

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(11) 033858

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента  
2019.12.02

(21) Номер заявки  
201600653

(22) Дата подачи заявки  
2016.10.13

(51) Int. Cl. B21B 1/08 (2006.01)  
B21B 1/16 (2006.01)

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОКАТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

(31) 102015000062683

(32) 2015.10.16

(33) IT

(43) 2017.03.31

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
ДАНЬЕЛИ ЭНД К. ОФФИЧИНЕ  
МЕККАНИКЕ С.П.А. (IT)

(72) Изобретатель:  
Андреатта Даньеле (IT)

(74) Представитель:  
Вашина Г.М. (RU)

(56) SU-A1-1690867  
UA-C2-7959  
SU-A1-373039  
JP-A-2009012065  
JPS-A-61245996

(57) Предложен способ прокатки металлических изделий, включающий совокупность последовательно выполняемых прокатных пропусков, в процессе которых металлическое изделие (P) подвергают прокатке. Способ включает первый прокатный пропуск металлического изделия (P) для получения первого промежуточного продукта (P1), второй прокатный пропуск упомянутого первого промежуточного продукта (P1) для получения второго промежуточного продукта (P2), третий прокатный пропуск упомянутого второго промежуточного продукта (P2) для получения третьего промежуточного продукта (P3) и четвертый прокатный пропуск упомянутого третьего промежуточного продукта (P3) для получения окончательного прокатанного металлического изделия (L).

033858

B1

033858

B1

### **Область техники, к которой относится предлагаемое изобретение**

Предлагаемое изобретение относится к способу прокатки металлических изделий для получения длинномерных изделий, таких как арматура, проволока и прутки с поперечным сечением круглой или близкой к круглой формы.

В частности, предлагаемое изобретение применимо, хотя и не исключительно, в отделочных прокатных устройствах, называемых также калибровочными прокатными устройствами.

Предлагаемое изобретение обеспечивает возможность получать надлежащим образом калиброванные металлические изделия, удовлетворяющие чрезвычайно строгим требованиям к допускам как в отношении геометрической формы, так и в отношении размеров.

### **Предпосылки создания предлагаемого изобретения**

Известны разные способы прокатки, предусматривающие прокатку и калибровку металлических изделий путем многократных последовательных пропусков прокатываемого изделия через прокатное устройство.

Известен, например, способ горячей прокатки длинномерных металлических изделий, содержащий четыре последовательных прокатных пропуска для прокатки металлического изделия круглого сечения и для получения прокатанного металлического изделия, имеющего всегда круглое сечение, диаметр которого меньше, чем диаметр исходного металлического изделия.

Этот способ предусматривает начальную стадию нагревания металлического изделия до температуры от 650 до 1250°C.

После этого выполняют первый прокатный пропуск, при котором входящее в прокатное устройство металлическое изделие подвергается деформированию и прокатке, в результате которых изначально круглое поперечное сечение этого металлического изделия изменяется, превращаясь в овальное или эллиптическое.

Затем выполняют второй прокатный пропуск, при котором металлическое изделие снова подвергается деформированию для придания его поперечному сечению круглой формы путем сжатия прокатываемого металлического изделия в направлениях, противоположных относительно первого прокатного пропуска.

Эти первый и второй прокатные пропуски оказывают на прокатываемое металлическое изделие существенное деформирующее воздействие, приводящее к значительному сокращению площади поперечного сечения, в результате чего имеет место гомогенизация зернистой структуры этого поперечного сечения от центра к периферии.

Первый и второй прокатные пропуски выполняют с помощью первой клетки прокатного стана и второй клетки прокатного стана, каждая из которых имеет два раскатных валка. У раскатных валков первой клетки прокатного стана оси вращения ориентированы по существу под прямым углом к осям прокатных валков второй клетки прокатного стана.

Кроме того, раскатные валки первой клетки прокатного стана образуют между собой межвалковый зазор овальной формы, а каждый из раскатных валков второй клетки прокатного стана имеет выемку с образованием, тем самым, межвалкового зазора круглой формы.

После этого выполняют третий и четвертый прокатные пропуски, результатом которых является последовательное сокращение площади поперечного сечения прокатываемого металлического изделия с поддержанием его по существу круглой формы.

В частности, четвертый прокатный пропуск обеспечивает получение калиброванного металлического изделия, в котором соблюдены заданные допуски по размерам и форме.

Эти третий и четвертый прокатные пропуски выполняют, соответственно, с помощью третьей клетки прокатного стана и четвертой клетки прокатного стана, каждая из которых оснащена тремя или четырьмя раскатными валками, расположенными под углом друг к другу.

В частности, раскатные валки третьей клетки прокатного стана установлены с угловым смещением относительно раскатных валков четвертой клетки прокатного стана.

Один из недостатков описанного выше решения состоит в том, что получение круглой формы поперечного сечения металлического изделия уже при его втором прокатном пропуске делает нерациональным последующие его прокатные пропуски. На деле, чтобы сделать четвертый прокатный пропуск заключительным без необходимости выполнять дальнейшие прокатные пропуски, третий и четвертый прокатные пропуски должны иметь довольно узкий и сводчатый канал между раскатными валками. Это сопряжено с возрастанием риска зажатия профиля в процессе дальнейшей прокатки и уменьшения площади поперечного сечения с вытекающим из этого ухудшением качества прокатываемого металлического изделия.

В публикации DE 747 811 также раскрыт способ прокатки, при котором выполняют пять прокатных пропусков. А именно, металлическое изделие подвергают последовательным прокатным пропускам, при которых происходит последовательное изменение его поперечного сечения. Это поперечное сечение последовательно принимает квадратную форму, ромбовидную форму, квадратную форму, эллиптическую форму и, наконец, круглую форму. Такое решение, однако, ввиду большого количества прокатных пропусков является очень дорогим и не обеспечивает достижения достаточно точных размеров конечного

изделия. В частности, большие деформации, испытываемые прокатываемым металлическим изделием при переходе от поперечного сечения эллиптической формы к поперечному сечению круговой формы, не позволяют получить калиброванное конечное изделие.

Одна из целей предлагаемого изобретения состоит в совершенствовании способа прокатки металлических изделий, который обеспечивал бы возможность получать прокатанные металлические изделия с высоким качеством соблюдения размера и формы.

Еще одна цель предлагаемого изобретения состоит в совершенствовании способа прокатки металлических изделий, который обеспечивал бы возможность повышения механической прочности прокатываемого металлического изделия.

Еще одна цель предлагаемого изобретения состоит в создании способа прокатки металлических изделий, который обеспечивал бы увеличение прокатного воздействия, оказываемого на металлическое изделие.

Еще одна цель предлагаемого изобретения состоит в совершенствовании способа прокатки металлических изделий, который обеспечивал бы возможность расширить диапазон размеров металлических изделий с одним и тем же начальным диаметром. Это значит, что, не меняя раскатные валки или размеры межвалкового зазора, обеспечена возможность калибровки нескольких изделий, имеющих разные входные диаметры при одном и том же входном диаметре.

Для преодоления недостатков предшествующего уровня техники и для достижения указанных выше и других целей и преимуществ заявитель разработал, испытал и осуществил предлагаемое изобретение.

### **Краткое описание предлагаемого изобретения**

Предлагаемое изобретение описано и охарактеризовано в независимых пунктах формулы изобретения, в то время как в зависимых пунктах формулы изобретения описаны другие характеристики предлагаемого изобретения или варианты главного изобретательского замысла.

В соответствии с вышеуказанными целями предлагаемого изобретения, предлагаемый способ прокатки металлических изделий включает совокупность последовательных прокатных пропусков металлического изделия.

Согласно одному аспекту осуществления предлагаемого изобретения предлагаемый способ содержит следующие стадии:

первый прокатный пропуск исходного металлического изделия для получения первого промежуточного продукта, имеющего поперечное сечение ромбовидной формы с равными противоположащими углами и различающимися смежными углами,

второй прокатный пропуск полученного первого промежуточного продукта для получения второго промежуточного продукта, имеющего поперечное сечение квадратной формы по существу с равными углами,

третий прокатный пропуск полученного второго промежуточного продукта для получения третьего промежуточного продукта, имеющего поперечное сечение круглой формы, не являющейся окончательной, и

четвертый прокатный пропуск полученного третьего промежуточного продукта для получения окончательного прокатанного изделия, имеющего поперечное сечение круглой формы, откалиброванной.

Эта комбинация прокатных пропусков обеспечивает возможность получения конечных прокатанных изделий, которые удовлетворяют строгим требованиям в отношении допусков как для размеров, так и для геометрической формы, например, овальной формы прокатанного металлического изделия.

Кроме того, при таком решении обеспечена возможность оказания на прокатываемое металлическое изделие сильного прокатного воздействия, главным образом на стадиях первых двух прокатных пропусков, так что на стадиях третьего и четвертого прокатных пропусков обеспечено получение прокатанного металлического изделия в его окончательной форме.

На практике в процессе первых двух прокатных пропусков необходимые прокатные операции по получению поперечного сечения ромбовидной, а затем квадратной формы вызывают внутреннюю деформацию этого поперечного сечения, которая является равномерной по всей толще. При таком решении обеспечена возможность повышения механической прочности окончательного прокатанного металлического изделия.

Квадратная форма поперечного сечения на выходе второго прокатного пропуска обеспечивает возможность чрезвычайно эффективного управления наведением прокатываемого металлического изделия при последующих прокатных пропусках, благодаря чему обеспечено предотвращение смещения материала внутри межвалковых прокатных каналов, которое могло бы препятствовать достижению определенных и желательных уровней качества.

Кроме того, такое решение позволяет ограничить количество компонентов прокатного устройства с сокращением, тем самым, производственных затрат, а также частоты операций, связанных с техническим обслуживанием и заменой компонентов.

Кроме того, предлагаемое изобретение относится также к устройству для прокатки металлических изделий, которое содержит совокупность прокатных узлов.

Согласно одному из аспектов предлагаемого изобретения, предлагаемое устройство содержит следующие прокатные узлы:

первый прокатный узел, оснащенный первыми раскатными валками, которые вместе образуют первый межвалковый прокатный канал с поперечным сечением ромбовидной формы с равными противолежащими углами и различающимися смежными углами,

второй прокатный узел, оснащенный вторыми раскатными валками, которые вместе образуют второй межвалковый прокатный канал с поперечным сечением квадратной формы, все углы которого по существу равны,

третий прокатный узел, оснащенный третьими раскатными валками, которые вместе образуют третий межвалковый прокатный канал с поперечным сечением круглой формы,

четвертый прокатный узел, оснащенный четвертыми раскатными валками, которые вместе образуют четвертый межвалковый прокатный канал с поперечным сечением круглой формы.

#### **Краткое описание прилагаемых графических материалов**

Эти и другие характеристики предлагаемого изобретения станут ясны из последующего описания некоторых приводимых в качестве примеров и не имеющих ограничивающего характера вариантов его осуществления со ссылками на прилагаемые чертежи.

На фиг. 1 схематично изображен первый прокатный узел прокатного устройства согласно предлагаемому изобретению.

На фиг. 2 схематично изображен второй прокатный узел прокатного устройства согласно предлагаемому изобретению.

На фиг. 3 схематично изображен третий прокатный узел прокатного устройства согласно предлагаемому изобретению.

На фиг. 4 схематично изображен четвертый прокатный узел прокатного устройства согласно предлагаемому изобретению.

На фиг. 5 изображено поперечное сечение металлического изделия, подлежащего прокатке с помощью прокатного устройства согласно предлагаемому изобретению.

На фиг. 6 изображено поперечное сечение прокатываемого металлического изделия, вышедшего из первого прокатного узла.

На фиг. 7 изображено поперечное сечение прокатываемого металлического изделия, вышедшего из второго прокатного узла.

На фиг. 8 изображено поперечное сечение прокатываемого металлического изделия, вышедшего из третьего прокатного узла.

На фиг. 9 изображено поперечное сечение прокатываемого металлического изделия, вышедшего из четвертого прокатного узла.

На фиг. 10 схематично изображено прокатное устройство согласно предлагаемому изобретению.

Чтобы облегчить понимание, для идентификации общих элементов на чертежах, насколько возможно, для общих элементов использованы одни и те же ссылочные обозначения. Должно быть понятно без особых пояснений, что элементы и характеристики одного варианта осуществления предлагаемого изобретения могут быть введены в другие варианты его осуществления.

#### **Подробное описание некоторых вариантов осуществления предлагаемого изобретения**

Далее со ссылками на прилагаемые чертежи будут описаны возможные варианты осуществления предлагаемого способа и устройства 10 для прокатки металлических изделий.

На прилагаемых чертежах с фиг. 1 по фиг. 4 изображены, в возможных вариантах их осуществления, прокатные узлы предлагаемого прокатного устройства 10, выполненного с возможностью прокатки исходного металлического изделия Р (см. фиг. 5) и получения окончательного прокатанного металлического изделия L, выходящего из прокатного устройства 10 (см. фиг. 9).

Согласно одному из аспектов предлагаемого изобретения, прокатное устройство 10 согласно предлагаемому изобретению содержит четыре прокатных узла: первый прокатный узел 11 (см. фиг. 1), второй прокатный узел 12 (см. фиг. 2), третий прокатный узел 13 (см. фиг. 3) и четвертый прокатный узел 14 (см. фиг. 4).

Согласно одному из возможных решений, прокатное устройство 10 согласно предлагаемому изобретению содержит только четыре прокатных узла, а именно: только упомянутый первый прокатный узел 11, второй прокатный узел 12, третий прокатный узел 13 и четвертый прокатный узел 14. Соответственно, одно из возможных решений предлагаемого изобретения предусматривает, что предлагаемый способ прокатки металлических изделий содержит только четыре прокатных пропуска, а именно: первый прокатный пропуск, второй прокатный пропуск, третий прокатный пропуск и четвертый прокатный пропуск. На практике эти четыре прокатных узла обеспечивают возможность желаемого уменьшения поперечного сечения металлического изделия Р с соблюдением желаемых допусков в отношении как размеров, так и геометрической формы. При меньшем количестве прокатных узлов не удалось бы получить особо акцентированных прокатных структурных единиц или добиться соблюдения желаемых допусков. При большем количестве прокатных узлов хотя и удалось бы соблюсти указанные условия, однако, с другой стороны, количество компонентов прокатного устройства 10 было бы больше, что привело бы к

повышению общей стоимости устройства, к износу, которому эти компоненты подвергались бы, и к увеличению операций, связанных с требуемым периодическим техническим обслуживанием.

Прокатные узлы 11, 12, 13 и 14 выполнены с возможностью осуществлять последовательную прокатку входящего металлического изделия Р и получать на конце этой технологической цепочки окончательное прокатанное изделие L, имеющее желаемую форму и размеры.

Согласно одному из возможных вариантов осуществления предлагаемого изобретения, на первый прокатный узел 11 подают металлическое изделие Р, имеющее по существу круглое поперечное сечение (см. фиг. 1) с начальным размером, или начальным диаметром D1.

Согласно одному из вариантов осуществления предлагаемого изобретения, который не нашел отражения на прилагаемых чертежах, металлическое изделие Р, входящее в первый прокатный узел 11 может иметь поперечное сечение прямоугольной формы, квадратной формы, или в целом формы многоугольника со скругленными углами. В этом случае начальный размер металлического изделия Р рассчитывают как эквивалентный диаметр поперечного сечения металлического изделия Р.

Первый прокатный узел 11 выполнен с возможностью обеспечивать для металлического изделия Р первый прокатный пропуск и содержит по меньшей мере первые раскатные валки 15, выполненные с возможностью прокатывать металлическое изделие Р и получать первый промежуточный продукт Р1 (см. фиг. 6), имеющий поперечное сечение ромбовидной формы, то есть, форму ромба, в котором противолежащие углы равны, а смежные углы различаются. Стороны же этого образуемого поперечным сечением ромба, напротив, все равны друг другу по длине, а углы ромба скруглены.

Согласно одному из возможных решений первый прокатный узел имеет только два первых раскатных валка 15.

Для этой цели может быть предусмотрено, чтобы упомянутые первые раскатные валки 15 вместе образовывали между собой первый межвалковый прокатный канал 16, тоже имеющий ромбовидную форму, подходящую для придания формы поперечного сечения первому промежуточному продукту Р1. Поэтому первый межвалковый прокатный канал 16 имеет в поперечном сечении форму ромба, в котором противолежащие углы равны, а смежные углы различаются.

Согласно решению, описываемому со ссылками на фиг. 1, каждый из первых раскатных валков 15 содержит первую окружную канавку 17 V-образного сечения.

Согласно одному из возможных решений, упомянутая первая окружная канавка 17 может иметь при вершине угол  $\alpha$ , величина которого составляет от 100 до 140°, преимущественно - от 102 до 134° с возможностью варьирования согласно поперечному сечению, подвергаемому прокатке.

Эта первая окружная канавка 17 может быть надлежащим образом скруглена в вершине, например, с радиусом кривизны R1, величина которого составляет приблизительно 40% от величины начального диаметра D1 металлического изделия М, подвергаемого прокатке.

Первый межвалковый прокатный канал 16 может быть задан большей диагональю В1 и меньшей диагональю Н1.

Согласно одному из возможных решений, упомянутая большая диагональ В1 первого межвалкового прокатного канала 16 больше или равна начальному диаметру D1 металлического изделия Р, подаваемого на первый прокатный узел 11.

Согласно еще одному возможному решению, упомянутая меньшая диагональ Н1 первого межвалкового прокатного канала 16 меньше начального диаметра D1 металлического изделия Р, подвергаемого прокатке через упомянутый прокатный канал.

Такое решение первого межвалкового прокатного канала 16 обеспечивает возможность подвергать прокатываемое металлическое изделие Р действию первых напряжений сжатия F1 с диаметрально противоположных положений поперечного сечения металлического изделия Р.

Упомянутые первые напряжения сжатия F1 действуют главным образом в первом направлении T1, как показано на фиг. 5, которое в процессе прокатки соответствует направлению взаимного расположения первых окружных канавок 17 первых раскатных валков 15.

В первом прокатном узле 11 металлическое изделие Р может претерпевать сокращение площади поперечного сечения на величину от 12 до 48%.

В частности, это сокращение площади поперечного сечения рассчитываем по следующей формуле

$$RoA = (A_{feed} - A_{exit})/A_{feed},$$

где RoA - сокращение площади,

A<sub>feed</sub> - площадь поперечного сечения на входе в первый прокатный узел 11,

A<sub>exit</sub> - площадь поперечного сечения на выходе из прокатного узла или прокатных узлов в зависимости от рассматриваемого случая.

Возможно решение, предусматривающее, что первые раскатные валки 15 установлены таким образом, что их оси вращения ориентированы параллельно первому направлению Z1, которое в данном случае является горизонтальным. Это первое направление Z1 пролегает по существу под прямым углом к упоминавшемуся выше первому направлению T1, в котором действуют первые напряжения сжатия F1.

Поперечное сечение первого промежуточного продукта Р1, выходящего из первого прокатного узла 11 имеет форму и размер по существу те же, что и первый межвалковый прокатный канал 16, если не

считать упругую восстановительную реакцию материала первого промежуточного продукта P1.

Поэтому поперечное сечение первого промежуточного продукта P1 имеет большую диагональ B1, величина которой больше или равна величине начального диаметра D1 металлического изделия P, и меньшую диагональ H1, которая меньше упомянутого начального диаметра D1.

Особая ромбовидная форма поперечного сечения первого промежуточного продукта P1 обеспечивает возможность удерживать и, следовательно, лучшим образом направлять прокатываемый материал через последующие расположенные последовательно прокатные узлы с предотвращением какого-либо бокового смещения первого промежуточного продукта P1.

Второй прокатный узел 12 выполнен с возможностью выполнять второй прокатный проход и, следовательно, прокатывать первый промежуточный продукт P1 с получением второго промежуточного продукта P2, имеющего квадратное поперечное сечение, то есть, такое поперечное сечение, все углы которого по существу равны друг другу, все стороны которого тоже, по существу, равны друг другу, при этом углы этого квадрата скруглены.

Согласно решению, нашедшему отражение на фиг. 2, второй прокатный узел 12 содержит по меньшей мере два раскатных валка 18, которые выполнены с возможностью прокатывать первый промежуточный продукт P1 и получать второй промежуточный продукт P2 с поперечным сечением ромбовидной формы.

Для этого может быть применено такое решение, при котором вторые раскатные валки 18 вместе образуют второй межвалковый прокатный канал 19, тоже имеющий квадратную форму с практически одинаковыми углами.

Согласно решению, иллюстрируемому на фиг. 7, каждый из вторых раскатных валков 18 имеет вторую окружную канавку 20, которая тоже является V-образной в поперечном сечении.

Согласно решению, иллюстрируемому на фиг. 7, упомянутая вторая окружная канавка 20 может иметь при вершине угол  $\beta$ , величина которого составляет от 80 до 100°, предпочтительно 90°.

Вторая окружная канавка 20 может быть в вершине упомянутого угла надлежащим образом скруглена, например, радиусом кривизны R2, величина которого составляет приблизительно треть от величины начального диаметра D1 металлического изделия M, подвергаемого прокатке.

Упомянутый второй межвалковый прокатный канал 19 имеет первую диагональ H2 и вторую диагональ B2, отношение величин которых составляет от 0,9 до 1,1, предпочтительно - 1,0, что на практике означает, что поперечное сечение имеет по существу форму квадрата со скругленными углами.

Упомянутая первая диагональ H2 определяет расстояние между вершинами поперечного сечения металлического изделия, прокатываемого с помощью вторых раскатных валков 18.

Что же касается второй диагонали B2, то она определяет расстояние между вершинами поперечного сечения вторых круговых канавок 20, выполненных во вторых раскатных валках 18.

Согласно одному из возможных решений, первая диагональ H2 больше, чем упоминавшаяся выше меньшая диагональ H1, а вторая диагональ B2 меньше, чем упоминавшаяся выше большая диагональ B1.

Такое решение второго межвалкового прокатного канала 19 обеспечивает действие на прокатываемый материал вторых напряжений сжатия F2, действующих с противоположных положений главным образом вдоль упомянутой большей диагонали B1 первого промежуточного продукта P1.

При таком решении за счет сил, порождаемых в самом профиле, обеспечено сокращение размеров большей диагонали B1 ромбовидного профиля и следующее из этого увеличение его меньшей диагонали H1.

Упомянутые вторые напряжения сжатия F2 действуют главным образом во втором направлении T2, как можно видеть на фиг. 6, которое ориентировано по существу под прямым углом к упоминавшемуся выше первому направлению T1.

Акцентированное сжатие материала сначала в первом направлении T1, а затем во втором направлении T2 обеспечивает гомогенизацию деформирования материала по всей его толще с оптимизацией и гомогенизацией, тем самым, механической прочности окончательного прокатанного металлического изделия L.

Прокатные воздействия, осуществляемые первым прокатным узлом 11 и вторым прокатным узлом 12, служат для подготовки материала прокатываемого металлического изделия и придания его поперечному сечению начальной формы для последующей подачи в третий прокатный узел 13.

Во втором прокатном узле 12 металлическое изделие P может быть подвергнуто сокращению площади его поперечного сечения, рассчитываемому как было описано выше, это сокращение составляет от 12 до 38%.

Согласно предлагаемому изобретению, первый прокатный узел 11 и второй прокатный узел 12 выполнены с возможностью обеспечивать сокращение размеров поперечного сечения, которое может достигать величины более 66% от начальных размеров металлического изделия P.

Возможно такое решение, при котором предусмотрено, что вторые раскатные валки 18 установлены таким образом, что их оси вращения простираются параллельно второму направлению Z2, которое в данном случае является вертикальным. При таком решении оси вращения вторых раскатных валков 18 расположены под прямым углом к осям вращения первых раскатных валков 15.

На выходе из второго прокатного узла 12 форма и размеры второго промежуточного продукта Р2 по существу те же, что у второго межвалкового прокатного канала 19, если не считать упругую восстановительную реакцию материала второго промежуточного продукта Р2, и поэтому первая диагональ Н2 и вторая диагональ В2 по существу равны тем, которые были указаны выше для второго межвалкового прокатного канала 19.

При таком решении получают второй промежуточный продукт Р2, имеющий поперечное сечение по существу квадратной формы со скругленными углами и практически одинаковыми сторонами. Такое поперечное сечение делает прокатываемое металлическое изделие пригодным для последующей подачи в третий прокатный узел 13.

Третий прокатный узел 13 выполнен с возможностью выполнения третьего прокатного пропуска металлического изделия, приведенного к виду второго промежуточного продукта Р2, для получения третьего промежуточного продукта Р3, имеющего круглую, но не окончательную, форму поперечного сечения.

Под круглой формой поперечного сечения здесь понимается такая форма, в которой невозможно выделить преобладающий размер.

Выражение "но не окончательную" следует понимать так, что, хотя форма и близка к круглой, она пока еще не удовлетворяет заданным требованиям к допускам. В частности, согласно одному из возможных решений, третий промежуточный продукт Р3 имеет круглое поперечное сечение с радиусами, оцененными с другого углового положения этого поперечного сечения, которые могут варьироваться в пределах от 0,92 до 1,08, предпочтительно от 0,95 до 1,05, более предпочтительно от 0,98 до 1,02 от эквивалентного радиуса поперечного сечения третьего промежуточного продукта Р3.

Согласно одному из возможных вариантов осуществления предлагаемого изобретения, второй промежуточный продукт Р2 подают в третий прокатный узел 13 с максимальным эквивалентным диаметром поперечного сечения, составляющим от приблизительно 1,03 до приблизительно 1,20 от желаемого диаметра окончательного металлического изделия, выходящего из четвертого прокатного узла 14.

Согласно одному из возможных решений, если величина эквивалентного диаметра второго промежуточного продукта Р2 меньше, чем 1,03 от величины желаемого диаметра окончательного металлического изделия, выходящего из четвертого прокатного узла 14, то может быть принято решение об исключении из процесса первого прокатного пропуска с использованием первого прокатного узла 11.

Согласно одному из аспектов осуществления предлагаемого изобретения, третий прокатный узел 13 содержит четыре третьих раскатных валки 21, которые выполнены с возможностью прокатки второго промежуточного продукта Р2.

Для получения третьего промежуточного продукта Р3 с круглым поперечным сечением упомянутые третьи раскатные валки 21 образуют третий межвалковый прокатный канал 22, имеющий поперечное сечение по существу круглой формы, по существу согласующейся с требуемой формой поперечного сечения третьего промежуточного продукта Р3, который должен быть получен.

Каждый из третьих раскатных валков 21 имеет третью окружную канавку 23 с поперечным сечением в виде дуги, составляющей часть окружности.

Согласно одному из возможных решений, упомянутый третий межвалковый прокатный канал 22 может иметь диаметр К, величина которого составляет от 0,92 до 0,98 от величины первой диагонали Н2 и второй диагонали В2.

Упомянутый диаметр К, по существу, соответствует диаметру третьего промежуточного продукта Р3, выходящего из третьего прокатного узла 13, если не считать упругую восстановительную реакцию материала третьего промежуточного продукта Р3.

Наличие четырех третьих раскатных валков 21 обеспечивает возможность расположить каждый из них в соответствии с одной из четырех вершин квадрата, образуемого поперечным сечением второго промежуточного продукта Р2, и по этой причине желаемое прокатное воздействие было бы невозможно обеспечить при количестве раскатных валков, меньшем или большем четырех.

Поэтому третьи раскатные валки 21 подвергают второй промежуточный продукт Р2 действию третьих сжимающих напряжений F3, действующих по двум диагоналям поперечного сечения продукта, в данном случае одна из упомянутых диагоналей ориентирована вертикально, а другая - горизонтально, образуя фигуру в виде прямого креста (+).

В частности, упомянутые третьи сжимающие напряжения F3 действуют в третьем направлении Т3 и в четвертом направлении Т4, которые параллельны, соответственно, упоминавшимся выше первому направлению Т1 и второму направлению Т2.

Третьи сжимающие напряжения F3 обеспечивают уплощение скругленных углов третьего квадратного поперечного сечения и округление его сторон с выпучиванием их вовне.

Возможно такое решение, при котором третьи раскатные валки 21 расположены в виде прямого креста (+), то есть, таким образом, чтобы направления Y (см. фиг. 3) третьих окружных канавок 23 пересекались друг с другом в центре третьего межвалкового прокатного канала 22.

В третьем прокатном узле 13 второй промежуточный продукт Р2 может быть подвергнут сокращению площади его поперечного сечения на величину от 5 до 15% по сравнению с его размерами на входе

в третий прокатный узел 13.

На выходе из третьего прокатного узла 13 третий промежуточный продукт РЗ имеет в поперечном сечении, по существу, круглую форму, хотя ограничивающая его замкнутая кривая и не является идеальной окружностью, эта форма гарантирует возможность дальнейшего постепенного преобразования, при котором скругленные углы сечения квадратной формы подвергаются уплощению с подготовкой их к последнему прокатному пропуску в четвертом прокатном узле 14, в котором выполняют четвертый прокатный пропуск. На деле третий прокатный узел 13 создает предпосылки для получения желаемой точности размеров в четвертом прокатном узле 14.

Затем третий промежуточный продукт РЗ подают в четвертый прокатный узел 14, иначе называемый узлом чистовой обработки, в котором этот продукт подвергают прокатке и калибровке с целью получения окончательно прокатанного металлического изделия L с круглым и калиброванным поперечным сечением, то есть, удовлетворяющим требованиям допусков в отношении размера и геометрической формы.

Согласно предлагаемому изобретению обеспечена возможность соблюдения допусков по размеру  $\pm 0,1$  мм и даже меньше. Кроме того, обеспечена также возможность соблюдения допусков в отношении овальности поперечного сечения окончательно прокатанного металлического изделия L, которая меньше 0,1 мм.

Согласно еще одному аспекту осуществления предлагаемого изобретения, четвертый прокатный узел 14 содержит четыре четвертых раскатных валка 24, выполненных с возможностью прокатки третьего промежуточного продукта РЗ.

Каждый из упомянутых четвертых раскатных валков 24 имеет окружную канавку 25 с поперечным сечением в виде дуги окружности, так что все четыре четвертых раскатных валка 24 вместе образуют четвертый межвалковый прокатный канал 26, имеющий поперечное сечение круглой формы, должным образом калиброванное, чтобы гарантировать соблюдение упомянутых допусков в отношении размеров и формы окончательно прокатанного металлического изделия L.

Каждый из четвертых раскатных валков 24 действует на одну из сторон квадратного поперечного сечения второго промежуточного продукта Р2, то есть, с угловым смещением относительно направления действия третьих раскатных валков 21.

На деле четвертые раскатные валки 24 оказывают на третий промежуточный продукт РЗ четвертые сжимающие усилия F4, действующие в пятом направлении T5, и в шестом направлении T6, которые ориентированы под углом к упоминавшимся выше, соответственно, третьему направлению T3 и четвертому направлению T4, по которым действуют третьи сжимающие усилия F3.

Согласно решению, иллюстрируемому на фиг. 8, упомянутые пятое направление T5 и шестое направление T6, по которым действуют четвертые сжимающие усилия F4, отстоят от третьего направления T3 и четвертого направления T4, соответственно, на 45°.

Поэтому в данном случае четвертые раскатные валки 24 расположены в виде креста (×), то есть, эти четвертые раскатные валки 24 ориентированы таким образом, что направления Q четвертых окружных канавок 25 пересекаются в центре поперечного сечения четвертого межвалкового прокатного канала 26.

В данном случае упомянутые направления Q расположены относительно направлений Y третьих окружных канавок 23 с угловым смещением 35°.

Согласно одному из возможных решений, в четвертом прокатном узле 14 третий промежуточный продукт РЗ может быть подвергнут сокращению площади его поперечного сечения приблизительно на 5% или меньше.

В третьем прокатном узле 13 и в четвертом прокатном узле 14 материал обрабатываемого металлического изделия испытывает деформирующие усилия, которые меньше тех, которые он испытывал до того при пропусках через первый прокатный узел 11 и второй прокатный узел 12. На деле в прокатном узле 13 и в четвертом прокатном узле 14 прокатное воздействие не таково, чтобы создавать внутри материала такие напряжения, которые могли бы отрицательно повлиять на механическую прочность материала.

В варианте осуществления предлагаемого изобретения, предусматривающем четыре раскатных валка как в третьем прокатном узле 13, так и четвертом прокатном узле 14, обеспечена возможность расширить диапазон размеров металлических изделий, которые могут быть обработаны без необходимости замены раскатных валков, а только варьируя размеры образуемого ими межвалкового прокатного канала.

В частности, возможно такое решение, при котором с помощью набора раскатных валков первого прокатного узла 11, второго прокатного узла 12, третьего прокатного узла 13 и четвертого прокатного узла 14 обеспечена возможность без замены соответствующих раскатных валков и с соблюдением указанных выше допусков обрабатывать стержни с размерами от 36 до 44 мм.

Это преимущество достигнуто также благодаря специфической форме поперечного сечения первого межвалкового прокатного канала 16, которая даже при изменении размеров, например, по причине того, что потребовалось обработать металлическое изделие M с отличающимися размерами, можно га-

рантировать, что при последующих прокатных пропусках, например, при втором прокатном пропуске будет получена желаемая форма поперечного сечения, в частности, квадратная, а затем круглая.

Должно быть понятно, что описанные выше предлагаемые способ и устройство 10 для прокатки металлических изделий могут быть подвернуты модификациям, и (или) к ним могут быть сделаны добавления без нарушения объема и духа предлагаемого изобретения.

Должно быть понятно также, что хотя предлагаемое изобретение было описано на конкретных примерах, специалист в данной отрасли техники сможет без труда получить другие эквивалентные варианты осуществления предлагаемых способа и устройства 10 для прокатки металлических изделий, признаки которых изложены в формуле изобретения, и поэтому попадающие в объем охраны, определяемый этой формулой изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ прокатки металлических изделий, включающий совокупность последовательных прокатных пропусков, в процессе которых металлическое изделие (Р) подвергают прокатке, характеризующийся тем, что он включает следующие стадии:

первый прокатный пропуск исходного металлического изделия (Р) для получения первого промежуточного продукта (Р1), имеющего поперечное сечение ромбовидной формы с равными противолежащими углами и различающимися смежными углами;

второй прокатный пропуск полученного первого промежуточного продукта (Р1) для получения второго промежуточного продукта (Р2), имеющего поперечное сечение квадратной формы, по существу, с равными углами;

третий прокатный пропуск полученного второго промежуточного продукта (Р2) для получения третьего промежуточного продукта (Р3), имеющего поперечное сечение круглой формы, не являющейся окончательной; и

четвертый прокатный пропуск полученного третьего промежуточного продукта (Р3) для получения окончательного прокатанного изделия, имеющего поперечное сечение круглой формы, откалиброванной;

при этом упомянутый первый прокатный пропуск выполняют с помощью двух первых раскатных валков (15), вместе образующих первый межвалковый прокатный канал (16), имеющий поперечное сечение ромбовидной формы, при этом упомянутый второй прокатный пропуск выполняют с помощью двух вторых раскатных валков (18), вместе образующих второй межвалковый прокатный канал (19), имеющий поперечное сечение квадратной формы, все углы которого, по существу, равны, причем упомянутый третий прокатный пропуск выполняют с помощью четырех третьих раскатных валков (21), а упомянутый четвертый прокатный пропуск выполняют с помощью четырех четвертых раскатных валков (24), при этом

он состоит только из упомянутого первого прокатного пропуска, упомянутого второго прокатного пропуска, упомянутого третьего прокатного пропуска и упомянутого четвертого прокатного пропуска.

2. Способ по п.1, характеризующийся тем, что в процессе первого прокатного пропуска обеспечивают первые напряжения сжатия (F1), действующие в первом направлении (Т1) с диаметрально противоположных сторон металлического изделия (Р), а в процессе второго прокатного пропуска обеспечивают вторые напряжения сжатия (F2), действующие во втором направлении (Т2), ориентированном под прямым углом к упомянутому первому направлению (Т1), с диаметрально противоположных сторон упомянутого первого промежуточного продукта (Р1).

3. Способ по любому из пп.1-2, характеризующийся тем, что в процессе упомянутых первого прокатного пропуска и второго прокатного пропуска обеспечивают уменьшение размеров поперечного сечения более 66% от исходных размеров металлического изделия (Р).

4. Способ по п.1, характеризующийся тем, что с помощью каждого из третьих раскатных валков (21) воздействуют на соответствующий угол поперечного сечения квадратной формы второго промежуточного продукта (Р2) для уплощения этого угла.

5. Способ по п.1, характеризующийся тем, что с помощью каждого из четвертых раскатных валков (24) воздействуют на соответствующую сторону поперечного сечения квадратной формы второго промежуточного продукта (Р2) для скругления этой стороны.

6. Способ по любому из пп.1-5, характеризующийся тем, что в процессе третьего прокатного пропуска площадь поперечного сечения упомянутого второго промежуточного продукта (Р2) подвергают уменьшению на величину от 5 до 15%.

7. Способ по любому из пп.1-6, характеризующийся тем, что в процессе четвертого прокатного пропуска площадь поперечного сечения упомянутого третьего промежуточного продукта (Р3) подвергают уменьшению на величину приблизительно 5% или меньше.

8. Устройство для прокатки металлических изделий способом по п.1, содержащее совокупность прокатных узлов, характеризующееся тем, что оно содержит

первый прокатный узел (11), оснащенный первыми раскатными валками (15), которые вместе образуют первый межвалковый прокатный канал (16) с поперечным сечением ромбовидной формы с равными

ми противолежащими углами и различающимися смежными углами;

второй прокатный узел (12), оснащенный вторыми раскатными валками (19), которые вместе образуют второй межвалковый прокатный канал (19) с поперечным сечением квадратной формы со всеми, по существу, равными углами;

третий прокатный узел (13), оснащенный третьими раскатными валками (21), которые вместе образуют третий межвалковый прокатный канал (22) с поперечным сечением круглой формы;

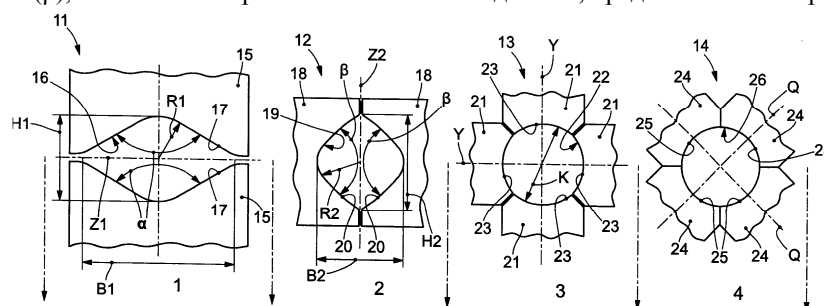
четвертый прокатный узел (14), оснащенный четвертыми раскатными валками (26), которые вместе образуют четвертый межвалковый прокатный канал (26) с поперечным сечением круглой формы;

при этом упомянутый первый прокатный узел (11) содержит два первых раскатных валка (15), в каждом из которых выполнена первая окружная канавка (17) V-образного сечения, при этом упомянутый второй прокатный узел (12) содержит два вторых раскатных валка (18), в каждом из которых выполнена вторая окружная канавка (20) V-образного сечения, при этом оси вращения вторых раскатных валков (18) ориентированы под прямым углом к осям вращения первых раскатных валков (15), упомянутый третий прокатный узел (13) и упомянутый четвертый прокатный узел (14) содержат, соответственно, четыре третьих раскатных валка (21) и четыре четвертых раскатных валка (24), при этом в каждом из третьих раскатных валков (21) и четвертых раскатных валков (24) выполнена окружная канавка (23, 25) с поперечным сечением в виде дуги, составляющей часть окружности, при этом

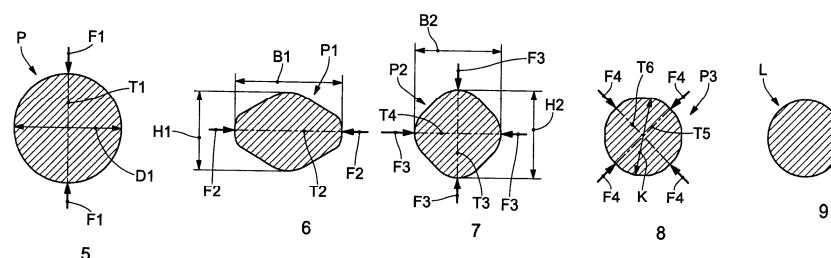
оно состоит только из упомянутого первого прокатного узла (11), упомянутого второго прокатного узла (12), упомянутого третьего прокатного узла (13) и упомянутого четвертого прокатного узла (14).

9. Устройство по п.8, характеризующееся тем, что упомянутая первая окружная канавка (17) при вершине имеет угол ( $\alpha$ ), величина которого составляет от 100 до 140°, предпочтительно от 102 до 134°.

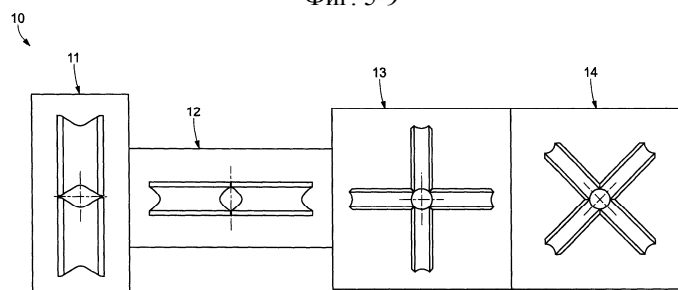
10. Устройство по п.8, характеризующееся тем, что упомянутая вторая окружная канавка (20) имеет при вершине угол ( $\beta$ ), величина которого составляет от 80 до 100°, предпочтительно приблизительно 90°.



Фиг. 1-4



Фиг. 5-9



Фиг. 10



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2