



(51) МПК

*B02C 15/00* (2006.01)*B02C 4/00* (2006.01)*B02C 17/00* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013108795/13, 26.02.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
26.02.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.02.2013

(43) Дата публикации заявки: 10.09.2014 Бюл. № 25

(45) Опубликовано: 10.02.2015 Бюл. № 4

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: СИДЕНКО П.М., Измельчение в химической промышленности, Москва, Химия, 1977, с.105-107. RU 2054326 С1, 20.02.1996. WO 86/04835 А1, 21.08.1986. US 2009/0084874 А1, 02.04.2009. RU 2139762 С1, 20.10.1999. US 2042254 А, 26.05.1936

Адрес для переписки:

198264, Санкт-Петербург, пр. Ветеранов, 133,  
корп. 2, кв. 296, Богданов Л.К.

(73) Патентообладатель(и):

**БОГДАНОВ ЛЕВ КОНСТАНТИНОВИЧ**  
(RU)

## (54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

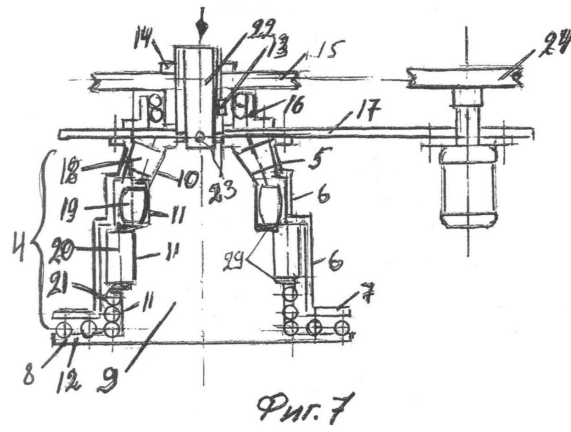
(57) Реферат:

Изобретение относится к способам и устройствам для измельчения различных материалов. Способ измельчения заключается в том, что дезинтеграцию измельчаемого материала осуществляют на вращающейся опорной поверхности 2 мелющими телами 1, имеющими форму тел вращения. При этом мелющие тела 1 размещают в один слой между двумя опорными поверхностями 2, а величину зазора между поверхностью мелющих тел 1 и опорными поверхностями 2 устанавливают меньше 0,86 диаметра мелющих тел 1. Опорные поверхности 2, имеющие форму цилиндра 6, 11, конуса 5, 10 или круга 7, 12, устанавливают параллельно или под углом друг к другу. Величину угла устанавливают меньше угла трения материала мелющих тел и опорных поверхностей об измельчаемый материал. Опорные поверхности размещают относительно друг друга коаксиально или с эксцентриситетом и ориентируют

горизонтально, вертикально или под наклоном. Устройство для измельчения содержит неподвижный корпус 4, имеющий замкнутую форму, мелющие тела 1, контактирующие с корпусом 4 и выполненные в виде тел вращения, и привод вращения. Корпус 4 состоит из неподвижно соединенных между собой конической части 5, цилиндрической ступенчатой части 6 и горизонтальной части 7 в форме круга, снабженной концентричными направляющими канавками. Во внутренней полости корпуса 4 размещен ротор 9. Ротор 9 также состоит из неподвижно соединенных между собой конической части 10, цилиндрической ступенчатой части 11 и горизонтальной части 12 в форме круга. В зазорах между корпусом и ротором размещены мелющие тела 1, имеющие форму конических 18, бочкообразных 19 или цилиндрических 20 роликов или шариков различного размера с поверхностной насечкой

или без нее. Способ и устройство обеспечивают  
повышение эффективности измельчения. 2 н. и 1

з.п. ф-лы, 8 ил.



RU 2540537 C2

RU 2540537 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*B02C 15/00* (2006.01)  
*B02C 4/00* (2006.01)  
*B02C 17/00* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2013108795/13, 26.02.2013

(24) Effective date for property rights:  
26.02.2013

Priority:

(22) Date of filing: 26.02.2013

(43) Application published: 10.09.2014 Bull. № 25

(45) Date of publication: 10.02.2015 Bull. № 4

Mail address:

198264, Sankt-Peterburg, pr. Veteranov, 133, korp.  
2, kv. 296, Bogdanov L.K.

(73) Proprietor(s):

**BOGDANOV LEV KONSTANTINOVICH**(RU)

(54) **METHOD AND DEVICE FOR GRINDING**

(57) Abstract:

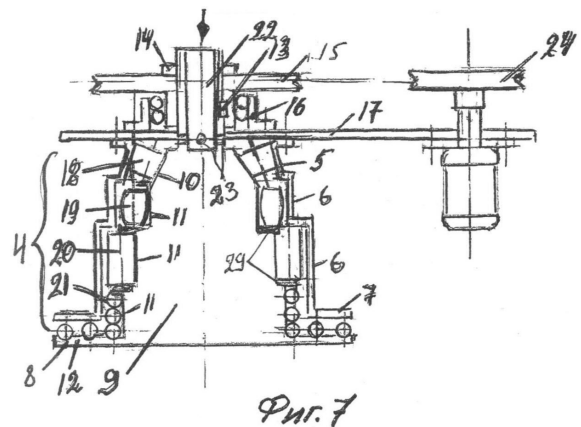
FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention relates to fine grinding of various materials. Proposed process consists in material crushing at rotary bearing surface 2 by grinding bodies 1 shaped to solids of revolution. Note here that grinding bodies 1 are arranged in one ply between two bearing surfaces 2 while clearance between grinding bodies 1 and bearing surfaces set smaller than 0.86 of grinding body diameter 1. Bearing surfaces 2 shaped to cylinder 6, 11, cone 5, 10 or circle 7, 12 are set parallel or at angle to each other. Angle is et smaller the that of friction of grinding body and bearing surface material against ground material. Bearing surface are arranged coaxially or off-centred relative to each other and oriented horizontally, vertically or with inclination. Grinder comprises fixed housing 4 with closed shape, grinding bodies 1 in contact with casing 4 and composed of solids of revolutions, and drive of rotation. Casing 4 consists of deady interconnected conical part 5, cylindrical stepwise part 6 and circular part 7 provided with concentric guide grooves. Casing 4 houses rotor

9. The latter consists of said interconnected conical part 10, cylindrical stepwise part 11 and circular horizontal part 12. Grinding bodies 1 shaped to conical rollers 18, barrel-like rollers 19 or cylindrical rollers 20 or balls with surface notches or without it are fitted in clearance between casing and rotor.

EFFECT: higher efficiency of grinding.

3 cl, 8 dwg



RU 2 540 537 C2

RU 2 540 537 C2

Настоящее изобретение относится к процессам дезинтеграции хрупких материалов механическими устройствами сухим и мокрым способом в вакууме или при атмосферном давлении. Оно может применяться во всех отраслях промышленности, где необходимо

5 получение порошков в диапазоне крупности от единиц миллиметров до наноразмеров. В основе предлагаемого способа и в реализующих его устройствах лежит механическое разрушение путем раздавливания и истирания частиц исходного материала мелющими телами на опорной поверхности и при взаимодействии мелющих тел между собой.

Известны реализации такого способа разрушения шарами или стержнями в 10 барабанных мельницах (1), шарами - в вибромельницах, планетарных мельницах, аттриторах (1, 2, 3, 4), шариками - в бисерных мельницах (1). При всех своих достоинствах всем этим устройствам присущи два основных недостатка:

- большие затраты энергии на холостом ходу и, как следствие, низкий коэффициент полезного действия;
- 15 - ограничение дробящего усилия массой мелющих тел и придаваемым им ускорением, что существенно снижает КПД процесса по мере уменьшения крупности измельчаемого материала и роста требований к тонине помола.

Наиболее близким к предлагаемому способу измельчения по принципу, заложенному в основу взаимодействия частиц исходного материала и элементов, его разрушающих, 20 является способ измельчения, заложенный в работе бегунов (1).

В них частицы измельчаемого материала раздавливаются и истираются между мелющими телами и опорной поверхностью. При этом один из этих элементов имеет форму тела вращения (жернов), а другой создает замкнутую опорную поверхность (чашу) и вращается.

25 Хотя многократное направленное разрушающее воздействие на материал и дает возможность получать таким способом тонкоизмельченные продукты, ему в полной мере свойственны все недостатки, отмеченные ранее.

В предлагаемом способе измельчения за счет того, что мелющие тела размещают между двумя опорными поверхностями, разрушающее усилие, которое передают на 30 частицы через мелющие тела от одной или обеих опорных плоскостей, не зависит от массы мелющего тела и определяется только мощностью привода, за счет которого перемещают опорные плоскости

При этом потери холостого хода за счет сбалансированности вращающихся масс определяются только потерями трения качения, создаваемого мелющими при их 35 движении по опорным поверхностям.

Это позволяет, увеличив энергонапряженность процесса до необходимых пределов, с КПД до 90% направить прилагаемое усилие непосредственно на дезинтеграцию исходного материала, за счет чего с высокой эффективностью получать готовые продукты практически любой тонины помола вплоть до наноразмеров.

40 Предлагаемый способ имеет существенные преимущества в сравнении с известными способами и прототипом, в которых на перемещение мелющих тел затрачивается основная часть энергии вне зависимости от наличия или отсутствия при этом измельчаемого материала.

От прототипа предлагаемый способ, кроме ранее отмеченных особенностей, 45 отличается наличием большого количества мелющих тел различных свойств, видов и форм в сочетании с таким же разнообразием разновидностей опорных поверхностей, а также широчайшим разнообразием конфигураций и способов взаимной компоновки всех этих элементов.

В устройствах, реализующих предлагаемый способ измельчения, поставленная цель - увеличение эффективности процесса - достигается за счет того, что в неподвижном корпусе концентрично с ними размещен вращающийся от привода ротор, а в зазоре между ними размещены мелющие тела; при этом форма, конфигурация всех этих элементов выполняется в различных сочетаниях и вариантах, а для увеличения производительности такие устройства вставлены концентрично друг в друга.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ЧЕРТЕЖЕЙ

ФИГ.1 - принцип взаимодействия мелющих тел и опорных поверхностей с частицами измельчаемого материала.

ФИГ.2 - вариант упорядоченного размещения мелющих тел на горизонтально расположенных опорных поверхностях.

ФИГ.3 - вариант самопроизвольного размещения мелющих тел.

ФИГ.4 - вариант упорядоченного размещения мелющих тел на вертикально расположенных параллельных опорных поверхностях.

ФИГ.5 - вариант самопроизвольного размещения мелющих тел на наклонно, расположенных параллельных опорных поверхностях.

ФИГ.6 - вариант самопроизвольного размещения мелющих тел в опорных плоскостях расположенных под углом друг к другу.

ФИГ.7 - поперечный разрез однослойного устройства.

ФИГ.8 - поперечный разрез многослойного устройства.

Фиг.1 иллюстрирует сущность предлагаемого способа измельчения. Мелющие тела 1 размещают в один слой между двумя опорными поверхностями 2. При этом зазор между мелющими телами 1 и опорными плоскостями 2 устанавливается и регулируется в пределах меньших чем 0,86 от диаметра мелющего тела 1, чем автоматически поддерживают однослойное размещение мелющих тел 1. Частицы исходного материала 3 подаются на одну из опорных плоскостей 2, которую перемещают относительно мелющего тела 1 и которому за счет трения с этой опорной поверхностью 2 придают вращательное движение. Частицы исходного материала 3 за счет того, что их размеры в 15-20 раз меньше диаметра мелющего тела 1 (угол захвата частиц исходного материала 3 мелющим телом 1 при этом меньше угла трения материала частиц исходного материала 3 о материал мелющих тел 1), затягивают под мелющее тело 1, а поскольку второй опорной поверхностью 2 ограничивают возможность вертикального перемещения мелющего тела 1, то, таким образом, производят раздавливание частиц исходного материала 3 мелющими телами 1. При этом мелющим телам 1 придают форму тел вращения, а опорным поверхностям 2 - конфигурацию, по которой мелющие тела 1 перемещают по замкнутой траектории. Опорные поверхности выполняют конической 5, 10, цилиндрической 6, 11, плоской 7, 12 конфигураций (фиг.7).

Форму мелющим телам 1 придают шарообразную 21, цилиндрическую 20, коническую, 18, бочкообразную 19 или любую другую, имеющую форму тел вращения (фиг.7).

В зависимости от требований к процессу измельчения опорные поверхности 2 вращают либо навстречу друг другу, либо обе в одну сторону, но с различной скоростью, либо перемещают только одну из них.

Для повышения эффективности процесса измельчения в зависимости от максимального размера частиц измельчаемого материала и изменения его свойств в процессе дезинтеграции опорные поверхности 2 по ходу движения измельчаемого материала от загрузки к выгрузке выполняют различных конфигураций, размеров и прикладывают к ним различные силы сжатия; размещают их концентрично или с

эксцентриситетом, а мелющими телам 1, которые размещают в зазоре между ними, придают различные размеры, форму, вид насечек и загружают их в различном количестве, а сам зазор регулируют плавно или ступенчато.

При этом мелющие тела 1 размещают упорядоченно (фиг.2, 4) или самопроизвольно (фиг.3, 5, 6).

Представленное на фиг.7 устройство объединяет в себе сразу несколько вариантов исполнения. В принципе, оно может быть и только конической, и цилиндроконической, и горизонтальной, и любой другой комбинацией соединения между собой корпусов и роторов различной конфигурации и размеров.

В варианте многослойного устройства для измельчения (фиг.8) корпус 4 состоит из различного постепенно уменьшающегося диаметра концентрично расположенных друг в друге и жестко соединенных концентрических частей корпуса 25 с просверленными в днище корпуса 4 разгрузочными отверстиями 27.

Ротор 9 состоит из различного постепенно уменьшающегося диаметра концентрично расположенных друг в друге и соединенных между собой концентрических частей ротора 26, в верхних соединяющих фланцах которых под наклоном от центра к периферии просверлены питающие отверстия 28. В нижних частях концентрических частей ротора 26 закреплены ограничительные шайбы 29.

Ротор 9 вставлен в корпус 4, а промежутки между ними заполнены мелющими телами 1 различных формы, размера и количества в упорядоченном и самопроизвольном порядке.

Рабочие поверхности (поверхности, контактирующие с измельчаемым материалом 3) и корпуса 4 и ротора 9 выполняются цилиндрическими или коническими и у части из них в качестве рабочей используются и внешняя и внутренняя их поверхности.

Конструкция всех остальных частей этого устройства аналогична конструкции однослойного устройства (фиг.7).

Однослойное устройство для измельчения (фиг.7), реализующее заявленный способ, работает следующим образом.

Измельчаемый материал 3, подаваемый во внутреннюю выборку 22 ротора 9, за счет центробежной силы, создаваемой за счет его вращения от ведомого шкива 15, поступает через отверстия тракта подачи 23, направляется в зазор между корпусом 4 и ротором 9, где за счет его раздавливания и истирания последовательно производится дезинтеграция измельчаемого материала 3 сначала большого диаметра коническими роликами 18, далее - бочкообразными роликами 19, цилиндрическими роликами 20, шариками 21 в вертикальной полости и шариками 21 - в горизонтальной полости между горизонтальной частью корпуса 7 и горизонтальной частью ротора 12, где шарики 21 перемещаются по упорядоченным траекториям, определяемым направляющими канавками 8, что предохраняет их от выпадения из устройства под действием центробежной силы. Под действием этой же силы и происходит выгрузка измельчаемого материала 3.

В остальной части устройства измельчаемый материал 3 перемещается за счет сил тяжести, сползая по внутренней части корпуса 4.

Для регулирования степени измельчения, формы частиц готового продукта и производительности размер, количество и конфигурацию мелющих тел 1, вид насечек на них и рабочих поверхностях корпуса 4 и ротора 9 изменяют в широких пределах при соблюдении одного обязательного условия: мелющие тела 1 должны загружаться в один слой и с зазором между ними и опорными плоскостями 2, обеспечивающим эффективную передачу измельчающих усилий от привода 24 к измельчаемому материалу

3.

Этот зазор как один из определяющих эффективность процесса измельчения параметров либо регулируют, либо поддерживают практически постоянным, например, за счет вертикального перемещения по скользящей шпонке 13 воздействием регулировочной гайки 14 ротора 9 относительно корпуса 4 в варианте исполнения хотя бы одного из них конусообразной формы. При этом мелющие тела 1, поддерживаемые в постоянном положении на роторе 9 ограничительными шайбами 29, изменяют свой зазор относительно корпуса 4 за счет конусности.

Тонкость измельчения готового продукта регулируется изменением числа взаимодействий мелющих тел 1 с измельчаемым материалом 3 за счет изменения скорости вращения привода 24, изменения числа мелющих тел 1 в загрузке и изменением времени прохождения измельчаемого материала в устройстве за счет регулирования

Упорядоченное размещение мелющих тел 1 регламентируют, например, за счет того, что их помещают в направляющие канавки 8 (фиг.2, 4, 7).

Для самопроизвольного размещения мелющих тел 1 между опорными поверхностями 2 используют силу тяжести.

За счет того что изменяют соотношение между количеством самопроизвольно и упорядоченно размещенных мелющих тел 1 изменяют соотношение между раздавливающим и истирающим усилиями при измельчении: чем больше мелющих тел размещают самопроизвольно, тем больше производят измельчение истиранием, а чем больше мелющих тел размещают упорядоченно, тем больше измельчаемый материал подвергают раздавливанию.

Эффективность процесса измельчения повышают за счет того, что мелющие тела и опорные поверхности снабжают насечками различной формы и конфигурации. Насечки выполняют кольцевыми, винтовыми, непрерывными или прерывистыми с профилем зубцов: треугольной, трапецеидальной или сферической формы. Профиль насечек может быть выполнен и любой другой конфигурации.

В зависимости от изменения свойств исходного материала 3 по мере уменьшения его крупности в процессе измельчения плавно или ступенчато изменяют форму, размер, количество и вид насечек, число мелющих тел 1, также конфигурацию, вид насечек и скорость вращения опорных поверхностей 2, а также величину зазора между мелющими телами 1 и опорными поверхностями.

При вертикальном или сильнонаклонном положении опорных плоскостей 2 (фиг.4, 5) измельчаемый материал 3 перемещают, как правило, под воздействием силы тяжести. В вариантах горизонтального или слабонаклонного расположения опорных плоскостей 2, а также когда этому перемещению препятствует центробежная сила, прижимающая измельчаемый материал 3 к подвижной опорной поверхности 2, используют либо механический способ перемещения, для чего на неподвижной опорной поверхности 2 закрепляют наклонные плоскости (шнеки), либо на исходный материал воздействуют потоком жидкой или газообразной среды, которую принудительно прокачивают между опорными плоскостями в направлении от загрузки измельчаемого материала 3 к месту его выгрузки.

На эффективность измельчения влияют и за счет того, что изменяют направление и регулируют скорость потока этих жидкой или газообразной сред.

На фиг.7 и 8 представлены варианты практической реализации предлагаемого способа в устройствах для измельчения.

В варианте однослойного устройства для измельчения фиг.7 оно состоит из неподвижно соединенных в общий корпус 4 конической части корпуса 5, цилиндрической

ступенчатой части корпуса 6, состоящей из полых цилиндров одного или разных диаметров и горизонтальной части корпуса 7, имеющего форму круга.

Внутри корпуса 4 с зазором вставлен ротор 9, выполненный из неподвижно соединенных между собой конической части ротора 10, цилиндрической ступенчатой части ротора 11, состоящей из одного или нескольких цилиндров разного диаметра, и горизонтальной части ротора 12, имеющей форму круга с проточенными концентрично направляющими канавками 8.

В роторе 9 в верхней его части сделана внутренняя выборка 22 с просверленными в стенках ее нижней части трактами подачи 23. При этом ротор 9 через скользящую шпонку 13 и с помощью регулировочной гайки 14 закреплен в ведомом шкиве 15, вращающемся в опоре вращения 16, которая, как и корпус 4 и привод 24, закреплена на основании 17. Зазор между корпусом и ротором заполнен мелющими телами 1 различного размера, формы. Это конические ролики 18, цилиндрические ролики 20, бочкообразные ролики 19 и шарики 21.

В местах изменения формы или диаметра ротора 9 к нему закреплены ограничительные шайбы 29.

Изменение производительности определяют по исходному питанию и скорости прохождения измельчаемого материала через устройство.

На фиг.8 представлен вариант многослойного устройства для измельчения, производительность которого за счет измельчения в нескольких концентрично расположенных однослойных устройствах существенно увеличивается.

В нем измельчаемый материал 3 по аналогии с однослойным устройством поз.7 через внутреннюю выборку 22 и тракты подачи 23 подается на верхнюю поверхность ротора 9, перемещаясь по которой под действием центробежной силы через питающие отверстия 28 за счет их встречного наклона попадает в зону измельчения между концентрическими частями корпуса 25 и концентрическими частями ротора 26 под воздействием мелющих тел 1, где по мере перемещения под действием силы тяжести сверху вниз измельчаемый материал 3, подвергаясь многократным раздавливающим, истирающим и внутрислойным разрушениям, попадает на нижнюю поверхность корпуса 4 и через выпускные отверстия 27 выгружается как готовый продукт.

Роторы 9, опирающиеся через регулировочную гайку 14 на ведомый шкив 15 и на опору вращения 16 через скользящую шпонку 13, получают вращение от привода 27.

В тех слоях устройства, где вращение получает внешняя опорная поверхность 2 (где ротор 9 расположен с внешней стороны корпуса 4), перемещение прижатого к ротору 9 центробежной силой измельчаемого материала 3 может производиться принудительно, например, закрепленными на неподвижной опорной поверхности 2 (корпусе 4) шнеками или за счет прокачивания через устройство транспортирующей газообразной или жидкой среды.

Сечение питающих отверстий 28 от центральных слоев устройства к периферийным увеличивается пропорционально увеличению диаметра вращения центров мелющих тел 1 соответствующего слоя, чем создаются одинаковые условия измельчения в каждом из них.

Использование многослойного варианта позволяет создавать компактные высокопроизводительные устройства для измельчения, которые за счет увеличения длины, скорости вращения и загрузки мелющими телами позволяют получать тонкие, ультратонкие и нанопорошки с высоким кпд, высокой производительностью и низким (из-за малого времени контакта с опорными поверхностями 2 и мелющими телами 1) намолотом посторонних примесей.

Используя различные типы мелющих тел 1, создавая различные сочетания упорядоченного расположения мелющих тел 1 в направляющих канавках 8 с самопроизвольным их размещением, можно изменять соотношение между раздавливающим и истирающим воздействием на измельчаемый материал, а регулируя величину зазора между мелющими телами 1 и опорными плоскостями 2, можно регулировать степень воздействия на измельчаемый материал 3 эффекта внутрислойного измельчения.

Все разновидности устройств, реализующих предлагаемый способ, включая вышеописанные, могут работать при атмосферном давлении и в вакууме, в среде любого, в том числе и инертного, газа и в жидкой среде.

#### Источники информации

1. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. М.: Химия, 1977.
2. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. М., 1980.
3. Справочник по обогащению руд. М., 1982.
4. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Аттритор->

#### Формула изобретения

1. Способ измельчения, включающий в себя сухую или мокрую дезинтеграцию измельчаемого материала на вращающейся поверхности мелющими телами, имеющими форму тел вращения, отличающийся тем, что мелющие тела размещают упорядоченно или самопроизвольно в один слой между двумя опорными поверхностями, при этом величину зазора между поверхностью мелющих тел и опорными поверхностями устанавливают меньше 0,86 диаметра мелющих тел, а опорные поверхности, которым придают форму цилиндра, конуса или круга, устанавливают параллельно или под углом друг к другу, величину которого устанавливают меньше угла трения материала мелющих тел и опорных поверхностей об измельчаемый материал, при этом опорные поверхности размещают относительно друг друга коаксиально или с эксцентриситетом и ориентируют горизонтально, вертикально или под наклоном.

2. Устройство для измельчения по предлагаемому способу, состоящее из неподвижного корпуса, имеющего замкнутую форму, контактирующих с ним мелющих тел в виде тел вращения и привода вращения, отличающееся тем, что корпус состоит из неподвижно соединенных между собой конической части, цилиндрической ступенчатой части и горизонтальной части в форме круга, снабженной концентричными направляющими канавками, а во внутренней полости корпуса коаксиально или с эксцентриситетом к нему размещен ротор, состоящий из неподвижно соединенных между собой конической части, цилиндрической ступенчатой части и имеющей форму круга горизонтальной части, при этом ротор закреплен через скользящую шпонку и регулировочную гайку на ведомом шкиве, который через опору вращения зафиксирован на основании, а в зазоре между корпусом и ротором размещены мелющие тела, имеющие форму конических, бочкообразных или цилиндрических роликов или шариков различного размера с поверхностной насечкой или без нее, при этом внизу внутренней выборки верхней части ротора, расточенной до уровня загрузки мелющих тел, в ее стенках просверлены отверстия тракта подачи исходного питания, а ведомый шкив через клиноременную передачу соединен с закрепленным на основании приводом.

3. Устройство по п.2, отличающееся тем, что корпуса и роторы выполнены из отдельных концентричных частей цилиндрической или конической формы с уменьшающимся от периферии к центру диаметром, между которыми размещены

мелющие тела, при этом под каждым рядом мелющих тел в корпусе просверлены разгрузочные отверстия, а на всех частях ротора в нижней части имеются ограничительные шайбы и над каждым рядом мелющих тел под углом от центра к периферии просверлены питающие отверстия, при этом некоторые из частей корпуса и ротора контактируют с мелющими телами с двух сторон.

10

15

20

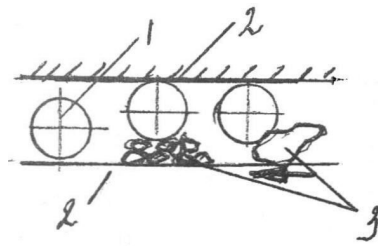
25

30

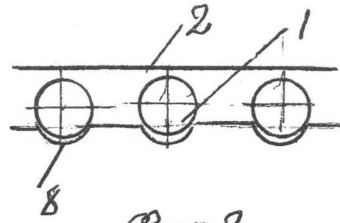
35

40

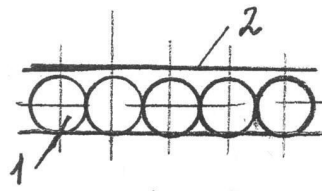
45



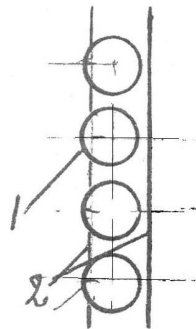
Фиг. 1



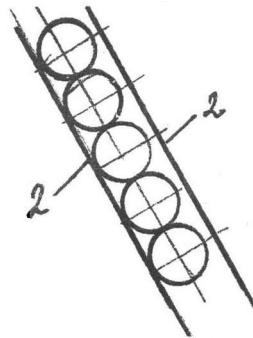
Фиг. 2



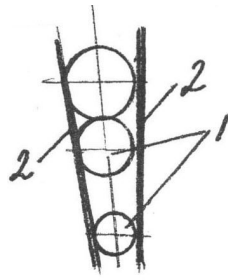
Фиг. 3



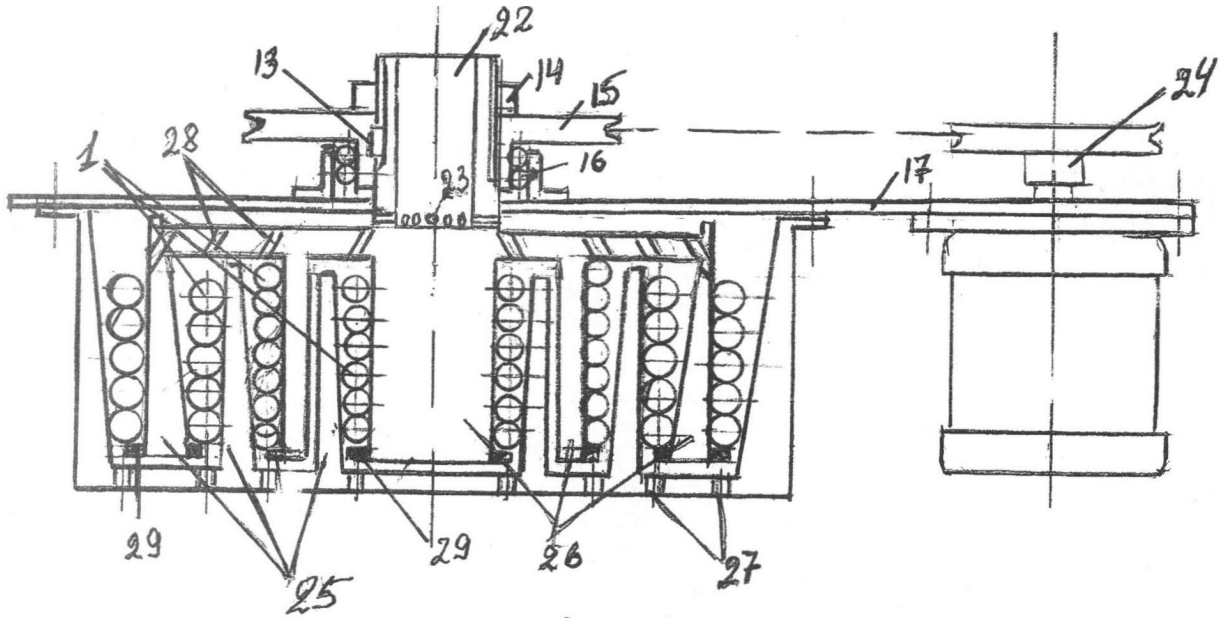
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 8