

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 7478

(13) С1

(46) 2005.12.30

(51)⁷ В 21С 1/00, 9/00,
В 21В 1/00

(54)

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОРТОВОГО ПРОКАТА ИЛИ ПРОВОЛОКИ

(21) Номер заявки: а 20030390

(22) 2003.04.29

(43) 2004.12.30

(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)

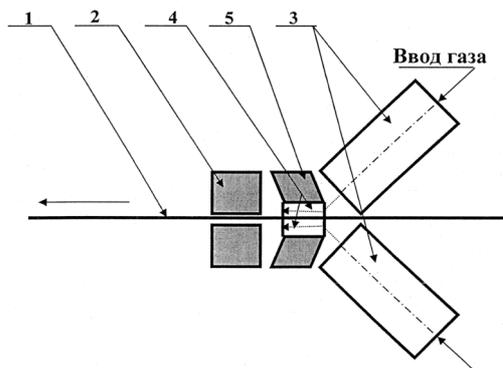
(73) Патентообладатели: Республиканское унитарное предприятие "Белорусский металлургический завод"; Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) RU 2098206 С1, 1997.

RU 2074905 С1, 1997.

(57)

1. Способ изготовления сортового проката или проволоки, включающий воздействие плазменным газом на металлическую заготовку и ее деформацию, отличающийся тем, что воздействие осуществляют плазменным газом с давлением, близким к атмосферному, без контакта канала электрической дуги с заготовкой, с возможностью рекомбинации плазменного газа на поверхности заготовки.



Фиг. 1

BY 7478 C1 2005.12.30

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что воздействие плазменным газом на заготовку осуществляют перед очагом деформации и на выходе из очага деформации путем газодинамической фокусировки плазменного газа.

3. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что используют плазменный газ с температурой 2500-10000 °С.

4. Способ по п. 1 или 2, **отличающийся** тем, что в качестве плазменного газа используют аргон с отношением полной энергии к энтальпии не более 1,0...16,0 на один атом аргона.

Изобретение 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 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].

Известен способ изготовления сортового проката-метиза, включающий воздействие на заготовку лазерного излучения технологического лазера и деформацию металлической заготовки [4].

Известная технология [1-4] с использованием технологического лазера не обеспечивает равномерного азимутального нагрева цилиндрической поверхности заготовки. Для создания такого нагрева необходимо создание фокусировки посредством 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 известным способом не всегда можно достичь требуемого качества изделия прокатки-волочения с требуемой степенью очистки поверхности заготовки от технологических микро- и макро-дефектов и с одновременным увеличением обжатия за проход.

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

Ближайшим техническим решением, принятым в качестве прототипа, является способ изготовления сортового проката и проволоки, включающий воздействие на заготовку плазмой в присутствии рабочего тела и деформацию металлической заготовки [5].

Недостаток известной технологии 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 приводит к неравномерному нагреву как по азимуту, так и по длине заготовки.

BY 7478 C1 2005.12.30

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

Известным способом 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, повышения 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 задача достигается тем, что в способе изготовления сортового проката и проволоки, включающем воздействие плазменным газом на металлическую заготовку и ее деформацию, согласно изобретению, воздействие плазменным газом на металлическую заготовку осуществляют с давлением, близким к атмосферному, без контакта канала электрического дуги с заготовкой, с возможностью рекомбинации плазменного газа на поверхности заготовки.

В способе воздействия плазменным газом на заготовку осуществляют перед очагом деформации или на выходе из очага деформации заготовки путем газодинамической фокусировки плазменного газа.

В способе используют плазменный газ с температурой 2500-10000 °С.

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

Изобретение поясняется чертежом, где

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

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

Способ реализуют на примере работы устройства для изготовления проволоки по фиг. 1 или сортового проката по фиг. 2, которое 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 волокна 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 контакта канала дуги с последней. Плазменно-дуговые нагреватели 3 высокого давления расположены под углом 120° друг относительно друга, третий нагреватель на чертеже условно не показан.

Газодинамическую фокусировку плазмы производят формирователем 5 плазмы, расположенным на выходном срезе средства воздействия плазмой на заготовку 1 перед - за очагом деформации средства деформации-волокна 2 по фиг. 1 или прокатной клетки 6 по фиг. 2.

Используют для способа устройство идентично как для изготовления проволоки по фиг. 1, так и для изготовления сортового проката по фиг. 2, путем пропуска 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 волокна 2 или прокатной клетки 6.

Ионизированный плазменный газ используют с температурой 2500-10000 °С. 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 пол-

BY 7478 C1 2005.12.30

ной 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 способе, 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 энергосвободия 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 способы на основе источников нагрева - технологических лазеров - 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 в виду низкий к.п.д. преобразования энергии в лазере (порядка 3 %) и связанные с этим повышенные затраты энергии на реализацию процесса.

Для известного способа с использованием электродуговой катодной плазмы неравномерность нагрева будет определяться процессами привязки катодного пятна дуги на поверхности заготовки. Положение пятна будет определяться локальными свойствами поверхности заготовки в месте привязки. В этом случае неоднородные электрические свойства поверхности проволоки (например, наличие окалины, локальных концентраторов 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

ВУ 7478 С1 2005.12.30

микро-дефекта, 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 50-120 м/с в заявленном способе тепловое воздействие производят в камере газоплазменно-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 на заготовку 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.

Полный энерговыход 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, ΔU_k - катодное падение напряжения, ΔU_a - падение на аноде.

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

В заявленном способе в газовом плазматроне используют поток плазмы, энергосодержание которой определяется падением на столбе дуги, для типичной дуги составляющее 100...200 В, что позволяет использовать до 75-90 % мощности дуги. Для одного и того же значения напряжения на дуге предлагаемая технология энергетически более выгодна, по крайней мере, в несколько раз больше по сравнению с известным дуговым способом.

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

ВУ 7478 С1 2005.12.30

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.

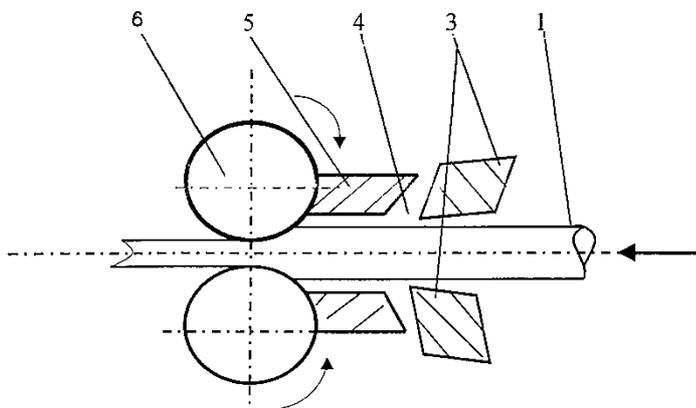
Степень очистки катанки от окалины достигает 96,5-99 %. Степень очистки проволоки и катанки от остатков смазки достигает 99-100 %. Обработка катанки диаметром 6,5 мм по известной технологии осуществлялась при скорости перемотки катанки $V = 2,1$ м/с. Степень очистки катанки от окалины при данном способе 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, очистки катанки и передельной заготовки от окалины.

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

Источники информации:

1. Лещинский Л.К., Самотугин 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. - № 7 (771). - С. 49-50.
4. Григорьянц А.Г. и др. Методы поверхностной лазерной обработки. - М.: Высшая школа, 1987. - С. 29-31.
5. RU 2098206, 1997.
6. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. - 1987. - С. 131.



Фиг. 2