

Самоцентрирование движущейся полосы по оси агрегата

к.т.н. проф. Вольшонок И.З., к.т.н. доц. Русаков А.Д., д.т.н. Трайно А.И.
 Университет машиностроения, Институт металлургии и материаловедения РАН
 8(496)574-40-42, rusakovel@rambler.ru, 8(499)135-44-84

Аннотация. В статье рассмотрены различные методы самоцентрирования полос в агрегатах различного назначения. Особое внимание уделяется рассмотрению особенностей конструкционной схемы, основанной на принципах самоустановки и исключения избыточных связей в статически определимой системе.

Ключевые слова: агрегат, центрирование полосы, самоустанавливающаяся системы.

Введение

Одна из проблем, с которой сталкивается технический персонал различных технологических агрегатов, состоит в удержании движущейся полосы или ленты строго по оси установки при изготовлении, обработке или эксплуатации. Самопроизвольный уход полосы при ее изготовлении или обработке от заданного направления движения может быть вызван телескопичностью намотки рулона, наличием серповидности полосы или клиновидной формой ее поперечного сечения, неравномерным распределением натяжений по ширине полосы, износом транспортирующих роликов и нарушением их установки, а также совокупностью перечисленных и других причин, выявить и устранить которые не всегда представляется возможным. Это ведет к созданию аварийных ситуаций, травмированию полос, в особенности их кромок, увеличению количества некондиционной продукции и неплановых простоев технологических линий. Особую трудность представляет центрирование тонких и тончайших полос, имеющих низкие прочность и устойчивость в направлении их ширины.

Тривиальным решением данной проблемы является использование классических следящих систем автоматического регулирования. Так, разматыватели рулонов стальных полос конструкции УЗТМ, устанавливаемые в головной части различных агрегатов, снабжают оптическими датчиками контроля положения кромки полосы, связанными через функциональный преобразователь с исполнительным гидроцилиндром, перемещающим плавающий барабан разматывателя, на котором установлен рулон, в направлении, поперечном направлению движения полосы [1]. При отклонении кромки движущейся полосы от заданного положения исполнительный гидроцилиндр перемещает барабан разматывателя и рулон в направлении уменьшения отклонения кромки от заданного положения.

По аналогичной схеме осуществляется центрирование полосы с помощью систем, рассмотренных в работах [2, 3]. В системе [2] элементы слежения за положением кромок полосы выполнены в виде жестких пальцев, которые под воздействием кромок полосы при ее отклонении от заданного направления перемещаются, подавая сигнал на правый или левый гидроцилиндры смещения барабана разматывателя с установленным на нем рулоном, благодаря чему осуществляется центрирование полосы.

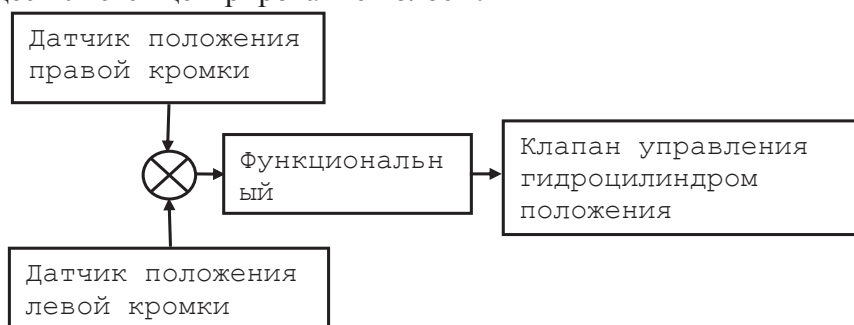


Рисунок 1. Блок-схема следящей системы центрирования полосы путем перемещения разматывателя с помощью гидроцилиндра

В автоматизированной следящей системе [3] также реализован принцип отрицательной обратной связи, благодаря чему при поперечном перемещении разматывателя достигается уменьшение отклонения кромки металлической полосы от заданного положения (рисунок 1).

Основной недостаток данных систем центрирования состоит в том, что они позволяют корректировать направление движения полосы только в головной части агрегата (в зоне разматываемого рулона полосы), что сужает возможности их применения. Так как длина современных технологических линий, особенно интегрированных агрегатов переработки металлических полос, может достигать сотен метров, центрирование полосы только в головной части агрегата неэффективно. Помимо этого, классические системы автоматики сложны и требуют дополнительного расхода энергии для осуществления корректировки направления полосы.

Постановка задачи

Альтернативой автоматизированным системам центрирования и направления полосы с активными (потребляющими энергию) исполнительными механизмами является создание самоустанавливающихся механических систем, обеспечивающих центрирование стальных полос, транспортируемых с натяжением по линии агрегата. Исключение избыточных связей в таких механических системах позволяют упростить конструкции систем центрирования и существенно повысить их надежность [4].

Предлагаемые решения

Так, в работе [5] рассмотрено устройство для центрирования движущейся полосы, построенное на принципе самоустановки (рисунок 2). В этом устройстве уходящая от оси агрегата в поперечном направлении полоса 5 оказывает силовое воздействие одной из своих кромок на обращенный к ней боковой упор 4. Это, в свою очередь, вызывает поворот коромысла 2, которое своей радиусной опорной поверхностью катится по опорным роликам 6, установленным на основании 1. Вместе с коромыслом 2 поворачивается неприводной ролик 3, что приводит к смещению движущейся по нему полосы 5 в сторону уменьшения ее смещения от оси агрегата.

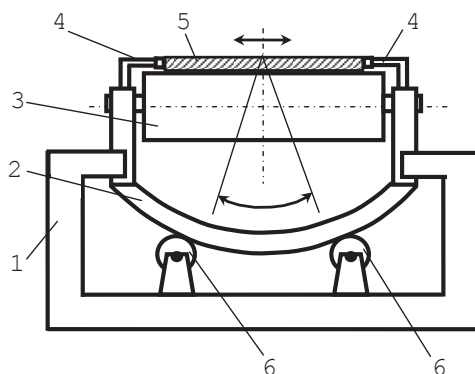


Рисунок 2. Схема устройства для центрирования толстых стальных полос:
1- основание; 2-поворотное коромысло; 3-неприводной ролик; 4-боковые упоры;
5-полоса; 6-опорные ролики

Аналогичным образом работает трехроликовое устройство центрирования [6], в котором соответствующий боковой упор, на который воздействует кромка полосы, уходящей с оси агрегата, изменяет положение поворотного ролика, возвращая полосу в заданную позицию.

Основной недостаток устройств [5, 6] состоит в том, что силовое взаимодействие кромки полосы с боковым упором приводит к появлению дефектов на полосе. К тому же рассмотренные устройства не пригодны для центрирования тонких металлических полос, имеющих недостаточную устойчивость и прочность в поперечном направлении.

Исключить травмирование кромок при центрировании полос позволяют способ и устройство, предложенные в работе [7].

Согласно данному способу центрирование стальной полосы по оси агрегата при ее транспортировании через неприводной ролик производится за счет его поворота в процессе самоустановки на угол, пропорциональный величине отклонения полосы от оси агрегата. Поворот ролика происходит за счет несимметричного распределения по его бочке силовой нагрузки со стороны прижатой к нему полосы, находящейся под натяжением. В процессе поворота ролика в плоскости, перпендикулярной плоскости движения полосы, осуществляется ее смещение в поперечном направлении в сторону уменьшения отклонения оси полосы от оси агрегата.

Для точной подачи тонких и тончайших полос в заданном направлении в работе [8] предложен оригинальный подход, основанный на скручивании полосы относительно продольной оси и ее позиционировании с помощью пары вертикальных роликов (рисунок 3).

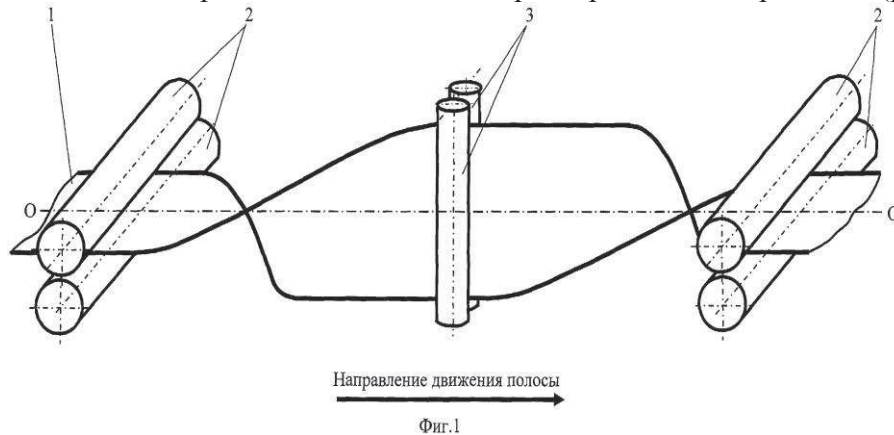


Рисунок 3. Схема узла центрирования тонких стальных полос:

1- стальная полоса; 2- горизонтальные ролики; 3- позиционирующие ролики

Для центрирования полосы 1 ее вначале пропускают между первыми (левыми на рисунке 3) горизонтальными роликами 2, позиционирующими неприводными роликами 3, которые изначально также занимают горизонтальное направление, и тянущими (правыми) горизонтальными роликами 2 на выходе из узла центрирования. Затем позиционирующие ролики 3 поворачивают на угол 90° в вертикальное положение в плоскости, перпендикулярной продольной оси агрегата. Этим обеспечивается скручивание полосы 1 относительно ее продольной оси, и она занимает положение «на ребро» строго по оси OO_1 агрегата. На выходе из второй пары роликов 2 полоса 1 вновь принимает горизонтальное положение и движется строго в заданном направлении.

Следует отметить, что данное устройство позволяет не только центрировать полосу, но и при необходимости смещать ее относительно оси агрегата на заданную величину, перемещая неприводные поддерживающие ролики 3 и полосу 1 в поперечном направлении.

Данный узел центрирования нашел практическое применение при эксплуатации транспортеров с резиноканевой лентой для подачи сыпучих шихтовых материалов.

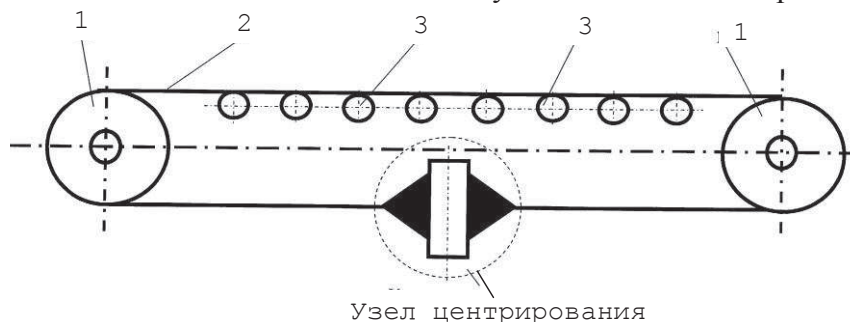


Рисунок 4. Центрирование резиноканевой ленты ленточного транспортера:
1- приводной барабан; 2- транспортерная лента; 3- поддерживающие ролики

Из-за неравномерной весовой нагрузки, износа и вытягивания транспортной ленты, нарушения установки параллельности поддерживающих роликов возникает смещение ленты 1 (рисунок 4) от оси транспортера в поперечном направлении. В процессе движения непрерывной транспортной ленты 1 ее нижнюю ветвь пропускают в зазор, образованный центрирующими роликами 3. Центрирующие ролики 3 производят ее скручивание относительно продольной оси транспортера, и после возвращения в «раскрученное» горизонтальное положение транспортная лента укладывается строго по оси транспортера. Это предотвращает сход транспортной ленты и нарушения устойчивой работы транспортера.

С использованием принципа исключения избыточных связей в статически определимой системе был построен и реализован на практике универсальный механизм центрирования тонкой или тончайшей металлической полосы, транспортируемой с натяжением по линии непрерывного агрегата покрытия [9].

Полосу 2 транспортируют с натяжением по неприводному поворотному ролику 1, который установлен с возможностью поворота в плоскости 3, наклоненной на угол φ к плоскости полосы 2. При движении полосы 2 строго по оси $O-O_1$ агрегата на ролик 1 действует симметрично распределенные радиальные силы со стороны натянутой полосы 2. Вращаемый за счет силы трения $F_{тр}$ от прижатой к нему движущейся полосы 2 ролик 1 находится в равновесии и не изменяет своего положения в пространстве.

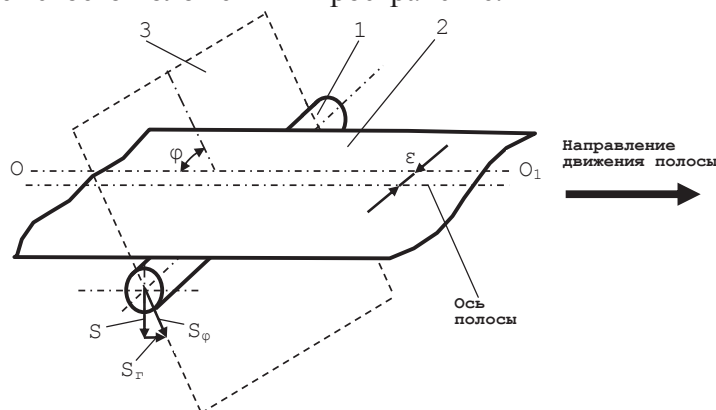


Рисунок 5. Устройство для центрирования тонких и тончайших полос по оси агрегата: 1- неприводной поворотный ролик; 2- полоса; 3- плоскость поворота ролика

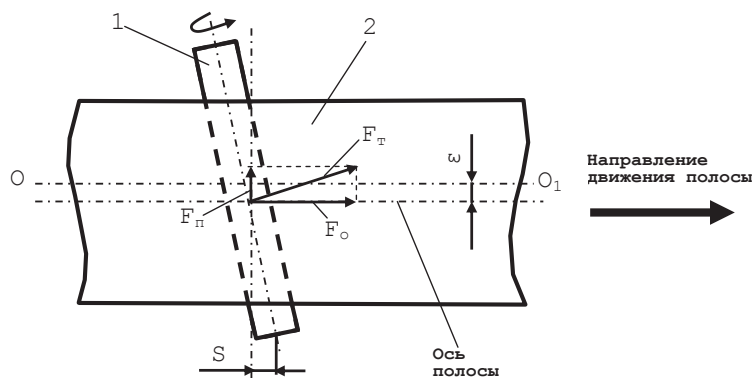


Рисунок 6. Взаимное расположение неприводного поворотного ролика и полосы при центрировании

В случае отклонения оси полосы 2 от оси $O-O_1$ агрегата на величину ε к одной из сторон ролика 1 (в направлении «на нас» на рисунках 5 и 6), равновесие радиальных сил, действующих на ролик 1 со стороны натянутой полосы 2, нарушается. Ролик 1 под действием неуравновешенной силы со стороны полосы 2 поворачивается в плоскости 3. При этом сторона ролика, в которую смещена полоса 2, перемещается по направлению S_ϕ (рисунок 5), опускаясь вниз на величину S_ψ и перемещаясь на величину S_τ по направлению движения полосы 2. В результате поворота ролика 1 в плоскости 3 и смещения одной его стороны по

направлению движения полосы 2, он принимает перекошенное положение по отношению к полосе 2 (рисунок 6). При этом помимо продольной составляющей F_o , появляется поперечная составляющая F_n силы трения $F_{тр}$. Под действием силы F_n полоса 2 начинает перемещаться в сторону уменьшения отклонения ε оси полосы 2 от оси $O-O_1$ агрегата.

По мере перемещения полосы 2 в направлении, перпендикулярном ее движению, происходит поворот ролика 1 в плоскости 3 в обратную сторону, что сопровождается уменьшением величины S_r . В конечном счете, когда ε становится равным нулю, ось ролика 1 занимает исходное положение строго перпендикулярно оси агрегата $O-O_1$, и равновесие действующих на него распределенных радиальных сил со стороны натянутой полосы 2 восстанавливается.

Рассмотренные самоустанавливающиеся системы для центрирования полосы прошли успешную экспериментальную проверку на физических моделях и действующих металлургических агрегатах, что позволяет рекомендовать их к промышленному применению.

Заключение

1. Проведен анализ проблем, возникающих при центрировании полос и лент при их изготовлении и эксплуатации.
2. Выявлены недостатки, присущие системам центрирования с помощью средств автоматизации. К ним относится следующее: возможность корректировки направления движения полосы в головной части агрегата, сложность систем и дополнительные энергозатраты.
3. Предложены эффективные самоустанавливающиеся механические системы самоцентрирования полос и лент. Это конструкции, основанные на принципах самоустановки, введения в конструкцию неприводного поворотного ролика и применения универсального механизма центрирования.

Литература

1. Машины и агрегаты металлургических заводов. Т.3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката/ А.И.Целиков, П.И.Полухин, В.М.Гребеник и др. – М.: Металлургия, 1981, 576 с.
2. Варухин Ю.И. Устройство для центрирования рулона. Патент РФ № 2070452, МПК В21С47/00, Б.И. № 48, с. 36, 1996.
3. Тонконогов В.Я., Родинков С.В., Абаев А.Ш. и др. Система управления сдвоенным соосным плавающим разматывателем. Патент РФ № 2387511, МПК В21С51/00, В21С47/00, Б.И. № 12, 2010, с. 43.
4. Решетов Л.Н. Самоустанавливающиеся механизмы: Справочник.- М.: Машиностроение, 1979, 334 с.
5. Шакуров В.Н., Акимов К.Н. Устройство для центрирования рулонного материала. Патент РФ № 2095172, МПК В21С47/00, Б.И. № 44, 1997, с. 85.
6. Шакуров В.Н., Акимов К.Н. Устройство для центрирования рулонного материала. Патент РФ № 2095173, МПК В21С47/00, Б.И. № 44, 1997, с. 85.
7. Смирнов В.С., Ламухин А.М., Рослякова Н.Е. и др. Способ центрирования стальной полосы по оси агрегата. Патент РФ № 2237536, МПК В21С47/00, Б.И. № 40, с. 65.
8. Иводитов В.А., Тулупов О.Н., Трайно А.И. и др. Способ центрирования полосы по оси агрегата. Патент РФ №2423198, МПК В21С47/00, опубл. в Б.И. №19, 2011, с. 77.
9. Артемьев С.В., Трайно А.И. Способ центрирования движущейся полосы по оси агрегата. Патент РФ № 2383405, МПК В21С47/00, Б.И. № 7, 2010, с. 52.