

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202191049** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.07.09

(22) Дата подачи заявки
2019.10.10

(51) Int. Cl. **C21D 8/06** (2006.01)
C21D 9/56 (2006.01)
C21D 9/60 (2006.01)
H05B 6/10 (2006.01)
C21D 1/74 (2006.01)
C21D 1/76 (2006.01)
C21D 9/52 (2006.01)
C21D 11/00 (2006.01)
C21D 1/42 (2006.01)

(54) СПОСОБ ТЕРМООБРАБОТКИ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ И СООТВЕТСТВУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

(31) **18200696.5**

(32) **2018.10.16**

(33) **EP**

(86) **PCT/EP2019/077505**

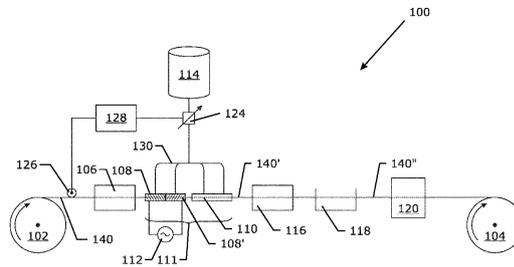
(87) **WO 2020/078829 2020.04.23**

(71) Заявитель:
НВ БЕКАЭРТ СА (BE)

(72) Изобретатель:
**Месплон Кристоф (FR), Ванлене
Деннис (BE)**

(74) Представитель:
Фелицына С.Б. (RU)

(57) Способ термообработки стальной проволоки включает в себя известные этапы разматывания стальной проволоки со скоростью подачи проволоки, направления стальной проволоки через секцию нагрева, содержащую одну или несколько индукционных катушек, охлаждения и наматывания стальной проволоки на барабан. В частности, в отношении указанного способа следует отметить, что в секцию нагрева нагнетается защитный газ с расходом, который зависит от скорости проволоки. Авторы изобретения установили, что расход защитного газа должен уменьшаться с увеличением скорости. Защитный газ не нагнетается в секцию нагрева, когда линия движется с рабочей скоростью. Это ведет к уменьшенному расходу защитного газа. При необходимости замены приемного и размоточного барабанов, и когда линия должна двигаться с низкой скоростью, расход защитного газа увеличивается. Настоящее изобретение позволяет регулировать тип и уровень оксидов, образующихся на проволоке. Изобретение также относится к устройству, внедряющему способ, в котором расход защитного газа зависит от скорости проволоки, движущейся через систему управления.



A1

202191049

202191049

A1

СПОСОБ ТЕРМООБРАБОТКИ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ И СООТВЕТСТВУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к способу термообработки стальной проволоки и соответствующему устройству для осуществления такого способа. Термообработка стальной проволоки используется для изменения свойств стали. В частности, стальные проволоки, где требуется использование термообработки, подвергаются, например, обработке для снятия напряжений в бортовой проволоке (для наматывания бортов, используемых в шине), отжигу тянутой низкоуглеродистой проволоки перед дальнейшим протягиванием проволоки или отпуску мартенситной проволоки (высокоуглеродистой), например, для использования в качестве пружинной проволоки.

Уровень техники

В производстве стальных проволок для различных целей, например, бортовой проволоки или низкоуглеродистой проволоки без покрытия или оцинкованной проволоки, необходимо много раз выполнять термообработку тянутой стальной проволоки. В результате протягивания проволоки зерна стали вытягиваются, и в то же самое время образуются дислокации и дефекты. Указанные факторы ведут к увеличению прочности проволоки, но также и к снижению пластичности. Помимо прочего, это связано с тем, что дислокации и дефекты блокируют плоскости скольжения, когда сталь находится под действием напряжений.

В некоторых случаях необходимо до некоторой степени уменьшить увеличение прочности, чтобы повысить пластичность. В случае стальной проволоки это может способствовать увеличению относительного удлинения проволоки при разрыве. Например, бортовая проволока, которая является стальной проволокой с бронзовым или латунным покрытием, должна иметь минимальную степень относительного удлинения при разрыве (2% или более) с целью ее безопасной установки в борт шины. Как вариант, пружинная проволока должна быть термически обработана с целью регулирования точки начала текучести, которая оказывает влияние на свойства пружины.

В общем, уменьшение предела прочности на разрыв проволоки с целью повышения ее пластичности выполняется посредством термообработки стальной проволоки. Это означает, что проволока нагревается до температуры, которая в любом случае остается ниже температуры линии A1 на диаграмме фазового равновесия железо-углерод, с последующим регулируемым охлаждением. Благодаря такой термообработке дислокации и дефекты диффундируют и комбинируются, что ведет к получению всё еще прочной, но

более пластичной проволоки. Это также именуется «снятием напряжений» или «восстановлением». Повышение температуры и/или увеличение времени термообработки также ведет к рекристаллизации, где комбинируются зерна, не подверженные воздействию напряжений. Это также может привести к получению слишком мягких структур. Если температура в дальнейшем повышается в течение достаточно длительного периода, происходит дополнительный рост зерна. Однако целью термообработки не является достижение рекристаллизации или тем более роста зерна, поскольку увеличение предела прочности на разрыв проволоки будет утеряно частично или даже полностью.

Другим примером термообработки является отпуск. Во время отпуска закаленной на мартенсит проволоки углерод диффундирует из мартенсита, в котором действуют сильные внутренние напряжения, и выделяется в форме карбидов, что ведет к образованию более пластичной, однако прочной микроструктуры, которая может использоваться при навивке, например, пружины.

Согласно сложившейся практике термообработка стальных проволок выполнялась посредством нагрева стальной проволоки в ванне с расплавленным свинцом. Температура расплавленного свинца может легко регулироваться, в то время как передача тепла от свинца проволоке оптимальным образом ведет к незамедлительному достижению устойчивых температур, т.е. к изотермическому нагреву. Кроме того, что не является общепризнанным преимуществом, расплавленный свинец также изолирует поверхность стальной проволоки от окисления. Окисление может иметь место только на выходе из свинцовой ванны, но этому противодействует покрытие расплавленного свинца антрацитом, выделяющим угольный газ, который сжигается, тем самым расходуя кислород вблизи поверхности стальной проволоки.

Однако свинец и угольный газ были идентифицированы как серьезная угроза здоровью людей и окружающей среде и, следовательно, их использование всё в большей степени запрещается в производственной среде. Следовательно, необходимо предусмотреть альтернативные варианты нагрева проволоки до требуемой температуры. Этими альтернативами в случае стальной проволоки являются использование солевых ванн или использование псевдосжиженных песочных слоев или использование электрического нагрева сопротивлением. Солевые ванны представляют риски для эксплуатационной безопасности. Перенос тепла в псевдосжиженных слоях намного меньше, чем в свинцовой ванне. При использовании электрического нагрева сопротивлением взаимодействие скользящих электрических контактов со стальной проволокой может вызывать искрение, что ведет к образованию мартенситных пятен на стали, что является неприемлемым.

Для устранения указанных недостатков был внедрен нагрев проволоки посредством индукции. Принципиально важная публикация этого способа представлена в документе US4788394. В этом способе нагрева стальная проволока поступает через переменное магнитное поле, индуцирующее вихревые токи, которые нагревают проволоку. Это приводит к быстрому бесконтактному нагреву проволоки до требуемой температуры, после чего проволока проходит через зону выдержки, т.е. длинный плоский короб, где проволока изолирована от окружающей среды. Несмотря на то, что термообработка не является изотермической, как при использовании свинцовой ванны, температура может поддерживаться достаточно стабильным образом. Для предотвращения окисления проволоки она должна быть окружена защитной атмосферой, которая может быть создана посредством нагнетания защитного газа в нагревательную катушку.

Кроме того, в WO 2014/142355 описаны система нагрева проволоки и способ нагрева, использующие одну или несколько индукционных катушек, за которыми расположена зона выдержки. Соответственно указанной системе и способу нагрев проволоки контролируется посредством регулирования тока питания, поступающего к индукционным катушкам, на основе скорости и диаметра всей проволоки. Таким образом, перегрев проволоки предотвращается даже в случае, когда скорость линии уменьшается, например, для перенастройки оборудования.

В документе CN 107227400A описывается устройство индукционного нагрева, в котором отдельные стальные проволоки проходят через отдельные катушки, мощность которых может по отдельности контролироваться. Это позволяет одновременно обрабатывать проволоку различных диаметров на одной и той же линии.

При использовании способа нагрева проволоки посредством индукции использование защитной атмосферы становится обязательным, поскольку на открытых концах воздух поступает в нагревательные трубы, что ведет к образованию оксидной пленки на поверхности проволоки. Образование оксидной пленки затрудняет выполнение последующих операций нанесения покрытия, таких как оцинковывание или нанесение бронзового покрытия. В дальнейшем необходимо тщательное удаление оксидной пленки с помощью кислот или механического удаления оксидной пленки, что увеличивает стоимость изделия и оказывает воздействие на окружающую среду. Однако поддержание защитной атмосферы также увеличивает стоимость изделия, что необходимо исключить.

Раскрытие сущности изобретения

Таким образом, основная задача авторов изобретения состояла в том, чтобы снизить стоимость изделия и уменьшить влияние термообработки стальной проволоки на

окружающую среду. В частности, авторы изобретения добились значительного снижения использования защитного газа без увеличения необходимости в дополнительном травлении. Авторы изобретения разработали способ регулирования образования окалины. Кроме того, авторы изобретения добились полного исключения использования защитного газа, по меньшей мере, в течение периода, когда линия движется с рабочей скоростью.

По первому аспекту изобретения представлен способ термической обработки стальной проволоки согласно этапам по п. 1 формулы изобретения. Способ включает в себя следующие этапы:

(а) разматывание стальной проволоки со скоростью подачи проволоки. Традиционно это разматывание выполняется с моталки, бобины или крестовины. Скорость проволоки является линейной скоростью проволоки, с которой она перемещается по установке с помощью намоточного устройства;

(b) направление стальной проволоки через секцию нагрева для нагрева стальной проволоки до температуры 350 – 750°C. Секция нагрева содержит одну или несколько индукционных катушек, которые расположены последовательно. Термин «последовательно» означает, что отдельная проволока проходит катушки одну за другой. Разные проволоки могут следовать рядом друг с другом через одну или несколько катушек, расположенных последовательно. Как вариант, для каждой проволоки может быть предусмотрена отдельная группа из одной или нескольких катушек, содержащих только одну проволоку, с катушками, расположенными рядом друг с другом. Предпочтительно, индукционные катушки работают на постоянной мощности, позволяя использовать простые и надежные электронные устройства и обеспечивая стабильную одинаковую термообработку всех проволок;

(с) после этого проволока охлаждается до комнатной температуры, например, на открытом воздухе или в охладителе, например, в воде или масле, с использованием комбинации того и другого;

(d) и, наконец, проволока наматывается на барабан на приемной стороне.

В частности, в отношении указанного способа следует отметить, что во время направления стальной проволоки через секцию нагрева, защитный газ нагнетается в секцию нагрева с расходом, который зависит от скорости проволоки, в частности, в том смысле, что расход уменьшается с увеличением скорости стальной проволоки или расход увеличивается с уменьшением скорости проволоки.

Примечательно, что согласно сложившейся практике величина расхода защитного газа поддерживается на постоянном уровне независимо от скорости проволоки. Такое уменьшение расхода газа с увеличением скорости проволоки или, наоборот, увеличение

расхода газа с уменьшением скорости проволоки является нелогичным, в том смысле, что можно было бы ожидать, то расход газа пропорционален площади поверхности проходящей проволоки. Как считают авторы изобретения, это имеет определенные преимущества для модуляции расхода защитного газа относительно скорости проволоки противоположным образом:

- преимущество состоит в том, что модуляция расхода газа описанным способом приводит к регулируемому постоянному росту оксидов, которые могут быть удалены регулируемым постоянным образом на последовательных этапах;

- это возможно даже в случае подвода постоянной мощности к одной или нескольким индукционным катушкам. В результате устраняется необходимость использования сложных регулирующих электронных устройств со среднечастотной мощностью, подаваемой к катушкам в зависимости от скорости проволоки;

- очевидно, что требуется меньшее количество защитного газа, в частности, при подаче проволоки с высокими скоростями.

В отношении этапа (b):

- наиболее пригодная температура нагрева для снятия напряжений в бортовой проволоке составляет 350 -550°C, более предпочтительно, 380 - 450°C;

- рекристаллизация низкоуглеродистой стали обычно имеет место при более высоких температурах 720 -750°C;

- изобретение равным образом хорошо подходит к отпуску мартенситной высокоуглеродистой стальной проволоки. Мартенситную высокоуглеродистую стальную проволоку получают посредством быстрого охлаждения проволоки после ее нагрева до температуры аустенизации 930 -1000°C. Отпуск имеет место при температуре 360 -550°C и способствует диффузии некоторого количества углерода из мартенситной решетки, тем самым, формируя выделения карбида железа. Благодаря отпуску в иных случаях хрупкой мартенситной стальной проволоке придается некоторая пластичность.

В первом частном предпочтительном варианте выполнения расход защитного газа уменьшается с увеличением скорости стальной проволоки или расход защитного газа увеличивается с уменьшением скорости стальной проволоки непрерывным или поэтапным образом.

Уменьшение расхода может быть непрерывным с увеличением скорости проволоки. С учетом соответствующих изменений увеличение расхода может быть непрерывным с уменьшением скорости проволоки.

В качестве примеров постоянной зависимости можно привести расход газа,

который обратно пропорционален скорости проволоки, или расход газа, который линейно уменьшается с увеличением скорости проволоки, т.е. отношение между расходом газа и скоростью проволоки имеет постоянный отрицательный наклон в переходной области.

Как вариант, уменьшение расхода может быть ступенчатым, например, в пределах первого низкого диапазона скоростей расход газа сохраняется на высоком уровне, и когда скорость переходит в более высокий второй диапазон, при условии, что проволока имеет скорость в этом диапазоне, расход защитного газа уменьшается до более низкого уровня по сравнению с высоким уровнем. С учетом соответствующих изменений увеличение расхода газа может быть ступенчатым, когда скорость переходит в низкий первый диапазон скорости проволоки.

Возможны различные комбинации, например:

- непрерывное уменьшение расхода газа с увеличением скорости проволоки и поэтапное увеличение расхода газа с уменьшением скорости проволоки;
- как вариант, поэтапное уменьшение расхода газа с увеличением скорости проволоки и непрерывное увеличение расхода газа с уменьшением скорости проволоки.

В другом предпочтительном варианте выполнения способа мощность, подаваемая к одной или нескольким индукционным катушкам, поддерживается на постоянном уровне с изменением скорости проволоки.

В другом предпочтительном варианте выполнения после этапа (b) нагрева проволока сразу же направляется через «зону выдержки», что именуется этапом (b'). Зона выдержки содержит термоизолированный кожух, в котором проволока может охлаждаться регулируемым образом, в частности, с низкой эффективностью охлаждения. В зоне выдержки диффузионные явления в стали продолжают без необходимости дополнительного нагрева. Для ясности: при использовании зоны выдержки она становится частью секции нагрева. Отсюда следует, что защитный газ также должен нагнетаться в зону выдержки.

В аналогичном предпочтительном варианте выполнения после охлаждения стальной проволоки на эту проволоку на этапе, который далее именуется этапом (c'), наносится металлическое покрытие, которое содержит металл или металлический сплав, выбранные из группы, состоящей из меди, олова, бронзы, латуни или любой их комбинации.

Нанесение металлического покрытия может осуществляться несколькими способами, например:

- погружением в горячий расплав, например, посредством направления стальной проволоки и ее погружения в ванну с расплавленным цинком, тем самым обеспечивая

получение оцинкованной стальной проволоки;

- с помощью химической реакции обмена посредством направления стальной проволоки и ее погружения в электролитическую ванну, например, ванну медь –сульфат олово, для получения бортовой проволоки;

- с помощью электролитического осаждения меди и цинка с последующей возможной диффузией для получения латуни.

Также возможны комбинации двух или более вышеуказанных способов нанесения покрытий.

Во время термообработки стальной проволоки рабочие периоды, во время которых скорость проволоки поддерживается постоянной на уровне рабочей скорости, чередуются с «периодами переналадки». В «периодах переналадки» размоточные барабаны, которые почти израсходованы, заменяются полными барабанами, и/или намоточные барабаны, которые почти заполнены, удаляются и заменяются пустыми барабанами. Во время периода переналадки скорость стальной проволоки снижается до уменьшенной скорости, которая ниже рабочей скорости стальной проволоки во время рабочего периода. Во время периода переналадки скорость проволоки поддерживается постоянной на уровне указанной уменьшенной скорости. Это необходимо для того, чтобы операторы имели достаточно времени для замены барабанов. Во время переналадки все механические и химические характеристики сохраняются на целевом уровне.

Соответственно изобретению во время периода переналадки в секцию нагрева нагнетается поток защитного газа. Расход этого газа уменьшается, т.е. имеет место уменьшенное нагнетание потока защитного газа, когда скорость увеличивается до рабочей скорости. Когда рабочий период намного больше, чем период переналадки, в течение заданного периода времени предусмотрен уменьшенный расход газа. Это ведет к значительной экономии защитного газа, расходуемого в течение продолжительного времени.

Авторы изобретения предлагают способ оценки минимальной величины расхода защитного газа в периоды переналадки:

площадь сечения секции нагрева является объемом секции нагрева, деленным на высоту секции нагрева. Объем секции нагрева является объемом, окружающим проволоку в секции нагрева от входа в секцию нагрева до выхода из секции нагрева. Для ясности: если предусмотрена секция выдержки, необходимо принять в расчет объем секции выдержки.

При условии, что расход защитного газа от 1 до 10 раз больше произведения площади сечения и разницы между рабочей скоростью и уменьшенной скоростью (далее

именуемого «Произведением»), не следует ожидать окисления. Авторы изобретения смогли сохранять расход газа ниже десятикратного Произведения и предполагают, что его можно дополнительно уменьшить до величины ниже восьмикратного или даже пятикратного Произведения. Если площадь сечения секции нагрева дополнительно уменьшить, например, за счет установки в катушки керамических труб, можно дополнительно уменьшить минимальную величину расхода для предотвращения окисления.

Другой способ расчета расхода защитного газа, когда проволока движется с уменьшенной скоростью, состоит в том, чтобы определить интенсивность подачи свежего газа в объем, занимаемый секцией нагрева. Когда расход газа в секции нагрева за минуту в 1 – 6 раз больше объема секции нагрева, защитный газ полностью обновляется каждую минуту или каждый десять секунд в полном объеме.

В частном предпочтительном варианте выполнения авторы изобретения уменьшили расход газа до нуля, когда проволока двигалась с рабочей скоростью. Это обеспечивает максимальную экономию защитного газа, поскольку газ не расходуется во время движения стальной проволоки, содержащей оксиды в приемлемом количестве.

В другом предпочтительном варианте выполнения объем секции нагрева очищается защитным газом в начале периода переналадки. Термин «очистка» означает кратковременную продувку газа, по меньшей мере, в количестве от одного до десяти объемов секции нагрева для быстрого и полного удаления в полном объеме кислорода, который может оставаться в секции нагрева.

В другом предпочтительном варианте выполнения способа уменьшенная скорость во время переналадки меньше 50% или даже меньше 60% меньше или меньше 75% рабочей скорости. В любом случае уменьшенная скорость во время переналадки больше нуля или больше 5% или даже 10% рабочей скорости.

В качестве защитного газа может использоваться инертный газ, например, аргон или азот. Другими защитными газами могут быть восстановительные газы, например, водород или монооксид углерода, хотя последний, в общем, не используется из токсичности. В качестве защитного газа, как вариант, могут использоваться смеси газов, такие как смесь азота и водорода (например, получаемая в результате крекинга аммиака). Однако, безусловно, наиболее безопасным является использование азота при условии обеспечения достаточной вентиляции.

По предпочтительному варианту выполнения авторы изобретения установили, что использование смеси восстановительного газа и инертного газа в качестве защитного газа позволяет регулировать требуемое образование окалины на стальной проволоке.

Фактически, для определенных применений проволоки желательное присутствие определенных оксидов. В этом отношении в контролируемых условиях вместе с инертным газом может нагнетаться даже окислительный газ, например, воздух или чистый кислород.

По второму аспекту изобретения предлагается устройство для термообработки стальной проволоки. Устройство содержит секцию нагрева с одной или несколькими индукционными катушками, приемную секцию с регулируемой скоростью для перемещения указанной стальной проволоки через указанную секцию нагрева. В устройстве также предусмотрена регулируемая подача газа для нагнетания защитного газа в секцию нагрева. В отношении указанного устройства следует отметить, что расход защитного газа в случае указанной подачи зависит от указанной регулируемой скорости в том смысле, что расход защитного газа в случае указанной подачи уменьшается, когда скорость стальной проволоки увеличивается, и/или подача защитного газа увеличивается, когда скорость стальной проволоки уменьшается.

В предпочтительном варианте выполнения устройства секция нагрева также содержит секцию выдержки, прикрепленную к одной или нескольким индукционным катушкам. Проволока непрерывно перемещается из индукционных катушек в секцию выдержки.

В другом предпочтительном варианте выполнения зависимость подачи защитного газа от скорости стальной проволоки такова, что подача защитного газа уменьшается ступенчато, когда скорость стальной проволоки увеличивается. С учетом необходимых изменений расход газа увеличивается ступенчато, когда скорость стальной проволоки уменьшается. Как вариант, отношение между скоростью проволоки и расходом защитного газа может быть непрерывным, например, обратно пропорциональным скорости проволоки или прямо пропорциональным отрицательному наклону. Комбинации поэтапного увеличения расхода защитного газа при входе в нижний диапазон скорости с непрерывным увеличением расхода защитного газа, когда скорость проволоки уменьшается, разумеется, также возможны и аналогично комбинации непрерывного увеличения расхода при снижении скорости и поэтапного уменьшения расхода газа с увеличением скорости проволоки равным образом предпочтительны.

В другом предпочтительном варианте выполнения мощность, подаваемая на индукционные катушки, может быть постоянной или поддерживается на постоянном фиксированном уровне независимо от скорости проволоки. Другими словами: устройство не содержит контура управления с обратной связью между скоростью проволоки и мощностью, подаваемой на индукционные катушки.

В пояснительном варианте выполнения устройство работает с рабочей скоростью. Рабочая скорость связана с диаметром стальной проволоки, подлежащей отжигу. При рабочей скорости расход защитного газа низкий или равен нулю. Когда скорость проволоки уменьшается, расход при подаче защитного газа уменьшается от 1 до 10-кратного произведения площади сечения указанной секции нагрева на разницу между рабочей скоростью проволоки и фактической скоростью проволоки.

В другом варианте выполнения устройство оснащено узлом предварительного смешивания газов. В узле предварительного смешивания газов восстановительный газ смешивается с инертным газом в заданных отношениях перед нагнетанием в качестве защитного газа в секцию нагрева. Как вариант, узел предварительного смешивания газов может использоваться для смешивания окислительного газа с инертным газом. Окислительный газ, например, является кислородом или воздухом. Узел предварительного смешивания позволяет регулировать состав и количество оксидов, образующихся на стальной проволоке.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 – схематическое изображение линии обработки проволоки, содержащей устройство термообработки по изобретению;

фиг. 2 – различные рабочие схемы способа термообработки стальных проволок;

фиг. 3 – схема, показывающая способ и ряд вариантов, который включает в себя этот способ.

Осуществление изобретения

На фиг. 1 схематически показана линия по производству бортовой проволоки, в состав которой входит и функционирует устройство по изобретению. Следует отметить, что некоторые этапы и ванны, такие как этапы сушки и промывка водой, на чертежах не показаны, поскольку они известны специалисту и только усложнили бы чертеж.

Размоточный барабан 102 подает стальную проволоку 140, например, холоднотянутую высокоуглеродистую стальную проволоку диаметром 0,70 – 3,00 мм, например, 0,89 мм, 0,96 мм, 1,30 мм, 1,60 мм или 1,83 мм. Далее по тексту термины «после» и «до» относятся к направлению размотки проволоки. Благодаря холодному протягиванию предел прочности на разрыв проволоки составляет приблизительно 1700 – 2200 Н/мм² в зависимости от диаметра и требуемого уровня предела прочности на разрыв. Например, бортовая проволока 0.89 нормальной прочности на разрыв (NT) имеет минимальный предел прочности на разрыв 1900 Н/мм², в то время как проволока 0.89 повышенной прочности на разрыв (HT) имеет минимальный предел прочности на разрыв 2150 Н/мм² (ISO 16650). Такая твердотянутая проволока не может использоваться

безопасным образом в борту шины, поскольку она не имеет достаточного удлинения при поломке. Следовательно, стальная проволока должна быть термически обработана.

На известном этапе проволока 140 сначала очищается в секции 106 для очистки для удаления остатков с ее поверхности. На следующем известном этапе проволока направляется через секцию 111 нагрева, где температура повышается до 480°C. Секция 111 нагрева состоит из двух последовательно расположенных индукционных катушек 108, 108'. Индукционные катушки запитываются от среднечастотного источника 112 питания. Сразу же после индукционных катушек расположена зона 110 выдержки, которая поддерживает проволоку в горячем состоянии до тех пор, пока она не выйдет из секции 111 нагрева. Зона выдержки является теплоизолированной камерой. Температура на выходе составляет приблизительно 400°C. Объем секции нагрева является свободным пространством внутри секции нагрева, в которой движется проволока. Он равен среднему сечению, умноженному на длину секции нагрева. Объем секции нагрева наполняется защитным газом, в рассматриваемом случае азотом, из центрального резервуара 114 по коллектору линий 130 питания во избежание окисления поверхности проволоки.

После выхода из секции нагрева проволока 140' охлаждается до температуры окружающей среды с помощью водяного охлаждения или просто на воздухе (этап не показан).

Во время нагрева проволоки могут образовываться следующие оксиды железа:

- закись железа, оксид железа (II), FeO, вюстит;
- окись железа, оксид железа (III), Fe₂O₃ гематит;
- оксид железа (II, III), Fe₃O₄, магнетит

В частности, оксиды Fe(III) сложно удалять с помощью кислотной ванны 116. В случае использования защитного газа исключается образование оксидов и, в частности, оксидов Fe(III). Если защитный газ не используется, рост оксидов делает их удаление намного более сложным.

Когда защитный газ является смесью восстановительного газа (например, водорода) с инертным газом (например, азотом), соотношение восстановительного газа с инертным газом можно использовать для регулирования образования оксидов.

После удаления оксидов проволока проходит через секцию 118 для нанесения гальванического покрытия, содержащую, например, сульфат меди с растворенным оловом. В результате реакции обмена на стальную проволоку 140' наносится бронзовое покрытие, что ведет к получению бортовой проволоки 140''. После сушки в сушильной печи перед намоткой на приемный барабан 104 на стальную проволоку в устройстве 120 для нанесения покрытия может быть дополнительно нанесен «зеленый» усилитель

адгезии.

Если на проволоке 140' присутствуют оксиды, реакция обмена в секции 118 для нанесения гальванического покрытия замедляется, что ведет к получению бортовой проволоки с некачественным покрытием с соответствующим отсутствием адгезии или отличиям во внешнем виде. Как упомянуто выше, непрерывная подача защитного газа препятствует образованию на проволоке сложных для удаления оксидов. Таким образом, для авторов настоящего изобретения было неожиданностью, что использование защитного газа может быть уменьшено или даже остановлено, когда линия движется с рабочей скоростью. Рабочая скорость является скоростью, при которой проволока, выходящая из секции нагрева, имеет требуемые механические свойства. Она изменяется в зависимости от диаметра проволоки и составляет 100 – 600 метров в минуту. Увеличенный расход защитного газа становится необходимым, только когда скорость линии становится ниже рабочей скорости. Это не согласуется с общим мнением, что защитный газ необходим во всех случаях.

Уменьшение скорости проволоки необходимо, например, в случае полного расходования размоточного барабана или при замене приемного барабана. Уменьшенная скорость проволоки составляет одну десятую от рабочей скорости, так чтобы операторы могли безопасным образом заменять барабаны, обеспечивая при этом качество изделия на протяжении полного использования барабана.

Для регулирования расхода защитного газа в зависимости от скорости подачи проволоки в установку добавлена система регулирования с датчиком 126 скорости, который регулирует дроссельный клапан 124 с помощью контроллера 128. Когда скорость проволоки уменьшается, например, в случае расходования барабана или замены намоточного барабана, расход газа увеличивается. Когда скорость проволоки приближается к рабочей скорости, расход газа уменьшается или даже задается равным нулю.

Как показано на фиг. 2, для взаимосвязи расхода защитного газа и скорости проволоки (также именуемой «линейной скоростью») могут существовать различные стратегии. По первой стратегии, обозначенной штрихпунктирной линией 206, расход «Ф» газа (выраженный в нормальных литрах газа в минуту) обратно пропорционален скорости «V» проволоки (в метрах в минуту):

$$\Phi(V) = \Phi_{\text{red}} \left(\frac{V_{\text{red}}}{V} \right)$$

где Φ_{red} – расход газа при уменьшенной скорости V_{red} . Расход газа при уменьшенной скорости проволоки задается как:

$$\Phi_{\text{red}} = C \cdot A \cdot V_{\text{red}}$$

где «С» постоянная в диапазоне 0,1 – 1,0, например, 0,2, и «А» - средняя площадь сечения секции нагрева в квадратных сантиметрах (см²).

По второй стратегии, обозначенной кривой 202 на фиг. 2, расход газа уменьшается линейно с изменением скорости следующим образом:

$$\Phi(V) = \Phi_{\text{op}} + C \cdot A \cdot (V_{\text{op}} - V)$$

где «V_{op}» - рабочая скорость и «Φ_{op}» - расход защитного газа на мелкое «техническое обслуживание», поддерживаемый во время рабочего периода. «С» - и в этом случае величина от 0,1 до 0,5, когда скорость выражена в метрах в минуту, площадь сечения в квадратных сантиметрах и расход газа в литрах в минуту. Таким образом, при переходе от рабочего режима к периоду замены расход газа уменьшается на величину, которая пропорциональна площади сечения секции нагрева, умноженной на разницу между рабочей скоростью проволоки и скоростью проволоки при замене.

По третьей стратегии, обозначенной линией 204 на фиг. 2, расход защитного газа поддерживается на высоком уровне Φ_{red} в диапазоне скоростей от V_{red} до некоторой большей скорости, например, на 10% выше V_{red} или V_{red} + Δ. Как только скорость проволоки становится выше последней скорости, расход газа полностью прекращается.

На фиг. 3 показаны различные другие варианты способа, которые могут быть использованы для отжига стальной проволоки. После разматывания стальной проволоки со скоростью «V» 300 проволоки, проволока направляется через секцию нагрева и нагревается 305. Секция нагрева состоит или из одной или нескольких индукционных катушек 302 (вариант А) или состоит из одной или нескольких индукционных катушек 302, после которых расположена зона 304 выдержки (вариант В). Поле секции нагрева проволока охлаждается 306 до температуры окружающей среды. После этого отожженная проволока может непосредственно наматываться на барабан (вариант D) на этапе 314 намотки или может быть покрыта бронзовым покрытием, состоящим из меди и олова (вариант С), в электролитической ванне 308 или может быть подвергнута горячей гальванизации (вариант Е) посредством погружения в ванну 310 с расплавленным цинком перед наматыванием на барабан 314. Особенностью указанного способа является то, что расход защитного газа зависит от скорости газа, в частности, расход защитного газа уменьшается с увеличением скорости. Преимущество способа состоит в значительном снижении использования защитного газа, что ведет к снижению производственных расходов и улучшенной экологически безопасной эксплуатации.

Существенным также является то, что модуляция расхода газа позволяет

осуществлять эксплуатацию с постоянным уровнем питания, подаваемого на индукционные катушки. Это устраняет необходимость использования контура управления с обратной связью между скоростью проволоки и среднечастотным волновым генератором, подающим питание на индукционные катушки.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ термообработки стальной проволоки, включающий в себя следующие этапы:

(а) разматывание стальной проволоки со скоростью подачи проволоки;

(b) направление указанной стальной проволоки через секцию нагрева для нагрева указанной стальной проволоки до температуры 350 – 750°C, причем указанная секция нагрева содержит одну или несколько индукционных катушек;

(с) охлаждение указанной стальной проволоки до комнатной температуры;

(d) наматывание указанной стальной проволоки на барабан;

отличающийся тем, что

во время направления указанной стальной проволоки через указанную секцию нагрева, защитный газ нагнетается в указанную секцию нагрева с расходом, который уменьшается с увеличением скорости указанной стальной проволоки или с расходом, который увеличивается с уменьшением скорости указанной стальной проволоки.

2. Способ по п. 1, в котором расход защитного газа уменьшается непрерывно с увеличением скорости указанной стальной проволоки.

3. Способ по п. 1 или 2, в котором расход защитного газа увеличивается непрерывно с уменьшением скорости указанной стальной проволоки.

4. Способ по п. 1, в котором расход защитного газа уменьшается ступенчато с увеличением скорости указанной стальной проволоки.

5. Способ по п. 1 или 4, в котором расход защитного газа увеличивается ступенчато с уменьшением скорости указанной стальной проволоки.

6. Способ по комбинации пп. 2 и 5 или комбинации пп. 3 и 4.

7. Способ по любому из пп. 1 – 6, в котором после выполнения этапа (b) сразу же выполняется этап (b'), на котором указанная стальная проволока направляется через зону выдержки, причем указанная зона выдержки является частью секции нагрева.

8. Способ по любому из пп. 1 – 7, в котором после выполнения этапа (с) выполняется этап (с') покрытия указанной стальной проволоки металлическим покрытием, содержащим металл или металлический сплав, выбранные из группы, состоящей из меди, цинка, олова, бронзы, латуни или любой их комбинации.

9. Способ по любому из пп. 1 – 8, в котором рабочие периоды, во время которых указанная стальная проволока движется с рабочей скоростью, чередуются с периодами переналадки, во время которых скорость указанной стальной проволоки снижается до уменьшенной скорости, причем

- во время указанного периода переналадки в секцию нагрева нагнетается поток

защитного газа,

- во время указанного рабочего периода имеет место уменьшенное нагнетание потока защитного газа по сравнению с расходом газа во время периода наладки.

10. Способ по п. 9, в котором указанная секция нагрева имеет площадь сечения, и расход защитного газа во время указанного периода замены больше, чем указанная площадь сечения, умноженная на разницу между указанной рабочей скоростью и указанной уменьшенной скоростью.

11. Способ по п. 9 или 10, в котором расход защитного газа в минуту во время указанного периода переналадки больше, чем однократный объем указанной секции нагрева.

12. Способ по любому из пп. 9 – 11, в котором расход защитного газа равен нулю, когда указанная стальная проволока движется с рабочей скоростью.

13. Способ по любому из пп. 1 – 12, в котором объем указанной секции нагрева очищается защитным газом в начале периода переналадки.

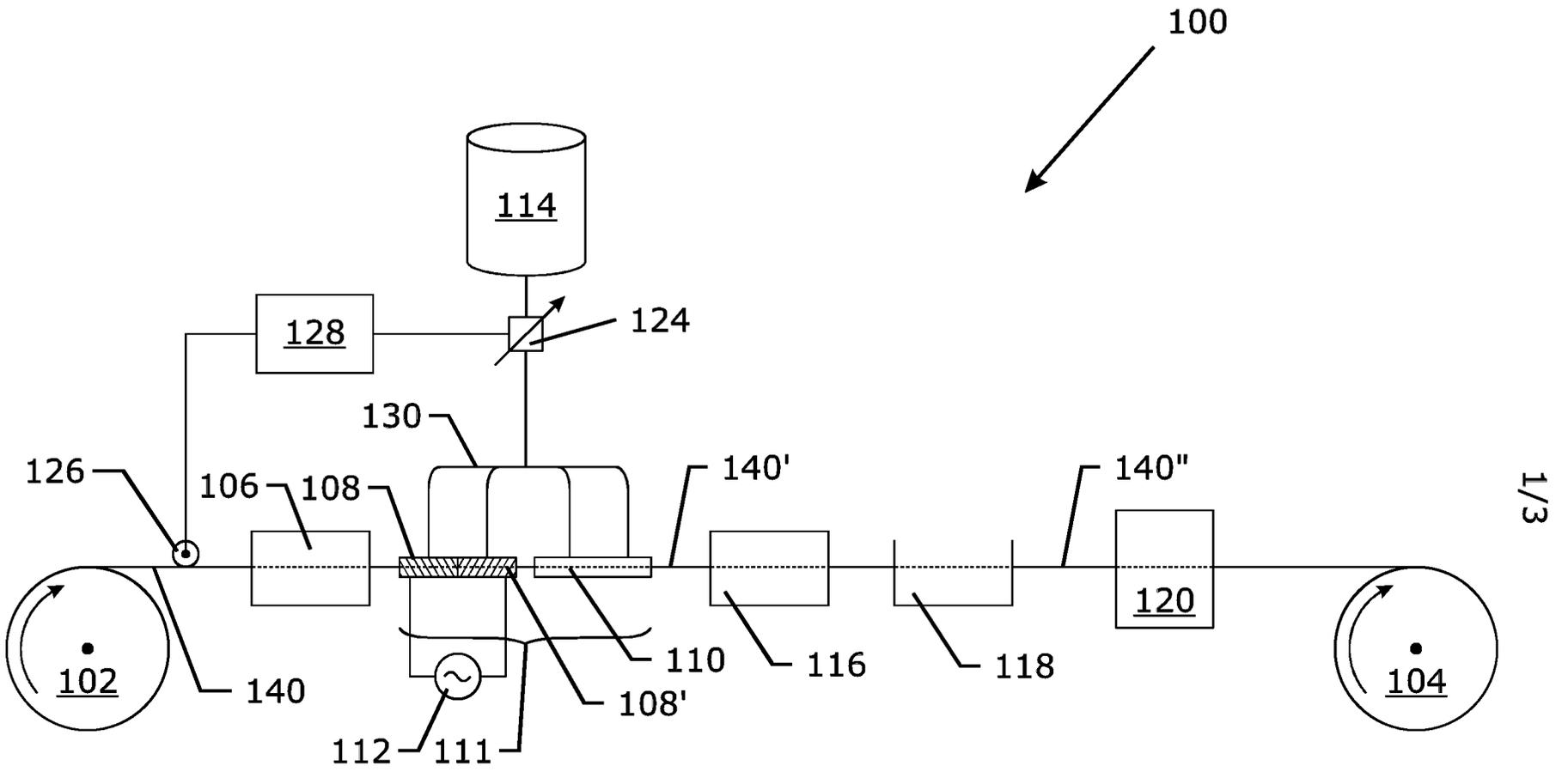
14. Способ по любому из пп. 9 – 13, в котором указанная уменьшенная скорость меньше 75% указанной рабочей скорости.

15. Способ по любому из пп. 1 – 14, в котором указанный защитный газ является газом из группы, состоящей из аргона, азота, водорода, монооксида углерода или их смесей.

16. Устройство для термообработки стальной проволоки, содержащее секцию нагрева с одной или несколькими индукционными катушками, приемную секцию для перемещения указанной стальной проволоки через указанную секцию нагрева, причем указанная приемная секция выполнена с возможностью регулирования скорости указанной проволоки, и регулируемое устройство подачи газа для нагнетания защитного газа в указанную секцию нагрева; отличающееся тем, что расход при указанной подаче защитного газа уменьшается, когда скорость стальной проволоки увеличивается, и/или расход при указанной подаче защитного газа увеличивается, когда скорость стальной проволоки уменьшается.

17. Устройство по п. 16, в котором указанная секция нагрева также содержит секцию выдержки, присоединенную к указанным одной или нескольким индукционным катушкам.

18. Устройство по пп. 16 или 17, в котором указанное устройство также содержит узел предварительного смешивания для смешивания инертного газа с восстановительным газом или окислительным газом перед нагнетанием смеси в указанную секцию нагрева.



1/3

Fig. 1

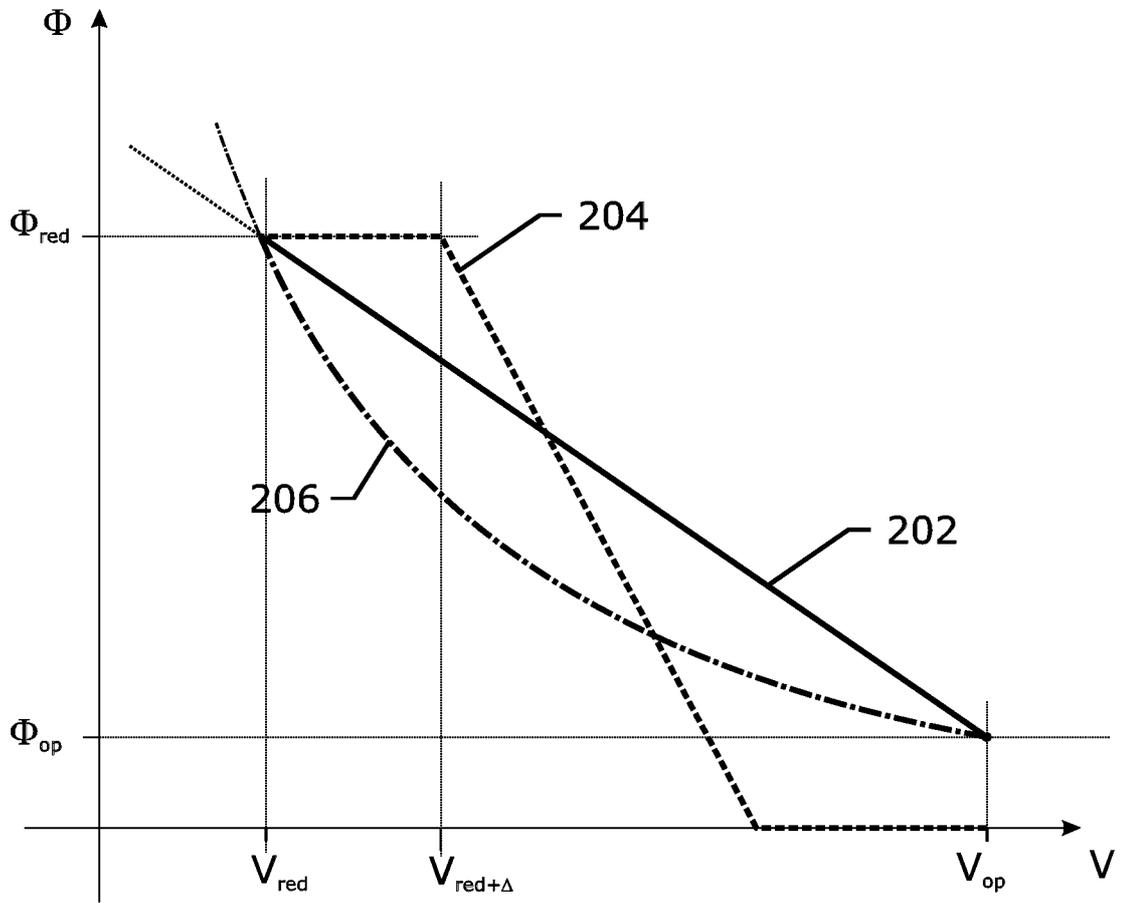


Fig. 2

3/3

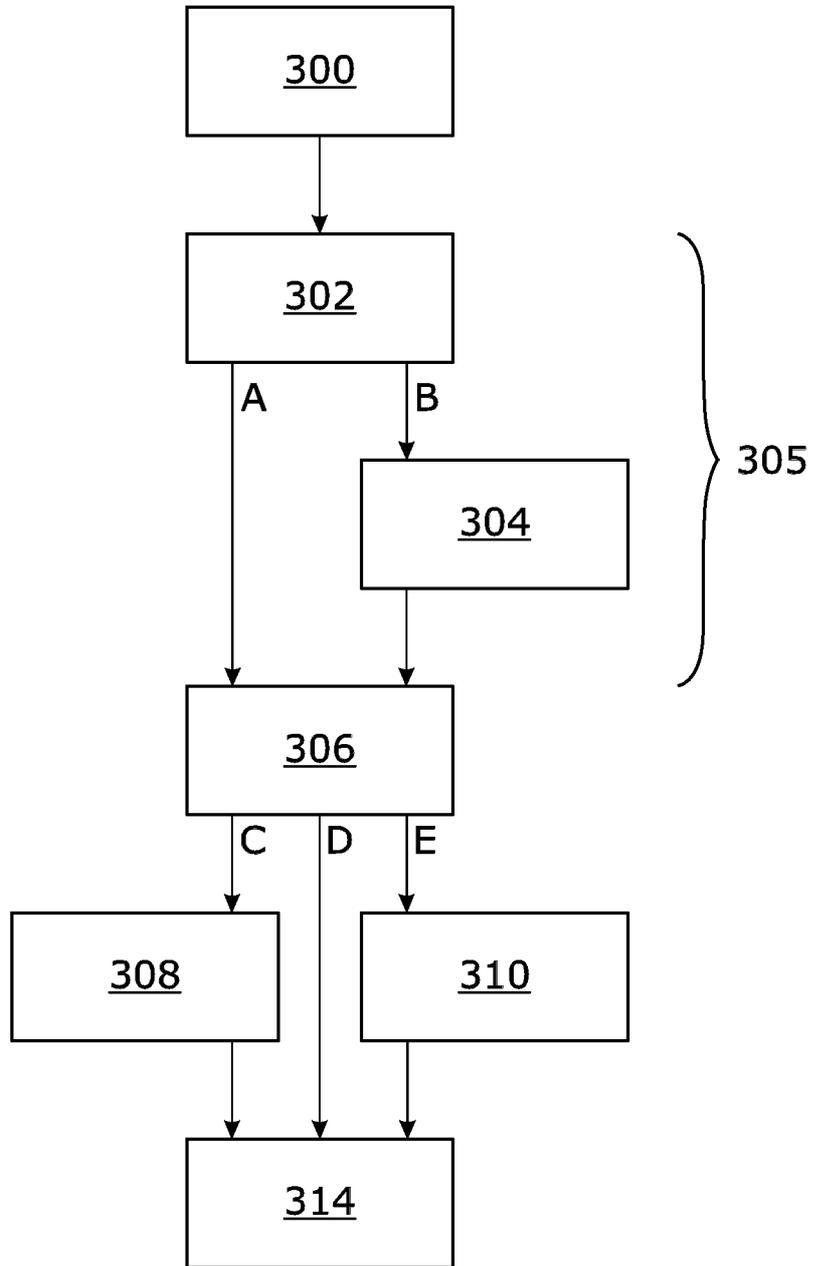


Fig. 3