



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F16L 9/02 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2023127621, 27.10.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.10.2023

Дата регистрации:
26.08.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.10.2023

(45) Опубликовано: 26.08.2024 Бюл. № 24

Адрес для переписки:
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,
Центр интеллектуальной собственности,
Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

Логинов Юрий Николаевич (RU),
Водолазский Федор Валерьевич (RU),
Космацкий Ярослав Игоревич (RU),
Илларионов Анатолий Геннадьевич (RU),
Посохин Алексей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: Structure and Hardness Variations
Through Section of Hot-Forged Pipe Billet from
PT-1M Alloy / F.V. Vodolazskiy, S.M. Illarionova,
N.A. Barannikova et al. // XIX International
scientific-technical conference "The Ural school-
seminar of metal scientists-young researchers". -
KnE Engineering, 2019. - P. 261-266. DOI:
10.18502/keg.v1i1.4418. (см. прод.)

(54) ТРУБА ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

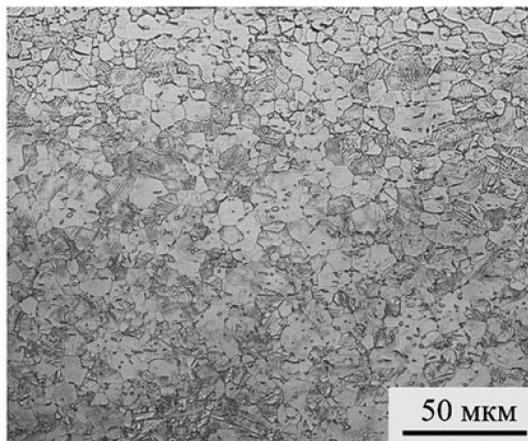
(57) Реферат:

Изобретение относится к области
производства металлических труб,
преимущественно из титановых сплавов.
Предложенная труба из титанового сплава имеет
неоднородную структуру и неоднородное
распределение свойств по толщине стенки.
Твердость металла по толщине стенки
увеличивается от внутренней поверхности
предложенной трубы к внешней поверхности.
Размер зерна по толщине стенки уменьшается от

внутренней поверхности предложенной трубы к
внешней поверхности. При этом средний размер
зерна составляет 9,7 мкм для внутренней и 5,6
мкм для внешней поверхности трубы, или 5,7 мкм
для внутренней и 3,4 мкм для внешней
поверхности трубы. Изобретение обеспечивает
усиление определенных зон трубы, подвергаемых
повышенным механическим нагрузкам. 4 ил., 2
табл.

RU 2 825 502 C1

RU 2 825 502 C1



Фиг. 4

(56) (продолжение):

Водолазский Ф.В., Баранникова Н.А., Илларионов А.Г. Структура, текстура и дюрометрические свойства, формируемые по сечению горячепрессованной трубы из сплава титана ПТ-1М. *Машиностроение: сетевой электронный научный журнал*. 2020. Том 8, N1. Найдено в сети интернет 22.04.2024 по адресу: <https://industrial-engineering.ru/issues/2020/2020-1-2.pdf>. Деформация и термическая обработка труб из титановых сплавов: учебное пособие / А.Г. Илларионов, Я.И. Космацкий, Е.А. Горностаева, Ф.В. Водолазский. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. - 144 с.. RU 2544333 С1, 20.03.2015. RU 2664346 С1, 16.08.2018.

R U 2 8 2 5 5 0 2 C 1

R U 2 8 2 5 5 0 2 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
F16L 9/02 (2024.01)

(21)(22) Application: **2023127621, 27.10.2023**

(24) Effective date for property rights:
27.10.2023

Registration date:
26.08.2024

Priority:
(22) Date of filing: **27.10.2023**

(45) Date of publication: **26.08.2024** Bull. № 24

Mail address:
**620002, g. Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU, Tsentr
intellektualnoj sobstvennosti, Marks T.V.**

(72) Inventor(s):
**Loginov Iurii Nikolaevich (RU),
Vodolazskii Fedor Valerevich (RU),
Kosmatskii Iaroslav Igorevich (RU),
Illarionov Anatolii Gennadevich (RU),
Posokhin Aleksei Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):
**Federal State Autonomous Educational
Institution of Higher Education Ural Federal
University named after the first President of
Russia B.N.Yeltsin (RU)**

(54) **TITANIUM ALLOY PIPE**

(57) Abstract:

FIELD: production of metal pipes.

SUBSTANCE: invention relates to production of metal pipes, mainly from titanium alloys. Disclosed titanium alloy pipe has non-uniform structure and non-uniform distribution of properties along wall thickness. Metal hardness along wall thickness increases from inner surface of proposed pipe to outer surface. Grain size along the wall thickness decreases from the inner

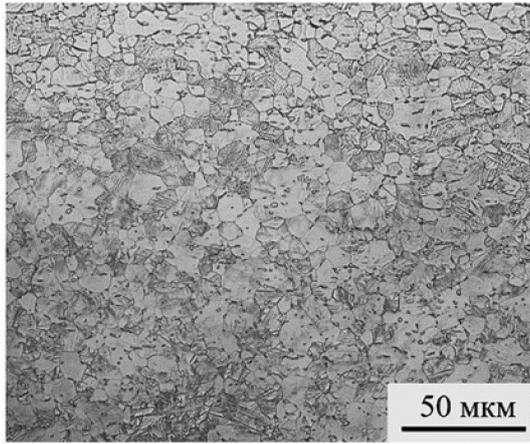
surface of the proposed pipe to the outer surface. Average grain size is 9.7 mcm for inner and 5.6 mcm for the outer surface of the pipe, or 5.7 mcm for inner and 3.4 mcm for the outer surface of the pipe.

EFFECT: invention provides reinforcement of certain pipe zones subjected to increased mechanical loads.

1 cl, 4 dwg, 2 tbl

RU 2 825 502 C1

RU 2 825 502 C1



Фиг. 4

RU 2825502 C1

RU 2825502 C1

Из уровня техники известно стремление технологов изготавливать трубы, в том числе из титановых сплавов, с однородной по толщине стенки структурой и свойствами, что отражено, например, в патенте [Патент № 2794154 C1 Российская Федерация, МПК C22F 1/18, B21B 23/00, B21B 3/00. Способ изготовления заготовок трубных из титановых псевдо α -сплавов 5B и 37. Заявка № 2021132109: заявл. 02.11.2021: опубл. 12.04.2023/ В.П. Леонов, Т.А. Мартынова, В.Н. Копылов [и др.]; заявитель Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство промышленности и торговли Российской Федерации] и что достигается применением длительного рекристаллизационного отжига. Недостатком аналога является как раз достижение однородности свойств. В технике довольно часто необходимо обеспечить повышенные свойства, например, прочностные, в местах, где будут действовать при эксплуатации повышенные механические напряжения.

С целью регулирования граничных условий теплопередачи трубы могут снабжаться рифлениями, как это предложено в патенте RU 5499 [Патент RU 45499. Труба бесшовная для теплообменных аппаратов МПК F16L 9/00. Заявка 2004132276/22: от. 09.11.2004/ А.С. Овчинников, Ю.Н. Логинов, А.Г. Титова; заявитель Уральский государственный технический университет-УПИ", ОАО "Ревдинский завод по обработке цветных металлов". Опубл. 10.05.2005]. Рифления выполнены в виде выступов в форме равнобедренных треугольников, впадины, выполнены в форме равнобедренных трапеций, углы при вершинах треугольников имеют закругления радиусом 0,03...0,08 мм.

Неравномерность свойств по толщине стенки трубы иногда создают за счет нанесения покрытий на внутреннюю или внешнюю поверхности трубы. Так, по патенту RU 48993 [Патент RU 48993. Труба латунная с металлическим покрытием. Рязанцев Ю.В., Васьков Н.С., Логинов Ю.Н. Уральский государственный технический университет-УПИ", ОАО "Ревдинский завод по обработке цветных металлов". Заявка № 2005108023/22 от 21.03.2005. Опубл. 10.11.2005] покрытие расположено на наружной поверхности трубы и выполнено из сплава на основе свинца. Технический результат заключается в улучшении потребительских характеристик трубы, в том числе коррозионной стойкости.

Прием неравномерного распределения свойств по толщине стенки трубы использован в патентах России RU 2553112 [Патент RU 2553112. Труба из аустенитной нержавеющей стали. Нисияма Йоситака (JP), Йонемура Мицухару. Заявка: 2014102599/02, 28.05.2012. 28.05.2012. Патентообладатель(и): Ниппон Стил Энд Сумитомо Метал Корпорейшн. Опубликовано: 10.06.2015.] и США US 9612008 [Патент US 9612008. Austenitic stainless steel tube. Inventor: Nishiyama Yoshitaka [Jp], Yonemura Mitsuharu [Jp]. IPC: C22C38/40, F16L9/02, F22B37/10. Заявка US2014150734 от 2014-06-05, опубл. 2017-04-04]. Здесь предложено именно на внутренней поверхности трубы из аустенитной нержавеющей стали создать слой металла с микроструктурой металла, средняя плотность дислокаций в котором составляет $3,0 \times 10^{14}/\text{м}^2$ или выше, что позволит повысить стойкость к окислению паром.

Применительно к титановым сплавам иногда используют их свойство повышенной анизотропии и создают трубы с повышенной анизотропией в заданном направлении. Например, по патенту [Патент № 2504598. Способ получения трубы из технически чистого титана с радиальной текстурой. МПК C22F 1/18, B21B 17/00, B23K 103/14: Заявка № 2012107940/02: заявл. 01.03.2012/ Ю. Н. Логинов, А. А. Ершов; заявитель Уральский федеральный университет. Опубл. 20.01.2014] предложено изготавливать заготовки в виде колец, деформировать их с уменьшением толщины их стенок и увеличением их диаметра, а затем сваривать торцами встык с получением трубы.

Деформацию колец производить прокаткой на кольцепрокатном стане или ковкой на оправке на кузнечном оборудовании. По этому патенту создается свойство анизотропии, но анизотропия не изменяется от наружной стенки трубы к внутренней.

Из уровня техники известно, что трубы различного назначения могут обладать различными характеристиками по толщине стенки. Например, по патенту [Патент на полезную модель № 45173 U1 Российская Федерация, МПК F16L 9/00. Трубная заготовка для изготовления колец синхронизаторов. Заявка № 2004134405/22; заявл. 25.11.2004; опубл. 27.04.2005/ Р.К. Мысик, Ю.Н. Логинов, С.В. Брусницын [и др.]; заявитель Уральский государственный технический университет-УПИ, ОАО "Ревдинский завод по обработке цветных металлов"] заявлена трубная заготовка для изготовления колец синхронизаторов. Заготовка, выполнена из сплава медь-цинк-марганец-алюминий-железо-кремний-свинец, содержащего α -фазу, $(\alpha+\beta')$ -фазу и частицы интерметаллидных соединений железа, кремния и марганца. Отличается тем, что содержание α -фазы изменяется по толщине стенки трубной заготовки в направлении радиуса с понижением содержания α -фазы по направлению к наружной поверхности трубной заготовки. Содержание $(\alpha+\beta')$ -фазы изменяется по толщине стенки трубной заготовки в направлении радиуса с повышением содержания β -фазы по направлению к наружной поверхности трубной заготовки. Понижение содержания α -фазы по направлению к наружной поверхности трубной заготовки составляет 5-15%. Повышение содержания $(\alpha+\beta')$ -фазы по направлению к наружной поверхности трубной заготовки составляет 5-15%. Технический результат от применения заявленного объекта заключается в повышении износостойкости деталей. Недостатком объекта является невозможность использования распределения указанных фаз применительно к титановым сплавам из-за разницы в кристаллических решетках медных и титановых сплавов. Вместе с тем, этот объект обладает наибольшим количеством сходных с заявляемым свойств, главное из которых труба имеет неоднородную структуру и неоднородное распределение свойств по толщине стенки. Техническая проблема, решаемая в заявляемом объекте, состоит в необходимости усиления определенных зон трубы, подвергаемых повышенным нагрузкам.

Предлагается труба из титана или титанового сплава, имеющая неоднородную структуру и неоднородное распределение свойств по толщине стенки. Она отличается тем, что твердость металла по толщине стенки увеличивается от внутренней поверхности трубы к внешней поверхности. Кроме того, размер зерна по толщине стенки уменьшается от внутренней поверхности трубы к внешней поверхности.

Из области материаловедения известно, что прочность металла находится в пропорциональной зависимости от твердости металла. Поэтому, повышая твердость металла, достигают повышения прочности. Если твердость металла повышается от внутренней поверхности к наружной, то такой же характер зависимости существует для прочности. Трубы, находящиеся под большим наружным давлением, например, со стороны жидкости, испытывают механические напряжения в стенке. При этом эпюра этих напряжений имеет возрастающий характер по направлению от внутренней стенки к наружной. Если применить наиболее простую первую теорию прочности, то для надежной эксплуатации трубы следует выполнить условие

$$\sigma < \sigma_b/n, (1)$$

где σ - напряжения, действующие в трубе; σ_b - временное сопротивление (предел прочности); n - коэффициент запаса.

В соответствии с этой формулой, повышая прочность в определенных слоях металла, мы можем допустить действие в этих слоях больших напряжений. Именно такая ситуация

возникает при нагружении трубы внешним давлением. В такой схеме радиальное напряжение на внутренней поверхности равно нулю, а на наружной оно достигает наибольшего значения. Поэтому на этой поверхности необходимо обеспечить наибольшую прочность. Ситуация воздействия большого наружного давления возникает при использовании труб, например, глубоководных аппаратов и подводных лодок, которые в последнее время стараются изготавливать из титана или титановых сплавов вследствие их повышенной прочности и коррозионной стойкости.

Пример 1. Методами холодной прокатки и термообработки получили трубу (диаметр 25 мм, толщина стенки 2 мм) из титана марки ПТ-1М с характеристиками, отраженными в табл. 1

Координата измерений по стенке трубы	Средний размер зерна, мкм	Твердость, HV
Внутренняя поверхность	5,7	169
Середина стенки	4,4	175
Наружная поверхность	3,4	181

Металлографический анализ показал, что изменение твердости достигнуто за счет изменения размера зерна, при этом со стороны внутренней поверхности оно оказалось больше - 5,7 мкм (фиг. 1), а со стороны внешней поверхности меньше 3,4 мкм (фиг. 2).

Тем самым показано, что неравномерное распределение твердости, а значит и прочности по стенке трубы, изготовленной из титана, достижимо.

Пример 2. Методами холодной прокатки и термообработки получили трубу (диаметр 38 мм, толщина стенки 5 мм) из титанового сплава ПТ-3В с характеристиками, отраженными в табл. 2

Координата измерений по стенке трубы	Средний размер зерна, мкм	Твердость, HV
Внутренняя поверхность	9,7	219
Середина стенки	7,2	224
Наружная поверхность	5,6	233

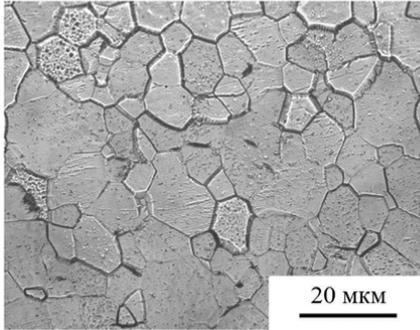
Металлографический анализ показал, что изменение твердости достигнуто за счет изменения размера зерна, при этом со стороны внутренней поверхности оно оказалось больше - 9,7 мкм (фиг. 3), а со стороны внешней поверхности меньше 5,6 мкм (фиг. 4).

Тем самым показано, что неравномерное распределение твердости, а значит и прочности по стенке трубы, изготовленной из титанового сплава, достижимо.

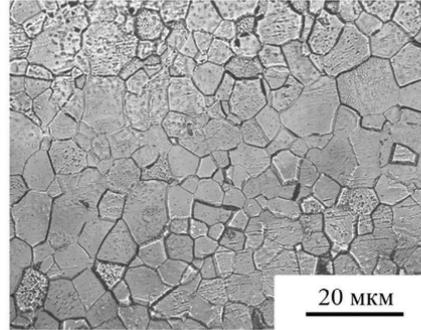
Применение предлагаемого устройства позволяет решить поставленную техническую проблему и достичь технического результата усиления определенных зон трубы, подвергаемых повышенным механическим нагрузкам.

(57) Формула изобретения

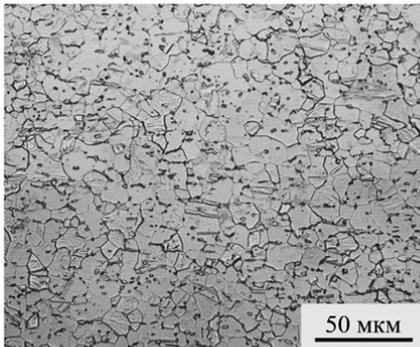
Труба из титанового сплава, имеющая неоднородную структуру и неоднородное распределение свойств по толщине стенки, отличающаяся тем, что твердость металла по толщине стенки увеличивается от внутренней поверхности трубы к внешней поверхности, размер зерна по толщине стенки уменьшается от внутренней поверхности трубы к внешней поверхности, при этом средний размер зерна составляет 9,7 мкм для внутренней и 5,6 мкм для внешней поверхности трубы, или 5,7 мкм для внутренней и 3,4 мкм для внешней поверхности трубы.



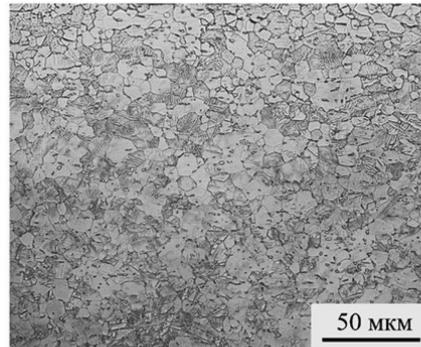
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4