



УДК 621.771.23

Е.А. Максимов
ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»
г. Челябинск, Российская Федерация
E-mail: maksimov50@mail.ru
Дата поступления 08.05.2020

ПАРАМЕТРЫ, КОНСТРУКЦИИ И РЕГУЛИРОВКИ РОЛИКОВЫХ ПРАВИЛЬНЫХ МАШИН ПРИ ПРАВКЕ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА

Аннотация

Проведен анализ основных конструкций роликовых правильных машин (РПМ), предназначенных для правки листового проката.

Показано, что по схеме установки опорных роликов относительно рабочих конструкции РПМ можно разделить: с шахматным расположением опорных роликов относительно рабочих, в попарном (оппозитным) расположением опорных роликов относительно рабочих, с комбинированным расположением опорных роликов относительно рабочих. Установлено, что способам настройки РПМ можно разделить: с групповой параллельной настройкой, с групповой наклонной настройкой, с индивидуальной параллельной настройкой. Установлено, что по схеме регулирования рабочих роликов с поперечной настройкой конструкции РПМ можно разделить: с параллельной поперечной настройкой, путем поперечного поворота роликов одного ряда относительно оси правки, путем изгиба рабочих роликов по длине бочки.

Показано, что конструкции РПМ можно разделить на специализированные машины различных конструкций для правки толстых и тонких листов, а также для правки листов в горячем и холодном состоянии,

Уставлены основные преимущества РПМ с индивидуальной высотной настройкой и независимым приводом рабочих роликов РПМ.

Ключевые слова: конструкций роликовых правильных машин (РПМ), схемы регулировочных воздействий (настроек) РПМ, специализированные машины для правки толстых и тонких листов в горячем и холодном состоянии, индивидуальная высотная настройка и независимый приводом рабочих роликов РПМ.

Введение

В соответствии с конструктивными особенностями роликовые правильные машины (РПМ) состоят из двух основных самостоятельных узлов: рабочей клетки и главного привода, соединенных между собой универсальными шпинделями [1-4].

Необходимость использования универсальных шпинделей вызывается нестандартным расположением рабочих роликов одного ряда. Обычно главный привод монтируется на отдельной плите и состоит из: шестеренной клетки и понижающего редуктора, входной вал которого соединен через муфту с электродвигателем. В РПМ рабочая клетка собирается по одной принципи-

альной схеме: ролики нижнего ряда устанавливаются в нижней траверсе машины, а ролики верхнего ряда устанавливаются в верхней траверсе машины, положение которой регулируется в вертикальном направлении. Регулировка положения верхней траверсы машины производится от отдельного электродвигателя. Опорные ролики устанавливаются в один или несколько рядов по длине рабочего ролика. В настоящее время применяются две основные схемы расположения опорных роликов по отношению к рабочим роликам: шахматное расположение и расположение по вертикальной оси (оппозитное) [5-8].

При шахматном расположении опорные ролики препятствуют прогибу рабочих роликов в вертикальном и горизонтальном

направлениях, так как они воспринимают силу давления листа на ролики вертикальном направлении и тяговое усилие в горизонтальном направлении.

Опорные ролики большинства РПМ, короче рабочих, имеют одинаковый с ними или больший диаметр, располагаются по несколько штук по длине бочки рабочего ролика [9-11]. Наиболее простые конструкции РПМ имеют параллельную настройку роликов. Современные РПМ позволяют реализовать схему с групповой наклонной настройкой путем перемещения как верхних, так и нижних траверс с расположенными на них роликами [12-16]. Направляющие ролики на входе выходе РПМ имеют индивидуальную настройку для улучшения захода листа в ролики.

В настоящее время стремятся обеспечить наибольшее количество управляющих воздействий (регулировок) РПМ для расширения технологических возможностей и обеспечения различных режимов правки листов разного сортамента [17-21].

В связи с этим РПМ разных типов имеют значительные конструктивные особенности.

Целью исследования являются параметры, конструкции и регулировки роликовых правильных машин при правке листового проката.

Анализ схем и конструкций роликовых правильных машин

Роликовые правильные машины, работающие на предприятиях нашей страны и за рубежом, можно разделить на два больших класса: установленные в потоке и отдельно стоящие. Для машин первого класса правка осуществляется за один проход, в этом случае наиболее важным параметром является высокая производительность, а также получение качественного листа за один проход, быстрое изменение настройки при переходе с одного сортамента на другой.

Во втором случае правка осуществляется на несколько реверсивных проходов.

В РПМ для правки листов большой ширины с целью обеспечения прочности рабочих роликов и их подшипниковых опор рабочую клетку оснащают опорными

роликами (рисунок 1). Как правило, вдоль осей рабочих роликов устанавливаются несколько опорных роликов. Расположение опорных роликов относительно рабочих в шахматном порядке обеспечивает восприятие как вертикальных, так горизонтальных нагрузок, действующих на рабочие ролики (рисунок 1). На практике РПМ с шахматным расположением опорных роликов применяются для холодной правки листов.

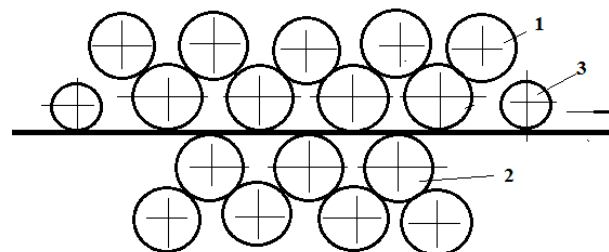


Рисунок 1. Схема установки опорных роликов в РПМ в шахматном порядке: 1– опорные ролики, 2– рабочие ролики, 3–направляющие ролики

В промышленности шахматное расположение опорных роликов относительно рабочих наиболее распространено, так как обеспечивает восприятие как вертикальной, так и горизонтальных нагрузок, действующие на рабочие ролики.

Направляющие ролики на входе и выходе почти у всех машин имеют индивидуальную настройку для обеспечения захода и выхода листа из РПМ. Привод практически всех машин групповой от одного или двух электродвигателей через систему редукторов и общую шестеренную клетку. Обычно приводными являются все рабочие ролики, а в некоторых случаях и направляющие ролики.

Попарное (оппозитное) расположение опорных и рабочих роликов применяется, преимущественно, в машинах горячей правки, так как обеспечивают свободное удаление окалины (рисунок 2).

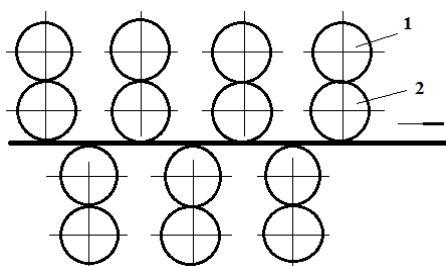


Рисунок 2. Схема установки опорных роликов в РПМ в попарном порядке (оппозитное): 1– опорные ролики, 2– рабочие ролики

В РПМ данной конструкции рабочие ролики, размещенные в верхней и нижней траверсах оппозитно, опираются на опорные ролики.

Комбинированное расположение опорных и рабочих роликов применяется, преимущественно, в машинах холодной правки для листов, покрытых окалиной (рисунок 3).

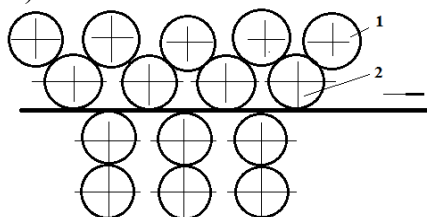


Рисунок 3. Схема установки опорных роликов в РПМ в комбинированное порядке: 1– опорные ролики, 2– рабочие ролики.

Схема установки опорных роликов в РПМ с промежуточными роликами представлена на рисунке 4.

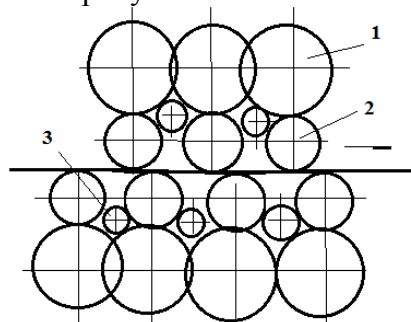


Рисунок 4. Схема установки опорных роликов в РПМ: 1 - опорные ролики, 2 - рабочие ролики, 3 - промежуточные ролики

Наличие промежуточных роликов в РПМ исключает на поверхности рабочих роликов следы контакта с опорными роликами, которые отпечатываются на выправляемом листе. Такие РПМ применяются для

правки листов из цветных металлов, к качеству поверхности которых предъявляются повышенные требования.

Анализ схем настройки роликовых правильных машин

Настройка РПМ заключается в установке положения рабочих роликов одного ряда относительно другого в зависимости от толщины и ширины, механических свойств выправляемого листа, а также характера и величины исправляемого дефекта. Известно, что в современных РПМ применяются несколько видов настройки: вдоль и поперек оси роликов [16].

РПМ с групповой параллельной настройкой применяются как для холодной, так и для горячей правки листов при отсутствии повышенных требований по плоскостности (рисунок 5). Такие машины позволяют регулировать один параметр правки, то есть расстояние между верхним и нижним рядами роликов.

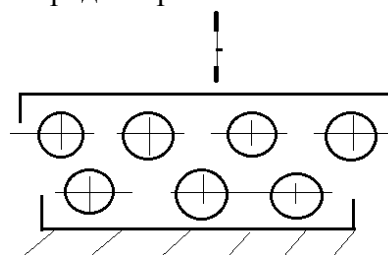


Рисунок 5. Схема настройки рабочих роликов в РПМ с групповой параллельной настройкой

В РПМ с групповой параллельной настройкой применяются станины закрытого типа. Верхняя подвижная траверса помещается внутри станины в вертикальном направлении, а механизмы регулировки располагаются в верхней части станины, на верхней траверсе. Основными способами уравновешивания подвижной верхней траверсы являются: пружинный, грузовой и пневматический. В РПМ с подвижной верхней траверсой регулируют положение верхних опорных роликов, в машинах с подвижной нижней траверсой регулируют положение нижних опорных роликов. В машинах такого типа все рабочие ролики приводные. Привод РПМ устанавливается отдельно от станины клетки. В некоторых машинах редуктор и шестеренную клетку совмещают в общем корпусе.

Групповая наклонная настройка применяется в тринадцати – и семнадцати роликовых РПМ, преимущественно при правке листов толщиной от 4,00мм до 10,00 мм в холодном состоянии (рисунок 6). При этом такие машины имеют две независимые настройки.

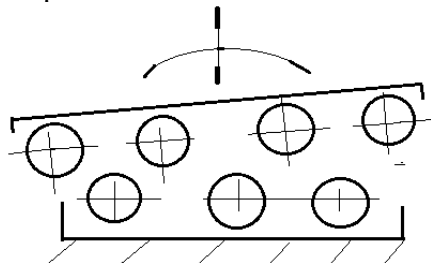


Рисунок 6. Схема настройки рабочих роликов в РПМ с групповой наклонной настройкой

В РПМ с групповой наклонной настройкой в большинстве конструкций верхний ряд роликов устанавливается наклонно и регулируется по высоте. Регулировка угла наклона верхнего ряда роликов производится от самостоятельного механизма с помощью штурвала или совмещается с механизмом регулировки положения верхнего ряда роликов по высоте, обычно приводимого от электродвигателя.

В последнее время наблюдается переход к машинам, в которых увеличивается количество независимых регулировок, так как практически все ролики имеют независимое регулирование. Индивидуальная радиальная настройка рабочих роликов дает возможность выправлять изгиб листа под каждым роликом. Такую настройку используют на РПМ с достаточно большим шагом. Индивидуальная параллельная настройка роликов в РПМ обеспечивает повышенное качество при правке листов как в горячем, так и в холодном состоянии [11, 16].

Схема настройки рабочих роликов в РПМ с индивидуальной настройкой представлена на рисунке 7.

Индивидуальная настройка дает возможность регулировать изгиб листа под каждым роликом.

Положение роликов осуществляется регулировкой положения по высоте опорных роликов, причем каждый ряд роликов регулируется самостоятельно.

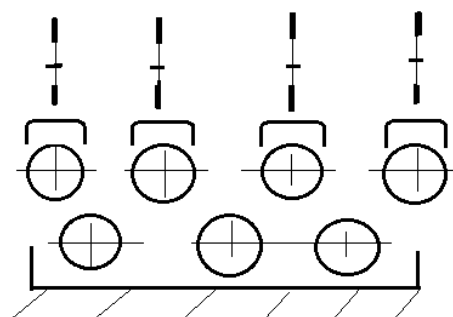


Рисунок 7. Схема настройки рабочих роликов в РПМ с индивидуальной настройкой

Индивидуальная параллельная настройка обеспечивает повышенную точность при правке листов в холодном состоянии.

Одной из особенностей правки листов является неравномерность деформации по ширине листа при правке. В случае, если жесткости рабочего ролика недостаточно, то его середина прогибается больше, чем по краям. Это явление приводит к различной пластической деформации между серединой и краями листа. Совершенствование конструкций РПМ идет по пути: использования настройки рабочих роликов путем поперечного поворота роликов одного ряда относительно оси правки, настройки рабочих роликов путем изгиба рабочих роликов по длине бочки, а также введение системы противоизгиба роликов [11, 17].

Параллельная поперечная настройка рабочих роликов верхнего и нижнего рядов рассчитана на выправление волнистого листа с одинаковой амплитудой волны поперек ширины листа (рисунок 8).

Для выправления листов с односторонней волнистостью необходимо, чтобы деформация изгиба неравномерно распределялась по ширине листа [18, 19].

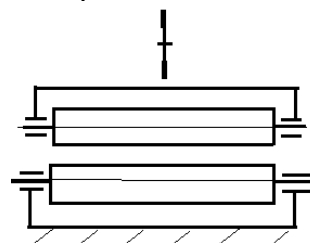


Рисунок 8. Схема настройки рабочих роликов в РПМ с параллельной поперечной настройкой

Группой поперечный поворот роликов одного ряда относительно оси правки

создает различные деформации по одному из краев листа (рисунок 9).

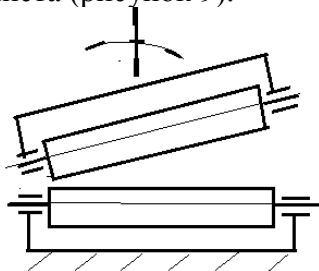


Рисунок 9. Схема настройки рабочих роликов в РПМ путем поперечного поворота роликов одного ряда относительно оси правки

Наклонная установка роликов поперек направления правки производится при помощи общего механизма регулировки положения верхней подвижной траверсы.

Более широкие возможности для изменения деформации по ширине листа имеют место при изгибе рабочих роликов в поперечном направлении (рисунок 10).

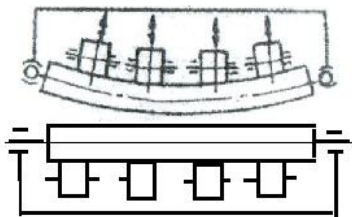


Рисунок 10. Схема настройки рабочих роликов РПМ путем изгиба рабочих роликов по длине бочки

Опорные ролики вдоль рабочих роликов обычно размещаются в один и более рядов, смонтированных в подвижных траверсах. Каждый опорный ролик имеет устройство регулировки по высоте, для того чтобы прогиб рабочего ролика по его длине был прямолинейным.

При комбинации с поперечным поворотом роликов такая настройка позволяет выправлять различные виды дефекта неплоскостность. При этом изгиб рабочих роликов осуществляется посредством нескольких опорных роликов, оснащенных индивидуальными нажимными устройствами. На современных РПМ характер и величина изгиба листа выводится на монитор оператора.

Параметры правки, конструкции и регулировка роликовых правильных машин представлены в таблице 1.

Индивидуальная настройка всех верхних роликов реализована на девятироликовых РПМ Северсталь и ММК (таблица 2).

РПМ с индивидуальной настройкой роликов начали появляться только в последнее время (SMS–Demag, Германия).

Таблица 1
Параметры правки, конструкции и регулировка роликовых правильных машин

Предприятие	НТМК	Северсталь	Кузнецкий МК	Красный октябрь	Донецкий МЗ
Количество роликов	7	17	11	13	17
h , мм	До50	3	до 12	5– 25	5– 20
B , мм	1300-2900	2400	до 1800	до 1500	1250– 2200
D_p , мм	300	80	170	150	150
Схема установки опорных роликов	в попарном порядке (оппозитное)	в шахматном порядке	в шахматном порядке	в шахматном порядке	в шахматном порядке
Схема регулирования положения рабочих роликов	с групповой параллельной настройкой	с групповой наклонной настройкой	с групповой наклонной настройкой	с групповой параллельной настройкой	с групповой параллельной настройкой

Техническая характеристика роликовых правильных машин с индивидуальной настройкой Северсталь и ММК

Тип РПМ	9x320x2800	HPL 360/380x5200/9
Количество рабочих роликов, шт	9	9
Диаметр рабочих роликов, мм	305	360
Шаг рабочих роликов, мм	320	380
Длина рабочих роликов, мм	2800	5200
Наибольшее усилие правки, МН	27	40
Способ правки	холодная	горячая

Характерной особенностью современных РПМ, производимых за рубежом, является автоматическое регулирование положения роликов и крутящего момента с помощью цифровой системы по показаниям толщиномера, а также применение средств автоматического контроля за плоскостью листа после правки. Как правило РПМ оснащаются предохранительными устройствами для предупреждения перегрузок машины при правке. На современных РПМ, разрабатываемых за рубежом, используются гидравлические нажимные устройства.

Гидравлические нажимные устройства позволяют настраивать ролики машины в процессе правки (компании UBR, MDS, SMS, Германия).

Индивидуальная настройка позволяет реализовать на РПМ необходимый требуемый по технологии режим правки листов с максимальным коэффициентом пластической деформации по толщине (рисунок 7). Независимый привод роликов с индивидуальной настройкой позволяет выполнять гибкую технологическую настройку при изменяющемся сортаменте выправляемых листов.

На РПМ с индивидуальной настройкой путем изменения перерывной настройки появляется возможность правки листов с продольно серповидностью.

Индивидуальный привод вращения рабочих роликов позволяет обеспечить необходимый суммарный момент правки при относительно низкой величине нагрузки на приводе каждого ролика.

Анализ показал, что по конструкционным параметрам и регулировочным воздействиям роликовые правильные машины можно разделить.

- По схеме установки опорных роликов относительно рабочих:
 - с шахматным расположением опорных роликов относительно рабочих;
 - в попарным (оппозитным) расположением опорных роликов относительно рабочих;
 - с комбинированным расположением опорных роликов относительно рабочих.
- По схеме регулирования положения рабочих роликов:
 - с групповой параллельной настройкой;
 - с групповой наклонной настройкой;
 - с индивидуальной настройкой.
- По схеме регулирования рабочих роликов с поперечной настройкой:
 - с параллельной поперечной настройкой;
 - путем поперечного поворота роликов одного ряда относительно оси правки;
 - путем изгиба рабочих роликов по длине бочки.
- На РПМ, предназначенных для правки толстых и тонких листов и полос.
- На РПМ, предназначенных для правки листов и полос в горячем и холодном состоянии.

В целом можно выделить следующие основные направления совершенствования конструкций РПМ:

- повышение количества видов и регулирующих воздействий на ролики РПМ,
- применение РПМ с индивидуальной настройкой и индивидуальным приводом вращения рабочих роликов,
- применение РПМ с комбинированным расположением опорных и рабочих роликов,
- применение специализированных РПМ различных конструкций для правки толстых и тонких листов, для правки листов и полос в горячем и холодном состоянии,
- увеличение жесткости основных узлов РПМ,
- применение на РПМ гидравлических устройств для настройки роликов;
- автоматическое регулирование нагрузок на ролики с использованием цифрового сигнала.

Заключение

1. Проведен анализ основных конструкций роковых правильных машин (РПМ), предназначенных для правки листового проката.
2. Анализ показал, что по схеме установки опорных роликов относительно рабочих конструкции РПМ можно разделить:
 - с шахматным расположением опорных роликов относительно рабочих;
 - в попарным (оппозитным) расположением опорных роликов относительно рабочих;
 - с комбинированным расположением опорных роликов относительно рабочих.
3. Установлено, что по схеме регулирующих воздействий (настройки), РПМ можно разделить:
 - с групповой параллельной настройкой;
 - с групповой наклонной настройкой;

– с индивидуальной параллельной настройкой.

4. Установлено, что по схеме регулирования положения рабочих роликов с поперечной настройкой конструкции РПМ можно разделить:
 - с параллельной поперечной настройкой;
 - путем поперечного поворота роликов одного ряда относительно оси правки;
 - путем изгиба рабочих роликов по длине бочки.
5. Анализ показал, что конструкции РПМ можно разделить на специализированные машины различных конструкций для правки толстых и тонких листов, а также для правки листов и полос в горячем и холодном состоянии,
6. Показаны преимущества РПМ с индивидуальной высотной настройкой и независимым приводом рабочих роликов РПМ.

Библиографический список

1. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов/ М.: Металлургия, 1985. 376 с.
2. Шаталов Р.Л. Расчет, проектирование и применение прокатного оборудования / Вологда.: Инфра-Инженерия, 2020. 236 с.
3. Целиков А.И., Смирнов В.В. Прокатные станы / М.: Металлургиздат, 1958. 432 с.
4. Слоним А.З., Сонин А.Л. Машины для правки листового и сортового проката/ М.: Машиностроение, 1975. 208 с.
5. Слоним А.З., Сонин А.Л. Правка листового и сортового проката/ М.: Металлургия, 1981. 232 с.
6. Kaden V. High performance leveler for hot and cold leveling of heavy plates // Met. Plate and Tech .2007. №2 p.92-94.
7. Недорезов И.В. Моделирование процессов правки проката на роликовых машинах/ Екатеринбург: Аква-пресс.2003. 256с.
8. Недорезов И.В., Орлов Б.Я, Титаренко В.И. Роликовые машины для правки толстых листов //Сталь. 1999. №9 С. 40-42.

9. Максимов Е.А., Шаталов Р.Л., Васильев Ю.С. Уточнение методики расчета параметров правки толстых листов на роликовой правильной машине // Сталь. 2017. № 1. С. 35-38.
10. Недорезов И.В., Поляков А.П., Волегов Б.Я. Методы определения остаточных напряжений в незакаленных рельсах // Производство проката. 2001. № 2. С. 11-16.
11. Недорезов И.В. Обзор промышленных процессов закалки рельсов и статочных напряжений в них // Производство проката. 2001. № 6. С. 13-18.
12. Максимов Е.А., Шаталов Р.Л. Повышение качества листов их строительных сталей путем правки на роликовой правильной машине // Черные металлы .2018. № 6. С. 49-55.
13. Sharma H.V. Resent measures to improve quality of rails// Technical Journal of Bhilai Steel.2008. №5. p.21-23.
14. Bramfitl B. Advanced in-line head hardening of rails //Proceeding of the international symposiym // Baltimor. 2015.№6. p. 23-29.
15. Ghevet M. Planeuse a ruoleaux imbriques et procede de mise en oeuvre telle planeuse// Patent 9604683. 2009.p1-5.
16. Irastorsa I. Modelisation of flatness evolution during coaling and leveling of plate as a for production desing // Metec congress. Dusseldorf, 2014. p.106-111.
17. Garber E.A., Bolobanova N.L., Trusov K.A. Application of the Finite Element Method to Reveal the Causes of Loss of Planeness of Hot-Rolled Steel Sheets during Laser Cutting // Russian Metallurgy (Metally). Vol. 2018, Is. 1, P. 90-94. DOI:10.1134/S0036029518010056
18. Trusov K.A., Mishnev P.A., Garber E.A., Bolobanova N.L., Nushtaev D.V., Ardatov K.V. Investigation of blank bow defect after roller leveller by finite element analysis // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1063, 2018. 012192.
19. Utrata D. Evaluation of web cracking tendencies in rail via barious methods // Proceedigs of the international symposium – Rail steels for the21cenary. Baltimor . 2014p.131-135.
20. Hein Marten. Antreibsleistungbeim richten voncrobblechen//Bander-Bleche-Rohre.2013. 10.p.23-26.

Information about the paper in English

E.A. Maksimov

South Ural State University National Research University
Chelyabinsk, Russian Federation
E-mail: maksimov50@mail.ru
Received 08.05.2020

PARAMETERS, DESIGN AND ADJUSTMENT OF ROLLER LEVELERS, WHEN LEVELING
FLAT PRODUCTS

Abstract

The paper analyzes a main design of roller levelers used to level flat products.

It is shown that by the arrangement of support and work rollers, the design of roller levelers may be divided into the staggered, pairwise (opposite) and combined arrangement. It is found that by roller leveler adjustment modes, levelers may be divided by group parallel adjustment, group inclined adjustment, and individual parallel adjustment. It is found that by the work roller adjustment procedure with the transverse adjustment, the roller leveler design may be divided into parallel transverse adjustment, by a transverse rotation of rollers in one row about the leveling axis, by bending work rollers along the body length.

It is shown that roller levelers may be divided into special machines of a various design to level plates and sheets in a hot and cold state.

The paper specified main advantages of roller levelers with an individual height adjustment and an independent drive of work rollers of roller levelers.

Keywords: design of roller levelers, procedures of adjusting operations (adjustments) on roller levelers, special machines to level plates and sheets in a hot and cold state, individual height adjustment, independent drive of work rollers of roller levelers
