill for high-quality rolling]. *Proizvodstvo prokata* [Rolled metal production], 2008, no. 4, pp. 45–48. (in Russ.)

Received 7 January 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Коваль, Г.И. Промышленное применение и развитие шаговой прокатки / Г.И. Коваль // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 40–53. DOI: 10.14529/met200105

FOR CITATION

Koval G.I. Industrial Application and Development of Steep Rolling. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 2020, vol. 20, no. 1, pp. 40–53. (in Russ.) DOI: 10.14529/met200105