

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 3715

(13) U

(46) 2007.08.30

(51) МПК (2006)

B 21B 1/00

(54)

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ СТЕЛМОР В СОСТАВЕ ПРОВОЛОЧНОГО СТАНА

(21) Номер заявки: u 20060820

(22) 2006.12.01

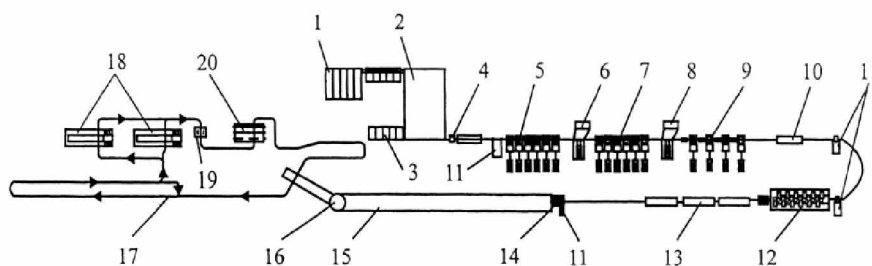
(71) Заявители: Республиканское унитарное предприятие "Белорусский металлургический завод"; Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Тимошпольский Владимир Исаакович; Андрианов Николай Викторович; Маточкин Виктор Аркадьевич; Веденеев Александр Владимирович; Анелькин Николай Иванович; Трусова Ирина Александровна; Кабишов Сергей Михайлович; Мандель Николай Львович; Хлебцевич Всеволод Алексеевич; Савань Павел Николаевич (ВУ)

(73) Патентообладатели: Республиканское унитарное предприятие "Белорусский металлургический завод"; Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(57)

Технологическая линия Стелмор в составе проволочного стана, включающего нагревательную печь, непрерывные черновые, промежуточные группы клетей и группу чистового проволочного блока клетей, линию термической высокотемпературной обработки катанки двухстадийного охлаждения на рольганге с прокатного нагрева, трайбаппараты, виткообразователь и камеру образования мотков, **отличающаяся** тем, что линия термической высокотемпературной обработки катанки снабжена средством угловой осцилляции относительно центра витков спиральной ленты катанки, выполненным в виде конусообразных роликов, зеркально смонтированных на рольганге двухстадийного охлаждения, при этом образующая поверхность каждого ролика выполнена с углом конусности в пределах угла трения 3-7° сталь по стали.



Фиг. 1

(56)

1. Горбанев А.А., Жучков С.М., Филиппов В.В., Тимошпольский В.И., Стеблов А.Б., Юнаков А.М., Тищенко В.А. Теоретические и технологические основы высокоскоростной прокатки катанки. - Минск: Высшая школа, 2003. - С. 29-31.
2. ВУ 1351У. МПК В 21С 1/00 9/00 43/00, 30.06/2000.

---

Полезная модель относится к прокатному производству, в частности к технологии прокатки заготовок и мелкосортных профилей преимущественно круглого и квадратного сечений из слитков, полученных непрерывной разливкой преимущественно легированных сталей с ограниченным ресурсом пластичности при низких температурах - инструментальных сталей и других, и может быть использована на мелкосортных прокатных станах.

В мировой практике производства катанки работают современные проволочные и мелкосортно-проволочные станы, рассчитанные на прокатку заготовок сечением 100×100...200×200 мм со скоростью до 100 м/с. Катанка производится в мотках массой 1,5...2,0 тонны.

Улучшение качества металлопродукции, повышение эффективности ее производства и потребления являются основными направлениями развития промышленности во всех странах.

Катанка является основным сырьем для метизного производства. Она используется для изготовления металлокорда, используемого для изготовления шин грузовых и легковых автомобилей, стальных канатов, применяемых в различных отраслях промышленности, крепежных изделий, проволоки различного назначения, пружин, струн и других изделий. Производимые на проволочных станах арматурные профили применяют для армирования железобетонных конструкций. Суммарный объем производства катанки, в том числе арматурной, на проволочных станах мира составляет около 50 млн. тонн в год, то есть 7...9 % от общего объема производства готового проката.

Развитие метизного производства диктует необходимость увеличения массы мотков катанки до 2,5...3,0 тонн и улучшения ее качества - получения заданных свойств катанки различного назначения и марок сталей, повышения равномерности свойств и структуры, уменьшения отклонений размеров катанки, снижения количества окалина на поверхности катанки и исключения образования поверхностных дефектов.

Известна технологическая линия производства катанки в составе проволочного стана 150 МакМК диаметром 5,5...12 из углеродистых и низколегированных сталей в мотках массой до 2 т из заготовок 150×150 мм длиной 9...10 м. Работа линии включает нагрев непрерывно-литой заготовки в нагревательной печи, непрерывную прокатку в черновых, промежуточных и чистовых группах клетей, протягивание через линию водяного охлаждения, термическую высокотемпературную обработку катанки с температуры деформации последней клетки чистового проволочного блока путем двухстадийного водяного охлаждения с последующей укладкой на рольганг витков катанки в спиральную ленту; воздушное охлаждение витков катанки на рольганге и загрузку катанки в камеру образования мотков [1].

Недостатком известной линии является прокатка по двухниточной схеме: в первой и промежуточной группах клетей прокатку производят в две нитки, далее - в одну, в связи с этим наблюдается необоснованное требование наличия значительных производственных площадей и дискретный разброс равномерности свойств и микроструктуры катанки по длине мотка.

В качестве прототипа принята технологическая линия Стелмор в составе проволочного стана, включающего нагревательную печь, непрерывные черновые, промежуточные группы клетей и группу чистового проволочного блока клетей, линию термической высо-

## BY 3715 U 2007.08.30

котемпературной обработки катанки двухстадийного охлаждения на рольганге с прокатного нагрева, трайбаппараты, виткообразователь и камеру образования мотков [2].

Работа известной линии характеризуется тем, что производство катанки организовано по одноступенчатой технологии, а термическую высокотемпературную обработку катанки осуществляют по технологии Стелмор, применяемой на большинстве современных проволочных станов, которая включает охлаждение катанки водой после выхода из чистового блока (1-я стадия) и воздухом в витках, разложенных на рольганге транспортера (2-я стадия). В зависимости от марки стали и требуемых свойств и структуры готовой катанки ее витки охлаждают на рольганге ускоренно вентиляторным воздухом или замедленно под теплоизолирующими крышками при отключенных вентиляторах и пониженной скорости роликотера.

Недостаток прототипа проявляется в следующем. Несмотря на то что на рольганге транспортера витков осуществляют воздушное охлаждение спиральной ленты углеродистой катанки при скорости охлаждения около  $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$ , что в 2 раза выше, чем при охлаждении в спокойном воздухе, на участках наложения друг на друга витков в спиральной ленте наблюдается снижение скорости охлаждения. Снижение скорости охлаждения приводит к отклонению сорбитообразной микроструктуры до скрытопластинчатого перлита, что проявляется в разбросе средней величины коэффициента вариации временного сопротивления разрыву  $\sigma_b$  по сечению в зоне перекрытия витков и ухудшает прочностные показатели, например, металлокордовой нити, а именно повышает ее склонность к излому при знакопеременных нагрузках в автомобильной шине.

В основу полезной модели поставлена задача улучшения качества металлопродукции с учетом особенностей процесса непрерывной высокоскоростной прокатки и после деформационного охлаждения, т.е. задача состоит в регламентации микроструктуры непрерывного мотка углеродистой катанки по длине и снижении обрывности при производстве из катанки метиза, например металлокордовой нити.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в технологической линии Стелмор в составе проволочного стана, включающего нагревательную печь, непрерывные черновые, промежуточные группы клетей и группу чистового проволочного блока клетей, линию термической высокотемпературной обработки катанки двухстадийного охлаждения на рольганге с прокатного нагрева, трайбаппараты, виткообразователь и камеру образования мотков, согласно полезной модели, линия термической высокотемпературной обработки катанки снабжена средством угловой осцилляции относительно центра витков спиральной ленты катанки, выполненным в виде конусообразных роликов, зеркально смонтированных на рольганге двухстадийного охлаждения, при этом образующая поверхность каждого ролика выполнена с углом конусности в пределах угла трения  $3-7^{\circ}$  сталь по стали.

Технический результат, достигаемый при использовании объекта, состоит в повышении качества получаемого из катанки метиза за счет исключения трещинообразования на поверхности метиза.

Сравнение с известным уровнем техники и прототипом показывает, что заявляемый объект для производства катанки отличается тем, что линия термической высокотемпературной обработки катанки снабжена средством угловой осцилляции относительно центра витков спиральной ленты катанки, выполненным в виде конусообразных роликов, зеркально смонтированных на рольганге двухстадийного охлаждения, при этом образующая поверхность каждого ролика выполнена с углом конусности в пределах угла трения  $3-7^{\circ}$  сталь по стали, следовательно, заявленный объект соответствует критериям изобретения "неочевидность и новизна".

Заявленный объект поясняется чертежом, где

фиг. 1 - схематично изображен общий вид технологической линии Стелмор в составе проволочного стана;

# BY 3715 U 2007.08.30

фиг. 2 - вид линии типа Стелмор обработки катанки с температуры деформации чистового проволочного блока;

фиг. 3 - схема способа осцилляции и перемещения витков спиральной ленты катанки на рольганге транспортера линии Стелмор.

На фиг. 1 представлен общий вид технологической линии типа Стелмор в составе проволочного стана, на котором последовательно даны в кинематической связи узлы и агрегаты линии: загрузочная решетка 1; нагревательная печь 2; разгрузочный рольганг 3 (аварийный); установка 4 удаления окалины; черновая группа 5 клетей; ротационные ножницы 6; первая промежуточная группа 7 клетей; ротационные ножницы 8; вторая промежуточная группа 9 клетей; секция водяного охлаждения 10 подката, трайбаппараты 11 перед чистовым проволочным блоком 12 и далее; участок 13 водяного охлаждения катанки; технологическая линия Стелмор, содержащая виткообразователь 14; рольганг 15 для воздушного охлаждения витков катанки; камера образования мотков 16 - витко-сборник; крюковой конвейер 17; устройство 18 для прессования и обвязки мотков; весы 19; станция разгрузки 20 мотков.

По фиг. 2 линия Стелмор термической высокотемпературной (ВТМО) обработки катанки с температуры деформации чистового проволочного блока включает последнюю клеть чистового проволочного блока 12; участок 13 водяного охлаждения; трайбаппарат 21; виткообразователь 14; первую группу из двух вентиляторов 22 производительностью по 96 тыс.м<sup>3</sup>/ч; вторую группу из восьми вентиляторов 23 производительностью по 154 тыс.м<sup>3</sup>/ч; роликовый транспортер 24, третью группу вентиляторов 25 производительностью по 65 тыс.м<sup>3</sup>/ч; теплоизолирующие крышки 26 и виткосборник 16.

Соотношение суммарной производительности вентиляторов 22, 23, 25 между группами соответственно (190...195)/(1230...1235)/125...135) тыс.м<sup>3</sup>/ч выявлено экспериментально.

Линия Стелмор термической высокотемпературной обработки катанки снабжена средством угловой осцилляции относительно центра витков катанки 27 спиральной ленты 28 катанки 27, выполненным в виде конусообразных роликов 29, последовательно зеркально смонтированных на рольганге 15 двухстадийного охлаждения, при этом образующая поверхность каждого ролика 29 выполнена с углом конусности в пределах угла трения 3-7° сталь ролика 29 по стали катанки 27.

На консольных участках роликов 29 рольганга 15 размещены направляющие реборды 30, 31.

Рабочая бочка несущих роликов 29 выполнена конусообразной с направлением конусности в сторону реборд 30, 31. Коническая поверхность рабочей бочки 32 несущих роликов 29 образована путем превышения величины радиуса R большего основания конусообразного ролика 29 по отношению к радиусу r меньшего основания конусообразного ролика 29.

В линии каждая секция участка 13 водяного охлаждения катанки оборудована охлаждающими, отсекающими водяными форсунками и воздушными форсунками для фиксации измельченной в процессе деформации структуры аустенита.

Реализация применения технологической линии иллюстрируется на примере работы стана 150 РУП "БМЗ" по следующей технологии.

Нагретые до температуры прокатки заготовки выдают в линию стана из печи 2. С помощью устройства 4 гидросбива с поверхности заготовок удаляют окалину.

В процессе производства катанки на технологической линии сортопроволочного стана, включающего нагрев заготовки, раскат в непрерывных черновых, промежуточных группах клетей и группах клетей чистового проволочного блока 12, термическую высокотемпературную обработку катанки по фиг. 2, 3 с температуры деформации последней клетки чистового проволочного блока 12 осуществляют путем двухстадийного охлаждения с последующей укладкой на рольганг 15 витков 27 катанки в спиральную ленту 28 посред-

# BY 3715 U 2007.08.30

ством виткообразователя 14 по фиг. 2, воздушного охлаждения витков катанки 27 на рольганге 15 и загрузки катанки 27 в камеру 16 образования мотков.

Виткообразователь 14 укладывает ленту 28 на рольганг 15 так, чтобы диаметральные участки витков 27 катанки опирались на конические поверхности рабочих бочек несущих роликов 29.

Процесс перемещения спиральной ленты 28 катанки 27 по рольгангу 15 происходит за счет сил трения при вращении от привода несущих роликов 29 с катанкой 27. Вследствие конусообразной геометрии несущих роликов 29 линейные скорости опорных диаметрально противоположных участков витков 27, контактируемых с роликами 29, будут различны по величине на радиусах  $R$  большего основания конусообразного ролика 29 по отношению к радиусу  $r$  меньшего основания конусообразного ролика 29.

Кинематика схемы осцилляции витка катанки 27 происходит по следующей схеме перемещения. Диаметральный участок витка катанки 27, опирающийся на радиус  $R$  большего основания предыдущего конусообразного ролика 29, получает угловое осциллирующее перемещение, например, по часовой стрелке, по ходу перемещения ленты 28 катанки 27 по рольгангу 15 вследствие воздействия на него большей величины линейной скорости по отношению к радиусу  $r$  меньшего его основания. Этот же виток контактирует противоположным диаметральным своим участком с последующим зеркально расположенным роликом 29 также по радиусу  $R$  большего основания последующего конусообразного ролика 29, но при этом получает угловое осциллирующее перемещение, против часовой стрелки, по ходу перемещения ленты 28 катанки 27 по рольгангу 15.

Таким образом, зеркально-последовательное расположение конических роликов 29 вызывает наличие разных по величине линейных скоростей, воздействующих на диаметрально противоположные витки 27, и приводит к возникновению момента сил  $M$  угловой осцилляции витков катанки 27, вследствие чего исключается наличие зон перекрытия витков катанки 27 друг относительно друга.

Оптимально значение угла конусности роликов в пределах угла трения  $3-7^\circ$  сталь ролика по стали ленты 28 обеспечивает постоянство амплитуды осцилляции витков катанки 28, следовательно, заявленный объект соответствует критериям изобретения "неочевидность и новизна".

При воздушном охлаждении витков 27 катанки на рольганге 15 каждый виток катанки 27 осциллирует относительно своего центра вращения дискретно с шагом  $T$ , равным шагу  $T$  рольганга 15.

Упомянутые выше режимы осцилляции витка катанки 27 могут быть использованы как одновременно, так и в любом их сочетании в зависимости от марочника кордовой стали, режимов прокатки и заданного типоразмера, например, кордовой проволоки.

После контроля и зачистки дефектов заготовки сечением  $125 \times 125$  мм и длиной 12 м, массой до 1,5 т подают в нагревательную печь 2 стана 150.

Нагревательная печь 2 с шагающим подом имеет пять зон регулирования теплового режима, температура подогрева воздуха - до  $530^\circ\text{C}$ .

Прокатку осуществляют в черновой, первой и второй промежуточных, соответственно, группах 5, 7, 9 клетей и чистовом проволочном блоке 12 клетей. После каждой группы 5, 7 клетей установлены ротационные ножницы 6, 8 для удаления концов раскатов, а в случае необходимости - аварийной порезки раскатов на мерные длины.

Стан 150 БМЗ - однопиточный.

Перед прокаткой в чистовом проволочном блоке 12 раскат охлаждают до температуры  $950^\circ\text{C}$  в секциях 10 водяного охлаждения. Транспортировку раската к блоку 12 и разворот его на  $180^\circ$  осуществляют с помощью двух трайбаппаратов 11.

Чистовой проволочный блок 12 состоит из десяти клетей.

После прокатки в чистовом блоке 12 катанку охлаждают в линии высокотемпературной обработки двухстадийного охлаждения с прокатного нагрева в блоке 12.

## BY 3715 U 2007.08.30

После участка 13 водяного охлаждения (первая стадия) с помощью виткообразователя 14 катанку 27 в виде плоской спирали 28 укладывают на роликовый транспортер 24 рольганга 15, на котором происходит формирование ее структуры и свойств. Перед виткообразователем 14 установлен трайбаппарат 11.

В зависимости от марки стали и требуемых свойств и структуры готовой катанки ее витки охлаждают ускоренно воздухом вентиляторов 22, 23, 25 или замедленно под теплоизолирующими крышками 26 при отключенных вентиляторах 22, 23, 25 и пониженной скорости роликового транспортера 24, максимально соблюдая условия термостатирования катанки.

Все технологические параметры участка охлаждения (температура, расход и давление воды и воздуха, скорость транспортера 24 рольганга 15, положение крышек 26, могут регулироваться вручную оператором в дистанционном режиме. Ниже приведены результаты исследований свойств и структуры катанки диаметром 5,5 мм из стали 80, используемой для производства металлокорда и канатной проволоки.

Катанку прокатывали со скоростью 80 м/с. Температура металла на виткоукладчике 14 была равна 860 °С. Катанка охлаждалась ускоренно при открытых крышках при подаче воздуха 80 % от максимальной производительности вентиляторов, скорость транспортера составляла 0,9...1,1 м/с. От опытных плавок отбирали мотки, прокатанные в начале, середине и конце плавок. На опытных мотках исследовали свойства и структуру металла по длине витков, мотков и в партии металла.

Исследования показали, что в результате перераспределения воздуха по ширине транспортера была обеспечена однородная микроструктура по длине витков. Она состояла из перлитных зерен 8-9-го номера по ASTM. При оценке методом оптической металлографии видимая микроструктура состояла на 90...95 % из сорбитообразного перлита (1 балл по ГОСТ 8233), остальное в основном скрытопластинчатый перлит. Количество свободного феррита в виде отдельных участков разорванной сетки, расположенных на границах перлитных зерен, не превышало 1 %. Различия в микроструктуре образцов, отобранных в различных участках по ширине роликового транспортера, не обнаружено. При количественном анализе методом стереометрической металлографии истинная дисперсность перлита была разложена на ряд кривых в интервале межпластиночного расстояния 0,08...0,2 мкм, при этом 95 % не выходило за верхний предел 0,15 мкм. Преобладающими являлись кривые в интервале 0,077...0,1 мкм, то есть микроструктура близка к структуре катанки, патентованной в свинце или селитре, но имеет больший разброс истинного межпластиночного расстояния.

В результате реконструкции участка охлаждения повышена стабильность механических свойств по длине мотков и в плавке. Коэффициент вариации временного сопротивления разрыву  $\sigma_b$  уменьшен в три раза, относительного сужения  $\psi$  - в 1,4...1,6 раза по сравнению с результатами, достигнутыми на старой линии охлаждения. Вероятность получения катанки в соответствии с требованиями стандартов по  $\sigma_b$  повышена до 0,996...1,0 и  $\psi$  и  $\delta$  - до 1,0.

Особенности формирования структуры и свойств катанки при охлаждении на существующих линиях Стелмор.

В зависимости от марки стали и требуемых свойств и структуры готовой катанки ее витки охлаждают ускоренно вентиляторным воздухом или замедленно под теплоизолирующими крышками при отключенных вентиляторах и пониженной скорости роликового транспортера.

При производстве высокоуглеродистой катанки типа канатной необходимо получить высокие прочностные и пластические свойства, поэтому применяют интенсивную продувку воздухом при скорости роликового транспортера 0,5...1,0 м/с. При этом дисперсность пластинчатого перлита повышается, толщина пластинок цементита уменьшается, что повышает устойчивость структуры к растрескиванию при волочении. Интенсивное

## ВУ 3715 U 2007.08.30

охлаждение высокоуглеродистой катанки воздушным потоком уменьшает количество доэвтектоидного феррита, выпадающего на границах зерен в процессе превращения, что снижает возможность образования при волочении микротрещин, образующихся вследствие различной способности к удлинению фаз перлита и феррита. В результате получается мелкодисперсная структура с величиной зерна номеров 7...10 по ГОСТ 5639, а количество сорбитообразного перлита (1-й балл по ГОСТ 8233) в поперечном сечении катанки превышает 50 %. Количество окалина уменьшается до 2...5 кг/т, она состоит преимущественно из вюстита (FeO), что снижает затраты при травлении катанки. Средняя величина обезуглероженного слоя в сечении не превышает 2,0 %.

При охлаждении катанки из низкоуглеродистых и ряда низколегированных сталей необходимо получить пониженную прочность и высокие пластические свойства. Для этого применяют замедленное охлаждение при закрытых теплоизолирующих крышках и пониженной до 0,05...0,1 м/с скорости транспортера.

Вследствие такого охлаждения увеличивается размер ферритных зерен, а избыточный углерод выделяется в виде стабильной фазы, что уменьшает деформационное упрочнение при волочении катанки.

Для охлаждения катанки из низкоуглеродистых и некоторых низколегированных сталей применяют замедленное охлаждение со скоростью ~1 °C/с, для охлаждения катанки из высокоуглеродистых сталей, используемой для изготовления канатной проволоки, высокопрочной арматуры и других изделий, применяют ускоренное охлаждение со скоростью до 15 °C/с.

Развитие метизного производства и повышение требований к качеству катанки потребовали дальнейшего развития процесса Стелмор. Как показал опыт эксплуатации этих линий на БМЗ и других заводах, существующий диапазон скоростей охлаждения 1...15 °C/с является недостаточным для получения требуемых потребителями прочностных и пластических свойств при производстве катанки из высокоуглеродистых и ряда легированных сталей. Для уменьшения разброса свойств и структуры по длине витков, мотков и в партии металла каждому витку катанки 27 придают угловое осциллирующее перемещение вокруг геометрического центра витка катанки 27.

Увеличение скорости охлаждения на известной линии возможно только за счет увеличения скорости воздушного потока, подаваемого на витки катанки, а для снижения разброса свойств и структуры по изобретению каждому витку катанки 27 придают угловое вращение вокруг геометрического центра витка катанки 27 таким образом, чтобы количество подаваемого воздуха соответствовало плотности расположения витков по ширине роликового транспортера.

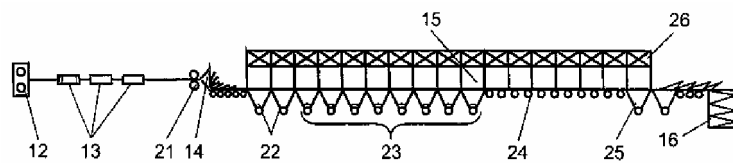
После 1-й стадии охлаждения температура катанки на виткообразователе составляет 750...950 °C (в зависимости от марки стали). Такой режим охлаждения в значительной мере предотвращает рост измельченного в процессе деформации аустенитного зерна и делает сталь более чувствительной к регулируемому охлаждению при фазовых превращениях, происходящих на 2-й стадии охлаждения. Ступенчатое водяное охлаждение, исключая резкое охлаждение и большой перепад температур между серединой и поверхностью, предотвращает образование в поверхностном слое участков подкалки (сорбит отпуска) и общей неравномерности структуры в поперечном сечении катанки.

За счет разработанных режимов прокатки и требований к точности подката в настоящее время точность катанки составляет  $\pm 0,15$  мм с овальностью не более 0,2 мм при вероятности 1,0, что соответствует точности, достигнутой на лучших зарубежных станах. Разработаны рациональные режимы охлаждения, внедрение которых позволило повысить прочностные и пластические свойства высокоуглеродистой катанки, в 3 раза снизить разброс временного сопротивления разрыву и в 1,4...1,6 раза - разброс относительного сужения по длине мотков и в плавках. Снижено (практически в 2 раза) число обрывов при холодном волочении катанки.

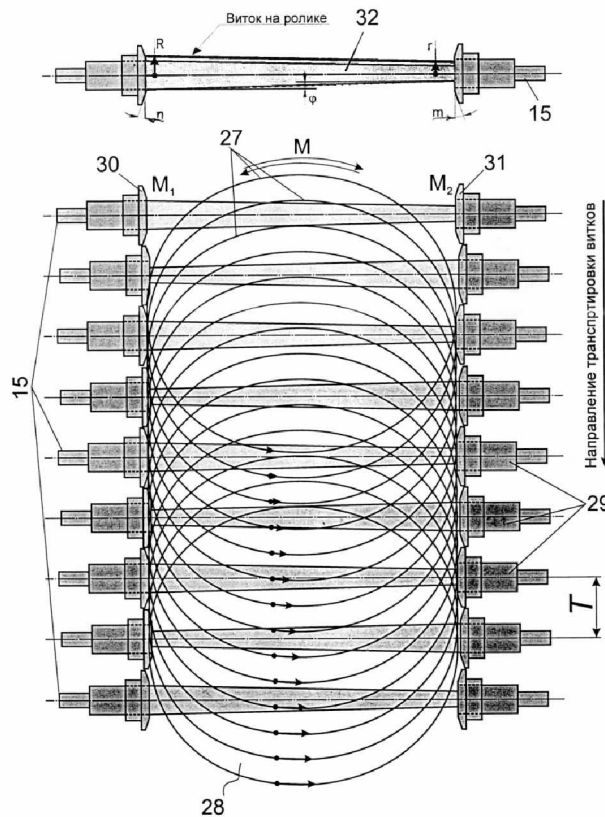
# BY 3715 U 2007.08.30

В результате повышения точности прокатки, улучшения прочностных и пластических свойств и повышения их стабильности улучшено качество проволоки для производства металлокорда и канатов. Повышена деформируемость катанки при холодном волочении, а при производстве высокопрочной арматурной проволоки в сталепроволочном переделе завода сокращена операция патентирования, за счет чего снизились удельный расход металла на 7 кг/т и количество некондиционного проката.

Республиканское унитарное предприятие "Белорусский металлургический завод" (РУП "БМЗ") занимает одно из ведущих мест в обеспечении высококачественной металлопродукцией стран ближнего и дальнего зарубежья. Одним из основных видов продукции завода является металлокорд, получаемый на проволочном стане 150 из высокоуглеродистой катанки. Это наиболее конкурентоспособный вид продукции стана, отправляемый на экспорт.



Фиг. 2



Фиг. 3