

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 1102

(13) U

(51)<sup>7</sup> В 21С 1/00, 9/00,  
43/00, В 21В 1/18

(54)

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОРТОВОГО ПРОКАТА И ПРОВОЛОКИ

(21) Номер заявки: u 20030196

(22) 2003.04.29

(46) 2003.12.30

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

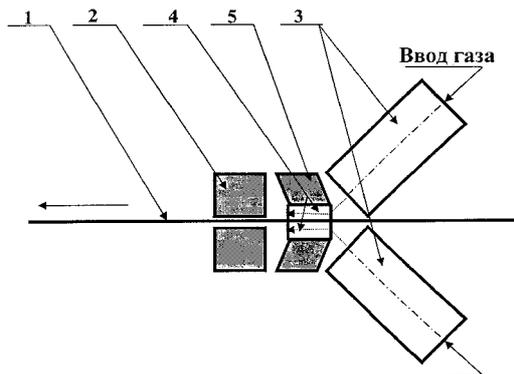
(72) Авторы: Андрианов Николай Викторович; Тимошпольский Владимир Исаакович; Столярский Виктор Иванович; Маточкин Виктор Аркадьевич; Эндерс Владимир Владимирович; Савенок Анатолий Николаевич; Стеблов Анвер Борисович; Исаков Сергей Александрович; Мандель Николай Львович; Хлебцевич Всеволод Алексеевич; Батраков Константин Германович; Белоус Николай Анатольевич (ВУ)

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

(57)

1. Устройство для изготовления сортового проката и проволоки, содержащее средство для воздействия на заготовку плазмой, средство деформации металлической заготовки и рабочее тело, **отличающееся** тем, что средство воздействия плазмой на заготовку выполнено в виде, по меньшей мере, трех плазменно-дуговых нагревателей высокого давления с аксиальным потоком, рабочий канал которого выполнен с возможностью охватывания заготовки без электрического контакта рабочего канала дуги с последней, в качестве рабочего тела которого использован ионизированный плазменный газ.

2. Устройство по п. 1, **отличающееся** тем, что оно снабжено средством газодинамической фокусировки плазмы, выполненным в виде формирователя плазмы, расположенным на выходном срезе средства воздействия плазмой на заготовку.



Фиг. 1

## ВУ 1102 U

3. Устройство по любому из пп. 1-2, **отличающееся** тем, что ионизированный плазменный газ использован с температурой 2500-10 000 °С.

4. Устройство по любому из пп. 1-3, **отличающееся** тем, что в качестве ионизированного плазменного газа использован аргон с отношением полной энергии к энтальпии не более 1,0...16,0 на один атом аргона.

(56)

1. Лещинский Л.К., Самогугин С.С., Пирч И.И. и др. Плазменное поверхностное упрочнение. - Киев: Техника, 1990. - С. 109.

2. Донской А.В., Клубников В.С. Электроплазменные процессы и установки в машиностроении. М-Л.: Машиностроение, 1979. - С. 143.

3. Терехов В.П. Очистка поверхности проволоки дуговым разрядом. - Бюл. ин-та Черметинформация, 1976. - і 7 (771). - С. 49-50.

4. Григорьянц А.Г. и др. Методы поверхностной лазерной обработки. - М.: Высшая школа, 1987. - С. 29-31.

5. Максаков А.И., Шульгин Г.М., Кукуй Д.П., Шеремет В.А., Шумриков В.В., Алымов Б.Д., Холявченко Л.Т. Плазменно-дуговое удаление окалины с поверхности катанки // Металл и литье Украины. - 2000. - № 5-6. - С. 35-38.

6. Райзер Ю.П. Физика газового разряда : Гл. Ред. ФМЛ, 1987. - С. 131.

---

Полезная модель относится к металлургии, к технологии производства катанки прокаткой и волочения проволоки, и может быть использовано в технологических схемах мелкосортных станов на непрерывных мелкосортных, мелкосортно-проволочных и проволочных станах.

В последнее время все более широкое распространение получают технологические процессы и методы обработки поверхности проката и метизов с использованием для нагрева технического лазера и применения низкотемпературной плазмы. Плазменные технологии успешно используются для очистки поверхности материалов, создания тонкопленочных структур и покрытий, а также целенаправленной модификации поверхностных и объемных физико-химических и механических свойств твердых тел [1-3].

Известно устройство для изготовления сортового проката-метиза, содержащее средство деформации металлической заготовки, средство для воздействия на заготовку технологическим лазером [4].

Известные устройства [1-4] с использованием технологического лазера не обеспечивают равномерного азимутального нагрева цилиндрической поверхности заготовки, для создания такого нагрева необходимо создание сложной оптической системы, которая подвержена воздействию среды, создаваемой в зоне обработки (газы, брызги технологических жидкостей и т.п.), кроме того низкий к.п.д. преобразования энергии в лазере (порядка 3 %) и связанные с этим повышенные затраты энергии на реализацию процесса.

В связи с изложенным известное устройство не всегда можно достичь требуемого качества изделия прокатки-волочения с одновременным увеличением обжата за проход и требуемой степени очистки поверхности заготовки от технологических микро и макро дефектов.

К одним из новых, технологических процессов устройств в прокатном и метизном производстве следует отнести технологии с применением низкотемпературной плазмы как высококонцентрированного энергетического источника воздействия на поверхность движущейся катанки и проволоки.

Ближайшим техническим решением, принятым в качестве прототипа, является устройство для изготовления сортового проката и проволоки, содержащее средство деформации металлической заготовки, средство для воздействия на заготовку плазмой и рабочее тело [5].

# ВУ 1102 U

Проволока и катанка являются перспективными объектами использования низкотемпературной плазмы, которая может быть применена не только для нагрева, но и для ряда других операций в сложном технологическом процессе производства сортамента.

Недостаток известной технологии и устройств проявляется в применении электродугового источника разрядной плазмы с непосредственным электрическим контактом с заготовкой. При этом неравномерность воздействия на заготовку путем ее нагрева будет определяться процессами привязки катодного пятна дуги на поверхности проволоки. Положение пятна определяется локальными свойствами поверхности проволоки в месте привязки. В этом случае неоднородные электрические свойства поверхности заготовки в виде катанки или проволоки, например, наличие окалины, локальных концентраторов поля в виде острых заусенцев, загрязненных закатов, задиров, остатков смазки и окалины на поверхности заготовки являются причиной случайных движений пятна по поверхности проволоки, соответствующих энергетически выгодным (для дугового разряда) режимам горения, что приведет к неравномерному нагреву как по азимуту, так и по длине заготовки.

Кроме того, необходимо иметь ввиду низкий к.п.д. преобразования энергии в известных объектах и связанные с этим повышенные затраты энергии на реализацию процесса.

Известным устройством нельзя достичь требуемого качества изделия при прокатке и волочении с одновременным увеличением обжатия за проход.

В основу полезной модели положена задача повышения качества поверхности изделия прокатки или волочения путем повышения к.п.д. преобразования энергии и увеличения обжатия за проход, путем создания на поверхности заготовки тонкого слоя с повышенной пластичностью за счет температурного градиента по поперечному сечению заготовки, повышение суммарной вытяжки заготовки за счет промежуточной плазменной обработки, улучшающей шероховатость заготовки с последующим дополнительным захватом смазки, очистка катанки и передельной заготовки от окалины или ее восстановление.

Поставленная цель достигается тем, что в устройстве для изготовления сортового проката и проволоки, содержащем средство для воздействия на заготовку плазмой, средство деформации металлической заготовки и рабочее тело, согласно полезной модели, средство воздействия плазмой на заготовку выполнено в виде, по меньшей мере, трех плазменно-дуговых нагревателей высокого давления с аксиальным потоком, канал которого выполнен с возможностью охватывания заготовки без электрического контакта канала дуги с последней, в качестве рабочего тела которого использован ионизированный плазменный газ.

Устройство снабжено средством газодинамической фокусировки плазмы, выполненным в виде формирователя плазмы, расположенным на выходном срезе средства воздействия плазмой на заготовку перед очагом деформации или на выходе из очага деформации заготовки.

В устройстве ионизированный плазменный газ использован с температурой 2500-10000 °С.

В устройстве в качестве ионизированного плазменного газа использован аргон с отношением полной энергии к энтальпии не более 1,0...16,0 на один атом аргона.

Устройство поясняется чертежом, где

фиг. 1 - технологическая схема устройства для изготовления сортового проката или проволоки;

фиг. 2 - технологическая схема устройства для изготовления сортового проката.

Устройство для изготовления проволоки по фиг. 1 или сортового проката по фиг. 2 содержит средство для воздействия на заготовку 1 плазмой, средство деформации металлической заготовки и рабочее тело, в качестве которого использован ионизированный плазменный газ. Средство деформации металлической заготовки 1 по фиг. 1 выполнено в виде волоки 2. Средство воздействия плазмой на заготовку 1 выполнено в виде, по меньшей мере, трех плазменно-дуговых нагревателей 3 высокого давления с аксиальным потоком, канал 4 которого выполнен с возможностью охватывания заготовки 1 без электрического

# ВУ 1102 U

контакта канала дуги с последней. Плазменно-дуговые нагреватели 3 высокого давления расположены под углом  $120^\circ$  друг относительно друга, третий нагреватель на чертеже условно не показан.

Устройство снабжено средством газодинамической фокусировки плазмы, выполненным в виде формирователя 5 плазмы, и может быть расположенным на выходном срезе средства воздействия плазмой на заготовку 1 перед- за очагом деформации средства деформации-волокни 2 по фиг. 1 или прокатной клетки 6 по фиг. 2.

Используют устройство идентично как для изготовления проволоки по фиг. 1, так и для изготовления сортового проката по фиг. 2, путем пропускания заготовки 1 через рабочий канал 4 трех плазменно-дуговых нагревателей 3 высокого давления с аксиальным потоком, средство газодинамической фокусировки рабочего тела, в качестве которого использован ионизированный плазменный газ для оптимального воздействия на заготовку 1 в виде формирователя 5 плазмы. Далее заготовка 1 поступает в очаг деформации волокни 2 или прокатной клетки 6.

Ионизированный плазменный газ использован с температурой  $2500-10000^\circ\text{C}$ . В качестве ионизированного плазменного газа может быть использован гелий или, в зависимости от технологии, используются смеси на основе инертных газов. В заявленном объекте использован один из экономически и технически выгодных газов аргон, с отношением полной энергии к энтальпии не более  $1,0...16,0$  на один атом аргона. Выбранное соотношение подобрано опытно-расчетным путем, как оптимальное.

Для достижения цели, поставленной в заявленном объекте, требуется обеспечить температуру нагрева проволочной заготовки или катанки на входе-выходе в очаг - из очага деформации фильеры, соответственно, на входе-выходе в валковый калибр прокатной клетки, при которой:

обеспечивается азимутальная однородность распределения температуры;

обеспечивается радиальное распределение температуры в заготовке (путем теплообмена между поверхностью заготовки и потоком плазмы, а также энерговыделения на поверхности заготовки, связанного с поверхностной рекомбинацией плазмы).

Рекомбинация - процесс образования нейтрального атома при соединении иона с электроном. Каждый акт рекомбинации сопровождается выделением энергии ионизации [6], при котором поверхностный слой порядка  $1-500$  микрон, в зависимости от деформируемого диаметра, находится в пластичном состоянии, а центральная часть сечения имеет температуру, при которой сохраняются прочностные свойства проволоки, необходимые для обеспечения протяжки.

Использование плазменных технологий в процессе волочения для промежуточной плазменной обработки позволяет дополнительно увеличить шероховатость и увеличить количество дополнительной смазки. Отсутствие смазочного слоя на проволоке приводит к ее порыву, износу волочильного инструмента вне зависимости от того, что проволока имеет достаточную пластичность. В стандартных технологических процессах увеличить смазочный слой на нагартованной проволоке без предварительной термообработки невозможно, так как такой металл склонен к науглероживанию.

Рассмотрим альтернативные - известные источники нагрева, лазерный и катодный электродуговой с использованием заготовки в качестве катода.

Известные источники нагрева - технологические лазеры не обеспечивают равномерного азимутального нагрева цилиндрической поверхности заготовки, для создания такого нагрева необходимо создание сложной оптической системы, к тому же подверженной воздействию среды, создаваемой в зоне обработки (газы, брызги технологических жидкостей и т.п.). Кроме того, необходимо иметь ввиду низкий к.п. д. преобразования энергии в лазере (порядка 3 %) и связанные с этим повышенные затраты энергии на реализацию процесса.

Для электродугового источника, на основе катодной плазмы, неравномерность нагрева будет определяться процессами привязки катодного пятна дуги на поверхности заготовки. Положение пятна будет определяться локальными свойствами поверхности заготовки в

# ВУ 1102 U

месте привязки. В этом случае неоднородные электрические свойства поверхности проволоки (например наличие окалины, локальных концентратов поля в виде заусенцев на поверхности заготовки и т.п.) являются причиной случайных движений пятна по поверхности заготовки, соответствующих энергетически выгодным (для дугового разряда) режимам горения, что приведет к неравномерному нагреву как по азимуту, так и по длине проволоки.

Известно, что плазменная обработка готовой проволоки позволяет снять оставшуюся технологическую смазку после волочения. Такая обработка благоприятна для сварочных проволок или проволоки, предназначенной для дальнейшего нанесения покрытий.

Устранение поверхностных дефектов, перед меднением с последующим волочением или после волочения на проволочной заготовке сварочной проволоки Св-08ГС ( $d = 0,8; 1,0; 1,2; 1,6$ ) и Св-08ГС ( $d = 3,0; 4,0; 5,0$ ) или при прокатке катанки  $d = 5,5$  из стали 80К со скоростью 80 м/с возможно обеспечить на финишном участке техпроцесса путем равномерного поверхностного оплавления на глубину, соответствующую типичному поперечному размеру дефекта (5...10 мкм). При этом процесс теплообмена организуют таким образом, чтобы при температуре плавления материала на поверхности проволоки в зоне обработки, начиная с глубины оплавления, равной 2...3 поперечным размерам макро- или микродефекта, сохранялась температура заготовки, при которой сохраняются ее прочностные характеристики во избежание ее разрыва и неконтролируемого уменьшения диаметра при прокатке или волочении.

Это приводит к необходимости организации нестационарного процесса теплообмена обрабатываемой поверхности с внешним источником при плотностях теплового потока недостижимых для традиционных источников тепла. Для создания таких плотностей потока на поверхности заготовки в заявленном объекте используют в качестве источника тепла газовую плазму относительно высокого давления (~ атмосферного), имеющую достаточно высокую степень ионизации.

Особенность организации теплообмена при этом заключается в следующем: основное теплосодержание плазмы определяется энергией ее ионизации. Для аргоновой плазмы с температурой ~ 2500...10000 градусов (типичные параметры плазматрона атмосферного давления) отношение полной энергии к энтальпии составляет не менее 16 на один атом аргона. При взаимодействии плазмы с поверхностью заготовки энергия ионизации высвобождается в процессах поверхностной рекомбинации, что обеспечивает высокие плотности теплового потока.

Для поверхностной обработки газовой плазмой проволоки или катанки в процессе их волочения со скоростями ~ 10...20 м/с, соответственно, прокатки 50-120м/с в заявленном устройстве нагреватель выполнен газоплазменно-дуговой атмосферного давления с использованием в качестве рабочего тела аргона. Тепловое воздействие производят в камере плазменно-дугового нагревателя, обеспечивающей газодинамическую фокусировку и сжатие факелов плазмы от нескольких плазматронов за зоной дугового разряда каждого плазматрона. В процессе отработки технологии использовали варианты:

воздействие газовой плазмой с одновременной очисткой заготовки от окалины, поверхностных дефектов и загрязнений перед первым переходом волочения или прокатки с предварительным меднением или без меднения;

воздействие газовой плазмой с одновременной очисткой заготовки от окалины, поверхностных дефектов и загрязнений после чистового калибра волочения или прокатки;

воздействие газовой плазмой на заготовку между переходами для снятия нагартовки и обеспечения протяжки заготовки с повышенной пластичностью поверхностного слоя.

## **Пример.**

Сравнение энергетической эффективности известной технологии на основе плазменного электродугового - катодного нагрева с использованием проволочной заготовки или катанки в качестве катода и заявленного устройства основано на анализе энергобаланса дуг для обоих случаев.

# ВУ 1102 U

Полный энерговклад в дуговой источник тепла равен  $W = IU$ , где  $I$  - ток дуги,  $U$  - полное падение напряжения на дуге, равное  $U = U_{cm} + \Delta U_k + \Delta U_a$ ;  $U_{cm}$  - падение на столбе дуги,  $\Delta U_k$  - катодное падение напряжения,  $\Delta U_a$  - падение на аноде.

При известном катодно-дуговом источнике нагрева тепловой поток на заготовку будет равен (приближенно)  $I\Delta U_k$ , для типичных дуг атмосферного давления прикатодное падение составляет  $\sim 10$  В, т.е. используется не более 10-20 % мощности дуги [6 с. 423].

В заявленном устройстве в газовом плазматроне используют поток плазмы, энерго-содержание которой определяется падением на столбе дуги, для типичной дуги составляющее 100...200 В, что позволяет использовать до 75-90 % мощности дуги.

Таким образом, для одного и того же значения напряжения на дуге предлагаемый источник нагрева энергетически более выгоден, по крайней мере, в несколько раз больше по сравнению с известным дуговым.

Одним из основных технологических процессов в метизном производстве является удаление окалины с поверхности горячекатаного металла и подготовка его для дальнейшей холодной деформации.

Проводили изготовление сварочной проволоки Св-08ГС ( $d = 0,8; 1,0; 1,2; 1,6$ ) и Св-08ГС ( $d = 3,0; 4,0; 5,0$ ) перед меднением или после волочения путем ее волочения с  $d = 5,5$  до  $0,8$  мм в 13 - 15 переходов. После волочения по ТУ проволока подвергалась меднению в одном из вариантов. В другом варианте меднению проволока подвергалась перед волочением. Степень обжатия в среднем составляла не более 20 % за проход. С использованием заявленной технологии для улучшения качества проволоки она подвергалась меднению: перед волочением; после волочения.

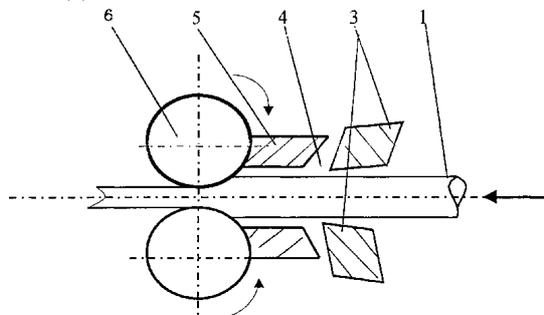
Катанка диаметром 5,5 мм из стали 80к воздействию газовой плазмы подвергалась при скоростях прокатки 60-80 м/с.

Степень очистки катанки от окалины достигает 96,5-99 %. Степень очистки проволоки и катанки от остатков смазки достигает 99-100 %.

Обработка катанки диаметром 6,5 мм по известной технологии осуществлялась при скорости перемотки катанки  $V = 2,1$  м/с. Степень очистки катанки от окалины при данном способе обработки достигает 93-96 %.

Сравнительные испытания заявленного и известного объектов позволяют сделать вывод о преимуществах заявленного объекта в отношении повышения качества поверхности изделия прокатки или волочения путем повышения к.п.д. преобразования энергии и увеличения обжатия за проход, путем создания на поверхности заготовки тонкого слоя с повышенной пластичностью за счет температурного градиента по поперечному сечению заготовки, повышения суммарной вытяжки заготовки за счет промежуточной плазменной обработки, улучшающей шероховатость заготовки с последующим дополнительным захватом смазки, очистка катанки и передельной заготовки от окалины.

Промышленное освоение заявленного объекта планируется в условиях работы стана 320/150 Белорусского метзавода.



Фиг. 2