

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU

2 572 898⁽¹³⁾ C1

(51) МПК

B29B 7/18 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014135423/05, 22.01.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.01.2013

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
31.01.2012 JP 2012-018556

(45) Опубликовано: 20.01.2016 Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: JP2010247412 A, 15.09.2010. JP
2006026991 A, 02.02.2006. JP 2006142616 A,
08.06.2006. JP 2000246731 A, 12.09.2000. SU
903173 A1, 07.02.1982.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 01.09.2014

(86) Заявка РСТ:
JP 2013/000271 (22.01.2013)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2013/114810 (08.08.2013)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

ТАНАКА Юсуке (JP),
ЯМАДА Норифуми (JP),
ЯМАНЕ Ясуаки (JP),
УЕМУРА Масааки (JP),
ФУКУТАНИ Кадзухиса (JP)

(73) Патентообладатель(и):

КАБУСИКИ КАЙСЯ КОБЕ СЕЙКО СЕ
(КОБЕ СТИЛ, ЛТД.) (JP)

C1
C8
C9
C8
2572898
RU

R U
2 5 7 2 8 9 8 C 1

(54) МЕСИЛЬНЫЙ РОТОР И ЗАКРЫТОЕ МЕСИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

(57) Реферат:

Изобретение относится к месильному ротору и закрытому месильному устройству. Месильный ротор включает в себя часть в виде вала ротора, в которой образован канал для охлаждения, и часть в виде перемешивающей лопасти, которая образована на наружном периферическом участке части в виде вала ротора. Каждая из длинных лопастей в виде части перемешивающей лопасти включает в себя верхнюю грань. Грань представляет собой концевую поверхность длинной лопасти, обращенную в радиальном направлении наружу от месильного ротора. Длина каждой из длинных лопастей в осевом

направлении задается равной 0,6 или более от длины части в виде перемешивающей лопасти в осевом направлении. Угол врезания каждой из длинных лопастей задается равным или меньше 31°. Центральный угол относительно ширины верхней грани представляет собой ширину верхней грани в поперечном сечении каждой из длинных лопастей, ортогональном осевому направлению, задается равным или больше 7°. Изобретение обеспечивает повышение производительности устройства. 2 н. и 8 з.п. ф-лы, 8 ил., 1 табл.

RUSSIAN FEDERATION



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 572 898⁽¹³⁾ C1

(51) Int. Cl.
B29B 7/18 (2006.01)

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2014135423/05, 22.01.2013

(24) Effective date for property rights:
22.01.2013

Priority:

(30) Convention priority:
31.01.2012 JP 2012-018556

(45) Date of publication: 20.01.2016 Bull. № 2

(85) Commencement of national phase: 01.09.2014

(86) PCT application:
JP 2013/000271 (22.01.2013)

(87) PCT publication:
WO 2013/114810 (08.08.2013)

Mail address:

129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):

TANAKA Jusuke (JP),
JaMADA Norifumi (JP),
JaMANE Jasuaki (JP),
UEMURA Masaaki (JP),
FUKUTANI Kadzukhisa (JP)

(73) Proprietor(s):

KABUSIKI KAJSJa KOBE SEJKO SE (KOBE
STIL, LTD.) (JP)

C1

2 5 7 2 8 9 8

R U

R U
2 5 7 2 8 9 8 C1

(54) KNEADING ROTOR AND CLOSED KNEADING DEVICE

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: kneading rotor includes part in form of the rotor shaft, in which a cooling channel is made, and part in form of mixing blade that is made on external peripheral section of part in form of the rotor shaft. Each of long blades in form of part of mixing blade includes top facet. The facet is end surface of long blade looking in radial direction outside the kneading rotor. Length of each of long blades in axial

direction is set equal to 0.6 or over of length of part in form of mixing blade in axial direction. Cut-in angle of each of long blades is set equal to or below 31°. Central angle relatively to width of top facet is width of top facet in cross-section of each long blade, orthogonal to axial direction, is set equal to or over 7°.

EFFECT: higher capacity of device.

10 cl, 8 dwg, 1 tbl

Область техники

Настоящее изобретение относится к месильному ротору и закрытому месильному устройству, которые используются для перемешивания полимерного материала, такого как пластик или резина.

5 Уровень техники

В известном закрытом месильном устройстве используется тангенциальный ротор (месильный ротор), когда требуется поддерживать большой объем перемешивания, чтобы улучшить производительность закрытого месильного устройства для получения перемешанного материала (например, см. патентный документ 1). В известном закрытом

10 месильном устройстве, в котором используется тангенциальный ротор, трудно обеспечить передачу высокой удельной энергии (энергии перемешивания на единицу веса перемешиваемого материала) перемешиваемому материалу за короткое время. Поэтому используется способ, который увеличивает время перемешивания, чтобы перемешать перемешиваемый материал до заданного перемешанного состояния.

15 Однако в случае способа увеличения времени перемешивания температура перемешиваемого материала повышается с течением времени перемешивания. С другой стороны, существуют предельные значения температуры, такие как температура предупреждения деградации перемешиваемого материала и заданная температура реакции для перемешиваемого материала. В этих условиях для известного закрытого

20 месильного устройства, использующего тангенциальный ротор, часто возникает ситуация, когда частота вращения ротора должна быть уменьшена после того, как время перемешивания достигнет определенного момента, чтобы предотвратить превышение температурой перемешиваемого материала предельных значений температуры. Как было описано выше, проблемы известного уровня техники включают 25 в себя увеличение времени перемешивания и уменьшение частоты вращения ротора. В результате возникает проблема, заключающаяся в том, что производительность не улучшается из-за влияния приведенных выше проблем.

Соответственно, также разработан месильный ротор, который может осуществлять операцию низкотемпературного перемешивания и улучшить качество перемешивания, 30 в сравнении с ротором, раскрытым в патентном документе 1, за счет изобретения новых формы, размещения и т.п. лопастей (см., например, патентный документ 2). Однако остаются возможности для улучшения производительности месильного ротора для получения перемешанного материала.

В частности, в тангенциальном герметичном месильном устройстве, даже когда 35 пытаются передавать высокую удельную энергию перемешиваемому материалу за короткое время путем уменьшения веса перемешиваемого материала, поступающего в камеру, чтобы увеличить величину энергии перемешивания, передаваемой перемешиваемому материалу на единицу веса перемешиваемого материала, энергия перемешивания не так уж легко передается перемешиваемому материалу из-за влияния 40 уменьшения скорости загрузки в камеру перемешиваемого материала. Поэтому время перемешивания не может быть существенно уменьшено, и уменьшается вес перемешиваемого материала, поступающего за одну загрузку. Соответственно, производительность известного месильного устройства не увеличивается в той степени, как ожидается.

45 Кроме того, в таком тангенциальном закрытом смесительном устройстве, чтобы уменьшить время перемешивания путем быстрого повышения однородности перемешиваемого материала внутри камеры, используется способ, который увеличивает угол закручивания каждой лопасти относительно осевой линии ротора, чтобы создать

активный поток перемешиваемого материала в направлении оси ротора. Однако когда угол закручивания увеличивается, увеличивается количество перемешиваемого материала, которое течет в направлении задней поверхности лопасти над верхней частью (также называемой «вершинная часть» или «верхняя грань») лопасти. Поэтому 5 здесь наблюдается эффект улучшения потока перемешиваемого материала в осевом направлении ротора, но этот эффект является небольшим. То есть поток перемешиваемого материала в осевом направлении ротора не увеличивается существенно. В результате, используя этот способ, время перемешивания не так сильно увеличивается.

10 Патентный документ 1: JP 58-4567B

Патентный документ 2: JP 2002-11336A

Сущность изобретения

Целью настоящего изобретения является создание месильного ротора и закрытого месильного устройства, способных улучшить производительность перемешивания 15 материала в сравнении с известными устройствами без ухудшения качества перемешанного материала.

Месильный ротор согласно одному аспекту настоящего изобретения представляет собой месильный ротор для использования в закрытом месильном устройстве и включает в себя часть в виде вала ротора, в которой образован канал для охлаждения, и часть в

20 виде перемешивающей лопасти, которая образована в наружном периферическом участке части в виде вала ротора, в котором часть в виде перемешивающей лопасти включает в себя короткую лопасть, имеющую заданную длину в осевом направлении части в виде вала ротора, и по меньшей мере две длинные части, имеющие длины, которые больше длины короткой лопасти в осевом направлении, причем каждая из 25 длинных лопастей включает в себя верхнюю грань, представляющую собой концевую поверхность длинной лопасти, обращенную в радиальном направлении наружу от месильного ротора, длина каждой из длинных лопастей в осевом направлении задается равной 0,6 или более от длины части в виде перемешивающей лопасти в осевом направлении, угол врезания каждой из длинных лопастей задается равным или меньше 30 31°, и центральный угол относительно ширины верхней грани, представляющей собой ширину верхней грани в поперечном сечении каждой из длинных лопастей, ортогональном осевому направлению, задается равным или больше 7°.

Закрытое месильное устройство согласно другому аспекту настоящего изобретения включает в себя пару из описанных выше месильных роторов, согласно изобретению, 35 и камеру, в которой размещаются парные месильные роторы, причем траектории, описываемые крайними наружными в радиальном направлении частями месильных роторов, не пересекаются друг с другом во время вращения парных месильных роторов.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 - вид спереди в поперечном разрезе, иллюстрирующий закрытое месильное 40 устройство, оборудованное месильным ротором согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2 - пояснительное схематичное изображение, иллюстрирующее месильный ротор согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 3 - схематичное изображение в развернутом виде относительно осевого центра 45 части перемешивающей лопасти каждого из месильных роторов, иллюстрируемых на Фиг. 2.

Фиг. 4 - вид, иллюстрирующий поперечное сечение, ортогональное осевому направлению месильного ротора, содержащего длинные лопасти участка части

перемешивающей лопасти месильного ротора, показанного на Фиг. 2.

Фиг. 5 - график, иллюстрирующий зависимость между центральным углом верхней грани и количеством утечки перемешиваемого материала, для задней поверхности лопасти.

5 Фиг. 6 - график, иллюстрирующий зависимость между значением параметра $\Delta G'$ и временем перемешивания.

Фиг. 7 - график, иллюстрирующий зависимость между значением параметра CV и временем перемешивания.

Фиг. 8 - график, иллюстрирующий обобщенно формы месильных роторов,

10 обеспечивающих возможность передачи высокой удельной энергии перемешиваемому материалу, при этом предотвращающих чрезмерное повышение температуры перемешиваемого материала и обеспечивающих получение более высокой производительности в сравнении с известными устройствами, для разных значений двух параметров: центральный угол верхней грани и угол врезания.

15 Описание вариантов осуществления

Далее будут описаны варианты осуществления настоящего изобретения со ссылкой на прилагаемые чертежи.

Закрытое месильное устройство согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, иллюстрируемое на Фиг. 1, является так называемым «месильным

20 устройством периодического действия». На Фиг. 1 схематично иллюстрируется месильный ротор согласно вариантам осуществления. Кроме того, месильный ротор и закрытое месильное устройство согласно вариантам осуществления могут использоваться для перемешивания резины, имеющей состав, вступающий в реакцию при перемешивании, и, в частности, могут использоваться для перемешивания резины, 25 имеющей большое содержание диоксида кремния.

(Конструкция закрытого месильного устройства)

Как иллюстрируется на Фиг. 1, закрытое месильное устройство включает в себя камеру 3, включающую в себя камеру 2 перемешивания, пару из левого и правого месильных роторов 4 и 5, трубу 7 подачи материала с загрузочным бункером 6 и 30 плавающий груз 8.

Камера 2 перемешивания образована таким образом, что она имеет в продольном сечении форму в виде бровей. Камера 3 включает в себя часть в виде верхнего отверстия, образованное в ее верхней части. Пространство внутри части верхнего отверстия сообщается с камерой 2 перемешивания. Парные левый и правый месильные роторы

35 4 и 5 вставлены в камеру 2 перемешивания таким образом, чтобы обеспечить возможность вращения месильных роторов 4 и 5 относительно их осей. Парные месильные роторы 4 и 5 образованы симметрично. Труба 7 подачи материала установлена вертикально над частью в виде верхнего отверстия камеры 3. Плавающий груз 8 размещается внутри трубы 7 подачи материала с возможностью перемещения 40 в направлениях вверх и вниз.

Пневматический цилиндр 9 соединен с верхней частью трубы 7 подачи материала. Альтернативно, вместо пневматического цилиндра 9 гидравлический цилиндр, который использует давление текучей среды, отличной от воздуха, может быть присоединен к верхней части трубы 7 подачи материала. Поршень 10 размещается внутри

45 пневматического цилиндра 9, и поршень 10 соединен с плавающим грузом 8 посредством штока 11 поршня. Шток 11 поршня проходит через нижнюю крышку пневматического цилиндра 9 таким образом, чтобы поддерживать герметичность внутри пневматического цилиндра 9. При этой конструкции, когда в верхнем пространстве внутри

пневматического цилиндра повышается давление таким образом, чтобы перемещать поршень 10 вниз, плавающий груз 8 может быть перемещен вниз. Соответственно, при перемещении вниз плавающего груза 8 возможно принудительно подавать в камеру 3 перемешиваемый материал, который подается из загрузочного бункера 6 в трубу 7 подачи материала.

При этом нижняя часть камеры 3 имеет выпускное отверстие, которое закрыто откидной крышкой 12. Поворотный исполнительный механизм приводит в действие откидную крышку 12 таким образом, чтобы обеспечить возможность открывать и закрывать выпускное отверстие. Когда откидная крышка 12, закрывающая выпускное отверстие, приводится в действие таким образом, что выпускное отверстие открывается, перемешанный материал (перемешиваемый материал после завершения операции перемешивания), который перемешивали внутри камеры 2 перемешивания в течение заданного периода времени, может быть выгружен наружу из закрытого месильного устройства 1.

Закрытое месильное устройство 1 представляет собой месильное устройство без взаимного зацепления, в котором парные левый и правый месильные роторы 4 и 5 не зацепляются друг с другом. То есть межосевое расстояние S (далее «межосевое расстояние S роторов») между парными месильными роторами 4 и 5 закрытого месильного устройства 1 больше, чем диаметр Dr вращения по вершинам (см. Фиг. 4) каждого из месильных роторов 4 и 5. Другими словами, траектории вращательного движения, которые описываются крайними наружными в радиальном направлении частями месильных роторов 4 и 5, не пересекают друг друга во время вращения парных месильных роторов 4 и 5.

(Месильный ротор согласно первому варианту воплощения)

Далее будут описаны с помощью Фиг. 1-4 месильные роторы 4 и 5 согласно первому варианту осуществления настоящего изобретения. На Фиг. 2 представлен вид сверху для иллюстрации месильного ротора 4.

Каждый из месильных роторов 4 и 5 включает в себя часть 20 в виде вала ротора, в которой образован канал 22 для охлаждения, и часть 21 в виде перемешивающей лопасти, которая образована на наружном периферическом участке части 20 вала ротора. Часть 21 в виде перемешивающей лопасти каждого из месильных роторов 4 и 5 имеет заданную длину L в осевом направлении Z (далее, «осевое направление Z ротора»). Вращающиеся соединения, которые используются для подачи охлаждающей среды в каналы 22 для охлаждения, образованные в месильных роторах 4 и 5, и для вывода охлаждающей среды из каналов 22 для охлаждения, присоединены к месильным роторам 4 и 5, соответственно. Каждый канал 22 для охлаждения представляет собой глухое отверстие, имеющее круглое поперечное сечение. Канал 22 для охлаждения каждого из месильных роторов 4 и 5 располагается на центральном участке части 20 вала ротора, если смотреть на месильный ротор 4 или 5 в осевом направлении Z ротора. Далее, предпочтительно, канал 22 для охлаждения каждого из месильных роторов 4 и 5 продолжается по меньшей мере от одного конца части 21 в виде перемешивающей лопасти до ее другого конца в осевом направлении Z ротора, как иллюстрируется в этом варианте осуществления на виде в плане месильного ротора 4 или 5. Например, вода подается в качестве охлаждающей среды в канал 22 для охлаждения. Вода, подаваемая в канал 22 для охлаждения, течет внутрь канала 22 для охлаждения и затем течет наружу из него. Поток охлаждающей среды, такой как вода, внутри канала 22 для охлаждения может препятствовать повышению температуры части 21 перемешивающей лопасти. В результате возможно предотвратить возникновение

состояния чрезмерного повышения температуры, которое негативно влияет на перемешиваемый материал, который контактирует с частью 21 в виде перемешивающей лопасти.

- Парные месильные роторы 4 и 5 выполнены с возможностью вращения в противоположных направлениях, так что обращенные друг к другу поверхности месильных роторов 4 и 5 могут перемещаться вниз (см. Фиг. 1). Часть 21 в виде перемешивающей лопасти каждого из месильных роторов 4 и 5 включает в себя множество перемешивающих лопастей 13-16. Зазор (зазор по вершинам) образован между каждой из перемешивающих лопастей 13-16 и поверхностью внутренней стенки (внутренней периферической поверхностью) части в камере 3, в которой размещен месильный ротор 4 или 5, имеющий перемешивающие лопасти 13-16, и сдвигающее усилие прилагается к перемешиваемому материалу, который проходит через зазор во время вращения месильных роторов 4 и 5. Каждая из перемешивающих лопастей 13-16 имеет спиральную форму относительно осевого центра месильного ротора 4 или 5, имеющего эти перемешивающие лопасти 13-16. За счет формы перемешивающих лопастей 13-16 перемешиваемый материал принудительно перемещается в одну сторону в осевом направлении Z ротора во время вращения месильных роторов 4 и 5, и тем самым создается поток перемешиваемого материала в осевом направлении Z ротора. Далее, перемешиваемый материал перемещается между парными месильными роторами 4 и 5, расположенными на заданном расстоянии между ними, которое сохраняется во время вращения месильных роторов 4 и 5. Перемешивающие лопасти 13-16 включают в себя, соответственно, верхние части 13а-16а перемешивающей лопасти (также «вершинные части» или «верхние грани»), которые представляют собой передние концевые поверхности перемешивающих лопастей 13-16, обращенные в радиальном направлении наружу от месильного ротора 4 или 5, имеющего перемешивающие лопасти 13-16. В частности, зазор по вершинам обозначает зазор между каждой из верхних частей 13а-16а перемешивающей лопасти перемешивающих лопастей 13-16 и поверхностью внутренней стенки (внутренней периферической поверхностью) части камеры 3, в которой размещен месильный ротор 4 или 5, имеющий перемешивающие лопасти 13-16.

Следует отметить, что месильное устройство и месильный ротор, каждый имеющий конструкцию, в которой траектории вращательного движения, которые описываются крайними наружными в радиальном направлении частями месильных роторов во время вращения парных месильных роторов, не пересекают друг друга, то есть межосевое расстояние S роторов больше, чем диаметр Dr вращения по вершинам месильного ротора, называются «тангенциальное месильное устройство» и «тангенциальный месильный ротор», соответственно.

На Фиг. 3 представлено схематичное изображение в развернутом виде относительно осевого центра части 21 в виде перемешивающей лопасти каждого из месильных роторов 4 и 5. Как показано на Фиг. 3, перемешивающие лопасти 13-16 месильных роторов 4 и 5 согласно этому варианту осуществления располагаются взаимно вершинно-симметрично относительно точки О на Фиг. 3. Соответственно, ниже будет описана конструкция одного месильного ротора 4, отображающая конструкцию обоих месильных роторов 4 и 5.

Как иллюстрируется на Фиг. 2 и Фиг. 3, часть 21 в виде перемешивающей лопасти месильного ротора 4 включает в себя четыре перемешивающие лопасти 13-16. Четыре перемешивающие лопасти 13-16 включают в себя первую длинную лопасть 13, вторую длинную лопасть 14, первую короткую лопасть 15 и вторую короткую лопасть 16.

Часть 21 в виде перемешивающей лопасти обозначает всю часть месильного ротора 4, в которой образованы перемешивающие лопасти 13-16. Обычно, длина короткой области в осевом направлении ротора равна 0,5 или менее от длины части в виде перемешивающей лопасти в осевом направлении ротора. Далее, обычно, длина длинной лопасти в осевом направлении ротора больше длины короткой лопасти в осевом направлении ротора, и ее длина в осевом направлении ротора равна 0,5 или больше от длины части в виде перемешивающей лопасти в осевом направлении ротора.

(Первая длинная лопасть)

В этом варианте осуществления первая длинная лопасть 13 образована в области

- 10 от одного конца части 21 в виде перемешивающей лопасти в осевом направлении Z ротора до промежуточного участка части 21 в виде перемешивающей области в осевом направлении Z ротора. Далее, первая длинная лопасть 13 имеет форму, которая в развернутом виде является линейной, когда часть 21 в виде перемешивающей лопасти развернута в плоское состояние относительно ее осевого центра. В этом варианте
- 15 осуществления первая длинная лопасть 13 имеет спиральную форму с углом закручивания 60° относительно осевой линии ротора месильного ротора 4 (осевой линии части 20 в виде вала ротора), так что перемешиваемый материал течет в направлении центра части 21 в виде перемешивающей лопасти в осевом направлении Z ротора под действием первой длинной лопасти 13 во время вращения месильного
- 20 ротора 4. То есть первая длинная лопасть 13 имеет угол закручивания 60° относительно осевого направления Z ротора месильного ротора 4, имеющего первую длинную лопасть 13. Следует отметить, что угол закручивания лопасти обозначает угол, образованный между лопастью и осевой линией ротора в развернутом виде, полученном, когда часть в виде перемешивающей лопасти развернута в плоское состояние относительно ее
- 25 осевого центра. Когда угол закручивания первой длинной лопасти 13 меньше 40° , поток перемешиваемого материала в осевом направлении Z ротора становится медленным, и тем самым увеличивается время перемешивания, необходимое для улучшения однородности перемешанного материала. Поэтому, предпочтительно, угол закручивания первой длинной лопасти относительно осевого направления Z ротора задается равным
- 30 40° или больше. Это же применимо для других лопастей, которые будут описываться позднее.

Более предпочтительно, угол закручивания первой длинной лопасти относительно осевого направления Z ротора равен или больше 50° и равен или меньше 65° . Это же применимо для других лопастей, которые будут описываться позднее. Если угол

- 35 закручивания лопасти равен или больше 50° , возможно уменьшить количество утечки перемешиваемого материала (будет описано позднее более подробно), вызванной заданием центрального угла верхней грани, например, равным или больше 7° , и дополнительно активировать поток перемешиваемого материала в осевом направлении Z ротора. В результате, однородность перемешиваемого материала внутри камеры 3
- 40 может быть улучшена за короткое время. Однако если угол закручивания лопасти превышает 65° , возникает другая проблема, заключающаяся в том, что перемешиваемый материал не может быть легко введен в камеру 3 (камеру 2 перемешивания) в начальный период перемешивания. Поэтому, предпочтительно, угол закручивания лопасти равен или меньше 65° .

- 45 Как было описано выше, длина длинной лопасти в осевом направлении ротора, обычно задается равной 0,5 или более от длины части перемешивающей лопасти в осевом направлении ротора. Однако, чтобы активировать поток перемешиваемого материала в осевом направлении Z ротора, предпочтительно длина Lw первой длинной

лопасти 13 в осевом направлении Z ротора задается равной 0,6 или более от длины L части 21 в виде перемешивающей лопасти в осевом направлении Z ротора. Это же применимо для второй длинной области, которая будет описываться позднее. В этом варианте осуществления длина Lw первой длинной лопасти 13 в осевом направлении Z ротора задается равной 0,7 от длины L части 21 в виде перемешивающей лопасти в осевом направлении Z ротора. Если длина Lw длинной лопасти в осевом направлении Z ротора задается равной 0,6 или более от длины L части 21 в виде перемешивающей лопасти в том же направлении, возможно улучшить скорость загрузки перемешиваемого материала в камеру 3 (камеру 2 перемешивания). В результате, возможно получить эффект, состоящий в том, что высокая удельная энергия может быть легко передана перемешиваемому материалу за короткое время.

(Угол врезания)

На Фиг. 4 иллюстрируется поперечное сечение, ортогональное осевому направлению Z ротора, имеющего длинные лопасти 13 и 14 части 21 в виде перемешивающей лопасти месильного ротора 4. Угол θ_1 врезания первой длинной лопасти 13, иллюстрируемой на Фиг. 4, задается равным 15° . Если траекторию, описываемую верхней гранью 13a (верхняя часть перемешивающей лопасти) первой длинной лопасти 13 во время вращения месильного ротора 4, обозначить как окружность C, и точку на границе между верхней гранью 13a первой длинной лопасти 13 и рабочей поверхностью 13b первой длинной лопасти 13 на окружности C обозначить как точку A, то угол, образованный между касательной к окружности C в точке A и касательно к рабочей поверхности 13b в точке A, и будет «угол θ_1 врезания». Следует отметить, что рабочая поверхность 13b представляет собой поверхность, которая обращена к передней стороне первой длинной лопасти 13 в направлении r вращения месильного ротора 4.

Угол θ_1 врезания первой длинной лопасти 13 предпочтительно задается равным или меньше 31° , более предпочтительно, равным или больше 10° и равным или меньше 21° . Это же применимо для других лопастей, которые будут описываться позднее. Если угол θ_1 врезания длинной лопасти больше 31° , площадь рабочей поверхности 13b уменьшается. В результате температура перемешиваемого материала может легко чрезмерно повыситься. С другой стороны, если частота вращения ротора уменьшается, чтобы предотвратить чрезмерное повышение температуры перемешиваемого материала, время перемешивания перемешиваемого материала увеличивается, и тем самым производительность получения перемешанного материала ухудшается. Соответственно, предпочтительно, угол θ_1 врезания длинной лопасти равен или меньше 31° . Однако если угол θ_1 врезания длинной лопасти меньше 10° , поток перемешиваемого материала в осевом направлении Z ротора может легко замедлиться. В результате, вероятно, увеличится время перемешивания, необходимое для улучшения однородности перемешиваемого материала. Поэтому, предпочтительно, угол θ_1 врезания длинной лопасти задается равным или больше 10° .

Кроме того, в случае когда угол θ_1 врезания равен или меньше 21° , эффективность охлаждения перемешиваемого материала может быть дополнительно улучшена, даже если центральный угол θ_2 верхней грани (будет описано позднее более подробно) задается равным в диапазоне от 7° до 40° (см. Фиг. 8). Если эффективность охлаждения перемешиваемого материала улучшается, частота вращения ротора может быть увеличена, и тем самым производительность получения перемешанного материала может быть дополнительно улучшена. Следует отметить, что верхнее предельное

значение угла θ_1 врезания составляет порядка 54° с точки зрения конструкции месильного ротора.

(Центральный угол относительно ширины верхней грани)

Предпочтительно, центральный угол θ_2 относительно ширины W верхней грани

5 длинной лопасти задается равным или больше 7° . Это же применимо для других лопастей, которые будут описываться позднее. В этом варианте осуществления центральный угол относительно ширины W верхней грани первой длинной лопасти 13 равен 30° . Следует отметить, что ширина W верхней грани представляет собой ширину верхней грани 13а в поперечном сечении верхней грани 13а, ортогональном осевому направлению Z ротора, и обозначает длину вдоль дуги окружности дугообразной части верхней грани 13а, параллельной поверхности внутренней стенки камеры 3. Ширина W верхней грани иллюстрируется на Фиг. 3 и Фиг. 4. Кроме того, центральный угол θ_2 (далее «центральный угол θ_2 верхней грани») относительно ширины W верхней грани 15 обозначает угол, образованный между линией, соединяющей один конец (точка A) верхней грани 13а в поперечном сечении, ортогональном осевому направлению Z ротора, с центром O окружности C (центра вращения (осевой центр) месильного ротора 4), и линией, соединяющей другой конец (точка B) верхней грани 13а в том же поперечном сечении, с центром O окружности C (центра вращения (осевой центр) 20 месильного ротора 4). Следует отметить, что точка B соответствует точке на границе между верхней гранью 13а и задней поверхностью 13с лопасти первой длинной лопасти 13. Задняя поверхность 13с лопасти представляет собой поверхность, противоположную рабочей поверхности 13b первой длинной области 13, то есть поверхность первой 25 длинной лопасти 13, обращенную к задней стороне в направлении г вращения месильного ротора 4.

Так как центральный угол θ_2 верхней грани первой длинной лопасти 13 (длинная лопасть) равен или больше 7° , количество перемешиваемого материала, которое проходит через зазор по вершинам, то есть количество (количество утечки) перемешиваемого материала, которое течет к задней поверхности 13с лопасти первой 30 длинной лопасти над верхней гранью 13а, может быть уменьшено по сравнению с обычной длинной лопастью известного тангенциального ротора, который перемешивает перемешиваемый материал путем принудительного перемещения перемешиваемого материала через зазор по вершинам, в частности длинной лопастью, имеющей центральный угол верхней грани порядка 2° - 3° . Однако это применимо к случаю, когда 35 зазор по вершинам между длинными лопастями, в качестве сравниваемых параметров, является одинаковым. Как было описано выше, так как количество перемешиваемого материала, которое проходит через зазор по вершинам, уменьшается, поток перемешиваемого материала в осевом направлении Z ротора активируется, и величина нагрева перемешиваемого материала, вызываемого прохождением перемешиваемого 40 материала через зазор по вершинам, может быть уменьшена. Далее, объем перемешивания в камере 3 (в камере 2 перемешивания) уменьшается в сравнении с известными устройствами. Соответственно, скорость загрузки перемешиваемого материала в камеру 3 (в камеру 2 перемешивания) увеличивается, и тем самым высокая удельная энергия может быть легко передана перемешиваемому материалу за короткое 45 время.

Следует отметить, что если центральный угол θ_2 верхней грани больше 40° , нельзя ожидать дополнительного улучшения эффекта уменьшения количества утечки перемешиваемого материала, и объем перемешивания в камере 3 относительно

уменьшается. Поэтому, предпочтительно, центральный угол θ_2 верхней грани равен или меньше 40° . Это же применимо для других лопастей, которые будут описываться позднее.

Далее, отношение размера зазора по вершинам, представляющего собой зазор между верхней гранью 13а первой длинной лопасти 13 (длинная лопасть) и частью поверхности внутренней стенки камеры 3, обращенной к верхней грани 13а, к внутреннему диаметру части в камере 3, в которой размещен месильный ротор 4, имеющий первую длинную лопасть 4, задается равным или более 0,005 и равным или менее 0,05. Это же применимо для других лопастей, которые будут описываться позднее. Следует отметить, что это отношение называется «относительный размер зазора по вершинам». Так как относительный размер зазора по вершинам задается равным или больше 0,005 и равным или меньше 0,05, количество утечки перемешиваемого материала может быть уменьшено, и тем самым поток перемешиваемого материала в осевом направлении Z ротора активируется.

Далее, в случае по меньшей мере длинных лопастей 13 и 14 среди лопастей месильного ротора, высота верхней грани (верхней части лопасти) задается одинаковой от одного конца лопасти до другого конца лопасти, так что размер зазора по вершинам становится одинаковым от одного конца лопасти до другого конца лопасти в осевом направлении ротора. Высота верхней грани представляет собой расстояние от осевого центра месильного ротора до верхней грани и соответствует, например, линейному расстоянию между центром О и точкой А на Фиг. 4. Если относительный размер зазора по вершинам попадает в диапазон от 0,005 до 0,05, высота верхней грани (верхней части лопасти) может изменяться между одним концом лопасти и другим концом лопасти. В этом случае участки верхней грани, кроме самых высоких участков, могут иметь плоскую поверхность вместо дугообразной поверхности.

(Вторая длинная лопасть)

В этом варианте осуществления, форма в развернутом виде, ширина верхней грани, угол закручивания, длина, угол врезания и центральный угол верхней грани второй длинной лопасти 14 такие же, как у первой длинной лопасти 13, соответственно. Только расположение второй длинной лопасти 14 отличается от расположения первой длинной лопасти 13. В частности, вторая длинная лопасть 14 располагается сзади относительно первой длинной лопасти 13 в направлении г вращения ротора. Более конкретно, вторая длинная лопасть 14 располагается сзади относительно первой длинной лопасти 13 в направлении г вращения ротора таким образом, чтобы иметь сдвиг фаз 180° относительно первой длинной лопасти 13, в отношении фазы вращения месильного ротора.

Далее, если месильный ротор имеет только одну длинную лопасть, то объем перемешивания в камере 3 увеличивается, и тем самым высокая удельная энергия не может быть передана перемешиваемому материалу за короткое время. Поэтому месильный ротор должен включать в себя по меньшей мере две длинные лопасти.

(Первая короткая лопасть)

В этом варианте осуществления первая короткая лопасть 15 образована в области от другого конца (противоположного концу, на котором образована первая длинная лопасть 13) части 21 в виде перемешивающей лопасти в осевом направлении Z ротора до промежуточного участка части 21 в виде перемешивающей лопасти в осевом направлении Z ротора. Далее, первая короткая лопасть 15 имеет форму, которая в развернутом виде первой короткой лопасти является линейной, когда часть 21 в виде перемешивающей лопасти развернута в плоское состояние относительно ее осевого

центра. В частности, первая короткая лопасть 15 имеет спиральную форму с углом закручивания 50° относительно осевой линии ротора (осевого направления Z ротора), так что перемешиваемый материал течет в направлении центра первой короткой лопасти 15 во время вращения месильного ротора 4. То есть первая короткая лопасть 15 имеет спиральную форму с закручиванием в направлении, противоположном направлению закручивания длинной лопасти.

Предпочтительно, длина первой короткой лопасти 15 в осевом направлении Z ротора меньше длины длинных лопастей 13 и 14 в том же направлении. Например, предпочтительно, длина первой короткой лопасти 15 в осевом направлении Z ротора 10 равна 0,4 или менее от длины L части 21 в виде перемешивающей лопасти в том же направлении. В этом варианте осуществления длина первой короткой лопасти 15 в осевом направлении Z ротора равна 0,3 от длины L части 21 в виде перемешивающей лопасти в осевом направлении Z ротора. Далее, предпочтительно, каждая из суммы 15 длины первой длинной лопасти 13 в осевом направлении Z ротора и длины первой короткой лопасти 15 в осевом направлении Z ротора и суммы длины второй длинной лопасти 14 в осевом направлении Z ротора и длины второй короткой лопасти 16 в осевом направлении Z ротора равна длине L части 21 в виде перемешивающей лопасти в осевом направлении Z ротора.

Далее, начальная точка первой короткой лопасти 15, то есть передний край первой 20 короткой лопасти 15 в направлении г вращения ротора, располагается сзади относительно начальной точки первой длинной лопасти 13, то есть переднего края первой длинной лопасти 13 в направлении г вращения ротора. Далее, ширина верхней грани, угол врезания и центральный угол верхней грани первой короткой лопасти 15 в этом варианте осуществления являются такими же, как и у первой длинной лопасти 13, соответственно.

(Вторая короткая лопасть)

В этом варианте осуществления, форма в развернутом виде, ширина верхней грани, угол закручивания, длина, угол врезания и центральный угол верхней грани второй короткой лопасти 16 являются такими же, как у первой короткой лопасти 15, 30 соответственно. Только расположение второй короткой лопасти 16 отличается от расположения первой короткой лопасти 15. В частности, вторая короткая лопасть 16 располагается сзади относительно первой короткой лопасти 15 в направлении г вращения ротора. Более конкретно, вторая короткая лопасть 16 располагается сзади относительно первой короткой лопасти 15 в направлении г вращения ротора таким 35 образом, чтобы иметь сдвиг фаз 180° относительно первой короткой лопасти 15, в отношении фазы вращения месильного ротора.

(Работа (способ перемешивания материала) закрытого месильного устройства)

Будет описана работа, которая осуществляется закрытым месильным устройством 1, с помощью Фиг. 1. В начале, плавающий груз 8 отделяется от камеры 3 таким образом, 40 чтобы открыть часть верхнего отверстия камеры 3, при этом откидная крышка 12 приводится в плотный контакт с камерой 3. Далее, перемешиваемый материал загружается в камеру 3 (в камеру 2 перемешивания) через часть в виде верхнего отверстия и пространство внутри трубы 7 подачи материала, и затем плавающий груз 8 приводится в плотный контакт с камерой 3, так что перемешиваемый материал 45 принудительно перемещается в камеру 3 (в камеру 2 перемешивания).

Далее, месильные роторы 4 и 5 начинают вращаться в противоположных направлениях, так что месильные роторы 4 и 5 перемешивают перемешиваемый материал. Когда перемешиваемый материал перемешивается до требуемого

перемешанного состояния, откидная крышка 12 отделяется от камеры 3, так что перемешанный материал (готовый перемешанный материал) в камере 2 перемешивания выгружается из выпускного отверстия в нижней части камеры 3 наружу от месильного устройства.

- 5 В известном тангенциальном закрытом месильном устройстве основное внимание уделяется активному приложению сдвигающего усилия к перемешиваемому материалу и перемешиванию (дисперсионному перемешиванию) перемешиваемого материала путем прохождения перемешиваемого материала через зазор по вершинам. Однако это вызывает проблемы. Настоящее изобретение является результатом того, что
- 10 изобретатель обратил внимание на эти проблемы и провел их неоднократные исследования. В частности, изобретатель настоящего изобретения обнаружил следующее. Возможно передавать высокую удельную энергию перемешиваемому материалу за короткое время, даже если сдвигающее усилие, равное сдвигающему усилию в известных устройствах, не прилагается к перемешиваемому материалу, таким образом, чтобы
- 15 активно перемешивать перемешиваемый материал при условии, что объем перемешивания в камере ограничен объемом, который меньше объема в известных устройствах, и количество перемешиваемого материала, которое проходит через зазор по вершинам (количество утечки), уменьшено. В результате, дисперсность перемешиваемого материала не ухудшается. Изобретатель настоящего изобретения
- 20 обнаружил также следующее. Дисперсионное перемешивание перемешиваемого материала способствует улучшению однородности при перемешивании перемешиваемого материала, и перемешиваемый материал может быть в конечном итоге полностью перемешан за короткое время при условии, что объем перемешивания в камере ограничен объемом, который меньше объема в известных устройствах, и
- 25 количество перемешиваемого материала, которое проходит через зазор по вершинам (количество утечки), уменьшено. На основе этого изобретатель настоящего изобретения пришел к следующему выводу. Возможно предотвратить ухудшение свойств перемешиваемого материала из-за чрезмерного повышения его температуры, и компенсировать ухудшение производительности получения перемешанного материала
- 30 на одну загрузку путем уменьшения времени перемешивания при условии, что объем перемешивания в камере ограничен объемом, который меньше объема в известных устройствах, и количество перемешиваемого материала, которое проходит через зазор по вершинам, уменьшено. Изобретатель настоящего изобретения получил настоящее изобретение на основе этого вывода. То есть, используя месильный ротор согласно
- 35 настоящему изобретению и закрытое месильное устройство, включающее в себя этот месильный ротор, производительность получения перемешанного материала может быть улучшена без ухудшения качества перемешивания перемешанного материала.

(Месильный ротор согласно второму варианту осуществления)

Далее будет описан месильный ротор согласно второму варианту осуществления

- 40 настоящего изобретения. Месильный ротор согласно второму варианту осуществления отличается от месильного ротора согласно первому варианту осуществления величиной центрального угла верхней грани (ширина W верхней грани). Месильный ротор согласно второму варианту осуществления имеет конструкцию, подобную конструкции согласно первому варианту осуществления. Центральные углы верхней грани лопастей
- 45 месильного ротора согласно второму варианту осуществления все задаются равными 15° .

(Расчет количества утечки перемешиваемого материала к задней поверхности лопасти)

Количество утечки перемешиваемого материала к задней поверхности лопасти рассчитывается путем изменения центрального угла верхней грани. Результаты расчета иллюстрируются на Фиг. 5. На графике на Фиг. 5 по вертикальной оси указывается количество утечки (%), при этом количество утечки представлено в процентном 5 отношении по сравнению с количеством утечки для центрального угла верхней грани равном 2° (известные устройства), принятим за 100%. Как можно понять из Фиг. 5, если центральный угол верхней грани равен или больше 7° , количество утечки может быть уменьшено до порядка 1/3 или меньше от количества утечки в известных 10 устройствах. С другой стороны, из Фиг. 5 понятно, что если центральный угол верхней грани будет больше 40° , дополнительное улучшение эффекта уменьшения количества утечки будет трудно ожидать.

(Эксперимент 1)

Была проведена экспериментальная проверка разницы в производительности закрытого месильного устройства, включающего в себя месильные устройства согласно 15 каждому из вариантов осуществления настоящего изобретения, и закрытого месильного устройства, включающего в себя месильные роторы согласно сравнительному примеру, работавших в одинаковых условиях. В этом эксперименте использовались 20 перемешиваемые материалы, имеющие каждый высокое содержание диоксида кремния. В частности, эксперимент проводился над каждым из множества типов перемешиваемых материалов, содержащих диоксид кремния с различными значениями PHR от 70 до 90. Следует отметить, что PHR (части на сто частей резины) обозначает массовые части 25 различных составляющих агентов в отношении к 100 массовым частям резины. В таблице 1 ниже показан состав одного конкретного перемешиваемого материала, содержащего диоксид кремния с PHR 80, из множества типов перемешиваемых материалов.

Компонент	PHR
Эмульсионный стирол-бутадиеновый каучук	96
Бутадиеновый каучук	30
Диоксид кремния	80
Оксид цинка	3
Стеариновая кислота	2
Воск	1
Антиокислитель	1,5
Связующий агент	6,4
Ароматическое масло	15

*) приведенный выше состав является моделью, имеющей высокое содержание диоксида кремния.

В качестве смесительного ротора и закрытого месильного устройства в 40 сравнительном примере используются, соответственно, месильный ротор (4), включающий в себя одну нелинейную лопасть и три линейные лопасти как перемешивающие лопасти, раскрытый в JP 2002-11336 A, и месильное устройство (1) периода действия (закрытое месильное устройство), включающее в себя 45 месильный ротор (4). Далее, операция перемешивания с использованием закрытого месильного устройства согласно варианту осуществления настоящего изобретения и операция перемешивания с использованием закрытого месильного устройства согласно сравнительному примеру выполнялись при одинаковых условиях (конструкциях), за исключением конструкции перемешивающих лопастей. Размер месильных роторов (закрытое месильное устройство) также был одинаковым для устройств согласно настоящему изобретению и сравнительному примеру. Внутренний диаметр камеры также был одинаковый для устройств согласно настоящему изобретению и

сравнительному примеру.

На Фиг. 6 иллюстрируются результаты эксперимента. На Фиг. 6 сплошная линия иллюстрирует результаты эксперимента в случае использования месильных роторов согласно первому варианту осуществления, штриховая линия иллюстрирует результаты эксперимента в случае использования месильных роторов согласно второму варианту осуществления, и штрихпунктирная линия иллюстрирует результаты эксперимента в случае использования месильных роторов согласно сравнительному примеру. На Фиг. 6 на вертикальной оси показан параметр $\Delta G'$, и на горизонтальной оси показано время перемешивания.

Параметр $\Delta G'$ обозначает разницу между модулями упругости в состоянии небольшой деформации, полученными из вязкоупругих свойств невулканизированной резиновой смеси, и модулями упругости в состоянии большой деформации, полученными из тех же вязкоупругих свойств, и служит в качестве индекса (здесь, индекс для оценки дисперсии диоксида кремния в перемешанном материале) для определения качества перемешанного материала. Это означает, что качество перемешанного материала тем выше, чем меньше параметр $\Delta G'$. Далее, результаты, иллюстрируемые на Фиг. 6, были получены путем измерения зависимости от деформации модулей G' упругости перемешанного материала от состояния небольшой деформации, в котором модуль упругости был 0,56%, до состояния большой деформации, в котором модуль упругости был 60%, посредством RPA 2000 (анализатор обрабатываемости резин), изготавливаемого компанией Alpha Technologies Co., в условиях, когда температура перемешанного материала во время измерения параметра $\Delta G'$ была 100°C и частота, вызывающая деформацию перемешанного материала, была 0,5 Гц.

Как понятно из Фиг. 6, если используются месильные роторы согласно первому и второму вариантам осуществления, качество перемешанного материала значительно улучшается в сравнении со случаем, когда используются известные месильные роторы.

(Эксперимент 2)

Силановый связующий агент примешивается в перемешиваемый материал, в составе которого содержится диоксид кремния, таким образом, чтобы связать диоксид кремния с резиной. Во время операции перемешивания перемешиваемого материала силановый связующий агент вступает в реакцию с диоксидом кремния, например, когда температура перемешиваемого материала находится в диапазоне от 140°C до 160°C. Соответственно, чтобы обеспечить удовлетворительную реакцию, необходимо существенно перемешать перемешиваемый материал таким образом, что диоксид кремния и силановый связующий агент равномерно перемешиваются друг с другом, при этом температура перемешиваемого материала поддерживается в диапазоне от 140°C до 160°C. Поэтому был проведен эксперимент (тест перемешивания) для оценки равномерности перемешивания перемешиваемого материала.

В teste перемешивания изменение параметра CV заданного компонента, содержащегося в перемешиваемом материале, было исследовано для каждого случая перемешивания перемешиваемого материала путем установки трехмерных макетов месильных роторов согласно первому варианту осуществления, месильных роторов согласно второму варианту осуществления и месильных роторов согласно сравнительному примеру в тестовое устройство, в котором внутренние диаметры левой и правой частей камеры, в которых размещаются парные месильные роторы, были одинаковы. В teste перемешивания в качестве перемешиваемого материала использовался имитирующий материал, полученный путем добавления 0,4% стеклянных шариков к 30% раствору карбоксиметилцеллюлозы (СМС). Стеклянные шарики в

имитирующем материале соответствуют заданному компоненту. Далее, даже в teste перемешивания, все условия были одинаковыми для первого варианта осуществления, второго варианта осуществления и сравнительного примера, за исключением того, что различалась конструкция перемешивающих лопастей.

- 5 На Фиг. 7 иллюстрируются результаты эксперимента (теста перемешивания). На Фиг. 7 сплошная линия иллюстрирует результаты эксперимента в случае использования месильных роторов согласно первому варианту осуществления, штриховая линия иллюстрирует результаты эксперимента в случае использования месильных роторов согласно второму варианту осуществления, и штрихпунктирная линия иллюстрирует 10 результаты эксперимента в случае использования месильных роторов согласно сравнительному примеру. На Фиг. 6 на вертикальной оси показан параметр CV, и на горизонтальной оси показано время перемешивания.

Параметр CV обозначает величину, которая соответствует индексу оценки, указывающему равномерность компонента, то есть степень дисперсности компонента 15 в перемешиваемом материале. Это означает, что дисперсия компонента в перемешиваемом материале продолжается, если величина CV уменьшается. Другими словами, это означает, что перемешивание перемешиваемого материала продвигается, и качество перемешанного материала хорошее. Параметр CV может быть получен из следующего уравнения (1):

$$20 \quad CV = \rho/M \quad (1).$$

В уравнении (1) «M» обозначает среднюю долю заданного компонента (стеклянные шарики) в перемешиваемом материале, размещенном в камере. Средняя доля M может быть получена таким образом, как показано ниже. Заданное количество перемешиваемого материала отбирается в девяти местах одной загрузки 25 перемешиваемого материала, который перемешивается в камере, измеряется количество шариков, содержащихся в перемешиваемом материале, в каждом месте отбора пробы, вычисляется доля шариков в перемешиваемом материале, в каждом месте отбора пробы на основе измеренного количества шариков, и средняя доля шариков в перемешиваемом материале вычисляется на основе доли шариков в каждом месте отбора пробы. Далее, 30 в уравнении (1) «ρ» обозначает стандартное отклонение доли заданного компонента (стеклянные шарики) в перемешиваемом материале, размещенном в камере.

Из результатов экспериментов, иллюстрируемых на Фиг. 6 и Фиг. 7, понятно, что при использовании месильных роторов согласно первому и второму вариантам осуществления любой из параметров - дисперсность и равномерность перемешанного 35 материала - улучшаются в сравнении со случаем использования месильных роторов согласно сравнительному примеру (известные устройства). Далее, сравнение времени перемешивания для каждого случая показывает, что если используются месильные роторы согласно первому и второму вариантам осуществления, перемешанный материал, имеющий такую же дисперсность или равномерность, может быть получен 40 за короткое время, в сравнении со случаем использования месильных роторов согласно сравнительному примеру (известные устройства). То есть понятно, что производительность также улучшается, если используются месильные роторы согласно первому и второму вариантам осуществления.

(Центральный угол верхней грани и угол врезания)

45 На Фиг. 8 представлен график, иллюстрирующий обобщенно формы месильных роторов, обеспечивающих возможность передачи высокой удельной энергии перемешиваемому материалу, при этом предотвращающих чрезмерное повышение температуры перемешиваемого материала и обеспечивающих получение более высокой

производительности в сравнении с известными устройствами, для разных значений двух параметров: центральный угол верхней грани и угол врезания.

В этом случае, если индекс Р производительности, как индекс, обозначающий производительность закрытого месильного устройства, использующего месильные 5 роторы для перемешивания материала, получают из уравнения (2), и величины угла врезания и центрального угла верхней грани заданы таким образом, что индекс Р производительности будет больше единицы, производительность закрытого месильного устройства для перемешанного материала улучшается в сравнении с известными устройствами. Далее, если индекс Е энергии, как индекс, обозначающий величину 10 удельной энергии, передаваемой перемешиваемому материалу месильными роторами, когда этот материал перемешивается месильными роторами, в соответствии с уравнением (3), и величины угла врезания и центрального угла верхней грани заданы таким образом, что индекс Е энергии будет больше единицы, более высокая удельная 15 энергия в сравнении с известными устройствами может быть передана перемешиваемому материалу. Кроме того, если индекс С эффективности охлаждения, как индекс, обозначающий эффективность охлаждения материала, подлежащего охлаждению, когда этот материал перемешивается месильными роторами, в соответствии с уравнением (4), и величины угла врезания и центрального угла верхней грани задаются таким образом, что индекс С эффективности охлаждения будет меньше единицы, 20 эффективность предотвращения чрезмерного повышения температуры перемешиваемого материала может улучшиться в сравнении с известными устройствами.

$$P = 0.9227 + 0.006x + 0.0042y - 0.0001x^2 + 0.0002xy \cdot 0.0002y^2 \dots (2)$$

$$E = 1.6453 \cdot 0.0342x + 0.033y + 0.0003x^2 - 7.8444 \times 10^{-18}xy - 3.1099 \times$$

$$10^{-5}y^2 \dots (3)$$

$$C = 0.6304 + 0.0108x + 0.0092y + 3.6995 \times 10^{-5}x^2 - 2.8554 \times 10^{-5}xy -$$

$$0.0002y^2 \dots (4)$$

В уравнениях (2)-(4) «*x*» обозначает угол врезания ($^{\circ}$) лопасти и «*y*» обозначает центральный угол верхней грани ($^{\circ}$) лопасти.

Сплошная линия на Фиг. 8 указывает линию, которая проходит через точки, указывающие угол врезания и центральный угол верхней грани лопасти в случае, когда 35 индекс Р производительности, полученный в соответствии с уравнением (2), равен единице. Далее, штрихпунктирная линия на Фиг. 8 указывает линию, которая проходит через точки, указывающие угол врезания и центральный угол верхней грани лопасти, когда индекс Е энергии, полученный в соответствии с уравнением (3), равен единице. Штриховая линия на Фиг. 8 указывает линию, которая проходит через точки, 40 указывающие угол врезания и центральный угол верхней грани лопасти, когда индекс С эффективности охлаждения, полученный в соответствии с уравнением (4), равен единице.

Следует отметить, что известное устройство как сравнительный пример соответствует месильному ротору (4) и месильному устройству (1) периодического действия, 45 использующему месильный ротор (4), раскрытие в JP 2002-11336A.

Так как угол врезания и центральный угол верхней грани каждой лопасти задаются таким образом, что индекс Р производительности, индекс Е энергии и индекс С эффективности охлаждения, полученные из уравнений (2), (3) и (4), удовлетворяют

описанным выше условиям ($P>1$, $E>1$, $C<1$), возможно просто получить форму месильного ротора, способного обеспечить передачу более высокой удельной энергии перемешиваемому материалу, при этом предотвращая чрезмерное повышение температуры перемешиваемого материала и получая более высокую

- 5 производительность, в сравнении с известным месильным ротором (4), раскрытым в JP 2002-11336A, когда другие условия, которые может быть нежелательно изменять, задаются одинаковыми. Далее, заштрихованная область на Фиг. 8 указывает область, в которой индекс Р производительности, индекс Е энергии и индекс С эффективности охлаждения все удовлетворяют описанным выше условиям ($P>1$, $E>1$, $C<1$) и в которой
- 10 количество утечки перемешиваемого материала составляет 1/3 или меньше от количества утечки в известных устройствах.

Хотя здесь были описаны варианты осуществления настоящего изобретения, настоящее изобретение не ограничивается описанными выше вариантами осуществления и возможны различные модификации в пределах объема изобретения.

- 15 Например, хотя формы в развернутом виде, ширины верхней грани, углы закручивания, длины, углы врезания и центральные углы верхней грани первой длинной лопасти и второй длинной лопасти по существу одинаковы, соответственно, в описанных выше вариантах осуществления, настоящее изобретение не ограничивается этим. Кроме того, хотя ширины верхней грани, углы врезания и центральные углы верхней грани
- 20 длинных лопастей и коротких лопастей одинаковы, соответственно, в описанных выше вариантах осуществления, настоящее изобретение не ограничивается этим.

Далее, хотя перемешивающие лопасти парных месильных роторов согласно описанным выше вариантам осуществления по существу имеют одинаковую форму, перемешивающие лопасти парных месильных роторов могут иметь разную форму.

- 25 Кроме того, перемешивающие лопасти согласно описанным выше вариантам осуществления образованы таким образом, что формы в развернутом виде перемешивающих лопастей являются линейными, когда часть перемешивающей лопасти развернута в плоское состояние относительно осевого центра. Однако формы в развернутом виде перемешивающих лопастей (длинные лопасти и/или короткие лопасти)
- 30 согласно настоящему изобретению могут быть нелинейными.

(Основные принципы вариантов осуществления)

Обобщенно описанные выше варианты воплощения можно описать следующим образом.

- 35 Месильный ротор согласно вариантам осуществления представляет собой месильный ротор для использования в закрытом месильном устройстве, причем месильный ротор включает в себя часть в виде вала ротора, в которой образован канал для охлаждения, и часть в виде перемешивающей лопасти, которая образована на наружном периферическом участке части в виде вала ротора, причем часть в виде перемешивающей лопасти включает в себя короткую лопасть, имеющую заданную длину в осевом
- 40 направлении части в виде вала ротора, и по меньшей мере две длинные лопасти, имеющие длины, которые больше длины короткой лопасти, в осевом направлении, при этом каждая из длинных лопастей включает в себя верхнюю грань, представляющую собой концевую поверхность длинной лопасти, обращенную в радиальном направлении наружу от месильного ротора, длина каждой из длинных лопастей в осевом направлении
- 45 задается равной 0,6 или более от длины части в виде перемешивающей лопасти в осевом направлении, угол врезания каждой из длинных лопастей задается равным или меньше 31°, и центральный угол относительно ширины верхней грани, представляющей собой ширину верхней грани в поперечном сечении каждой из длинных лопастей,

ортогональном осевому направлению, задается равным или больше 7°.

В месильном роторе каждая из длинных лопастей может включать в себя рабочую поверхность, которая соответствует поверхности длинной лопасти, обращенной к передней стороне месильного ротора в направлении вращения длинной лопасти, и

5 границу, которая образована верхней гранью и рабочей поверхностью.

Предпочтительно, верхняя грань может описывать круговую траекторию во время вращения месильного ротора в поперечном сечении каждой из длинных лопастей, ортогональном осевому направлению, и угол врезания каждой из длинных лопастей может представлять собой угол между касательной к круговой траектории на границе

10 и касательной к рабочей поверхности на границе, в поперечном сечении каждой из длинных лопастей, ортогональном осевому направлению.

В месильном роторе, предпочтительно, центральный угол относительно ширины верхней грани каждой из длинных лопастей может быть задан равным или меньше 40°.

15 В месильном роторе, предпочтительно, угол врезания каждой из длинных лопастей может быть задан равным или больше 10° и равным или меньше 21°.

В месильном роторе, предпочтительно, угол закручивания каждой из длинных лопастей равен или больше 40° относительно осевой линии части вала ротора. В этом случае, более предпочтительно, угол закручивания каждой из длинной лопастей может быть задан равным или больше 50° и равным или меньше 65°.

20 В месильном роторе, предпочтительно, если индекс производительности, как индекс, указывающий производительность закрытого месильного устройства для получения перемешанного материала, используя месильный ротор, обозначается «Р», индекс энергии, как индекс, указывающий величину энергии, передаваемой перемешиваемому материалу месильным ротором, когда этот материал перемешивается месильным

25 ротором, обозначается «Е», угол врезания обозначается «х» и центральный угол относительно ширины верхней грани обозначается «у», угол х врезания и центральный угол у могут быть заданы таким образом, чтобы удовлетворять условию, что индекс Р производительности, полученный из уравнения (1), и индекс Е энергии, полученный из уравнения (2), оба будут больше единицы.

$$30 \quad P = 0.9227 + 0.006x + 0.0042y - 0.0001x^2 + 0.0002xy - 0.0002y^2 \dots$$

Уравнение (1)

$$E = 1.6453 - 0.0342x + 0.033y + 0.0003x^2 - 7.8444 \times 10^{-18}xy - 3.1099 \times$$

$$35 \quad 10^{-5}y^2 \dots \text{ Уравнение (2)}$$

В этом случае, предпочтительно, индекс эффективности охлаждения, как индекс, указывающий эффективность охлаждения перемешиваемого материала, когда этот материал перемешивается месильным ротором, обозначается «С», угол х врезания и центральный угол у могут быть заданы таким образом, чтобы удовлетворять условию, что индекс С эффективности охлаждения, полученный из уравнения (3) будет меньше 1.

$$40 \quad C = 0.6304 + 0.0108x + 0.0092y + 3.6995 \times 10^{-5}x^2 - 2.8554 \times 10^{-5}xy - 0.0002y^2 \dots \text{ Уравнение (3)}$$

Закрытое месильное устройство согласно вариантам осуществления включает в себя парные месильные роторы и камеру, в которой размещаются парные месильные роторы, причем траектории, описываемые крайними наружными в радиальном направлении

частями месильных роторов, не пересекают друг друга во время вращения месильных роторов. В закрытом месильном устройстве, предпочтительно, зазор может быть образован между верхней гранью каждой из длинных лопастей каждого из месильных роторов и поверхностью внутренней стенки части камеры, в которой размещены месильные роторы, и размер зазора относительно каждого из месильных роторов может быть задан равным или более 0,005 и равным или менее 0,05 от внутреннего диаметра части камеры, в которой размещены месильные роторы.

Формула изобретения

1. Месильный ротор для использования в закрытом месильном устройстве, включающий в себя:

часть в виде вала ротора, в которой образован канал для охлаждения, и

часть в виде перемешивающей лопасти, которая образована на наружном периферическом участке части в виде вала ротора,

в котором часть в виде перемешивающей лопасти включает в себя короткую лопасть, имеющую заданную длину в осевом направлении части в виде вала ротора, и по меньшей мере две длинные лопасти, имеющие длины, которые больше длины короткой лопасти, в осевом направлении, причем каждая из длинных лопастей включает в себя верхнюю грань, представляющую собой концевую поверхность длинной лопасти, обращенную в радиальном направлении наружу от месильного ротора,

в котором длина каждой из длинных лопастей в осевом направлении задается равной 0,6 или более от длины части в виде перемешивающей лопасти в осевом направлении,

в котором угол врезания каждой из длинных лопастей задается равным или меньше 31° , и

в котором центральный угол относительно ширины верхней грани, представляющей собой ширину верхней грани в поперечном сечении каждой из длинных лопастей, ортогональном осевому направлению, задается равным или больше 7° .

2. Месильный ротор по п.1, в котором каждая из длинных лопастей включает в себя рабочую поверхность, которая соответствует поверхности длинной лопасти, обращенной к передней стороне месильного ротора в направлении вращения месильного ротора, и границу, которая образована верхней гранью и рабочей поверхностью, и

в котором верхняя грань описывает круговую траекторию во время вращения месильного ротора в поперечном сечении каждой из длинных лопастей, ортогональном осевому направлению, и угол врезания каждой из длинных лопастей представляет собой

угол между касательной к круговой траектории на границе и касательной к рабочей поверхности на границе, в поперечном сечении каждой из длинных лопастей, ортогональном осевому направлению.

3. Месильный ротор по п.1, в котором центральный угол относительно ширины верхней грани каждой из длинных лопастей задается равным или меньше 40° .

4. Месильный ротор по п.1, в котором угол врезания каждой из длинных лопастей задается равным или больше 10° и равным или меньше 21° .

5. Месильный ротор по п.1, в котором угол закручивания каждой из длинных лопастей равен или больше 40° относительно осевой линии части вала ротора.

6. Месильный ротор по п.5, в котором угол закручивания каждой из длинных лопастей задается равным или больше 50° и равным или меньше 65° .

7. Месильный ротор по п.1, в котором индекс производительности, как индекс, указывающий производительность закрытого месильного устройства для получения перемешанного материала, используя месильный ротор, обозначается «Р», индекс

энергии, как индекс, указывающий величину энергии, передаваемой перемешиваемому материалу месильным ротором, когда этот материал перемешивается месильным ротором, обозначается «E», угол врезания обозначается «x» и центральный угол относительно ширины верхней грани обозначается «y», угол x врезания и центральный угол у задаются таким образом, чтобы удовлетворять условию, что индекс Р производительности, полученный из уравнения (1), и индекс Е энергии, полученный из уравнения (2), оба будут больше единицы.

$$P = 0.9227 + 0.006x + 0.0042y - 0.0001x^2 + 0.0002xy - 0.0002y^2 \dots$$

10 Уравнение (1)

$$E = 1.6453 - 0.0342x + 0.033y + 0.0003x^2 - 7.8444 \times 10^{-18}xy - 3.1099 \times 10^{-5}y^2 \dots \text{Уравнение (2)}$$

15 8. Месильный ротор по п.7, в котором если индекс эффективности охлаждения, как индекс, указывающий эффективность охлаждения перемешиваемого материала, когда этот материал перемешивается месильным ротором, обозначается «C», угол x врезания и центральный угол у задаются таким образом, чтобы удовлетворять условию, что индекс С эффективности охлаждения, полученный из уравнения (3), будет меньше 1.

$$20 C = 0.6304 + 0.0108x + 0.0092y + 3.6995 \times 10^{-5}x^2 - 2.8554 \times 10^{-5}xy - 0.0002y^2 \dots \text{Уравнение (3)}$$

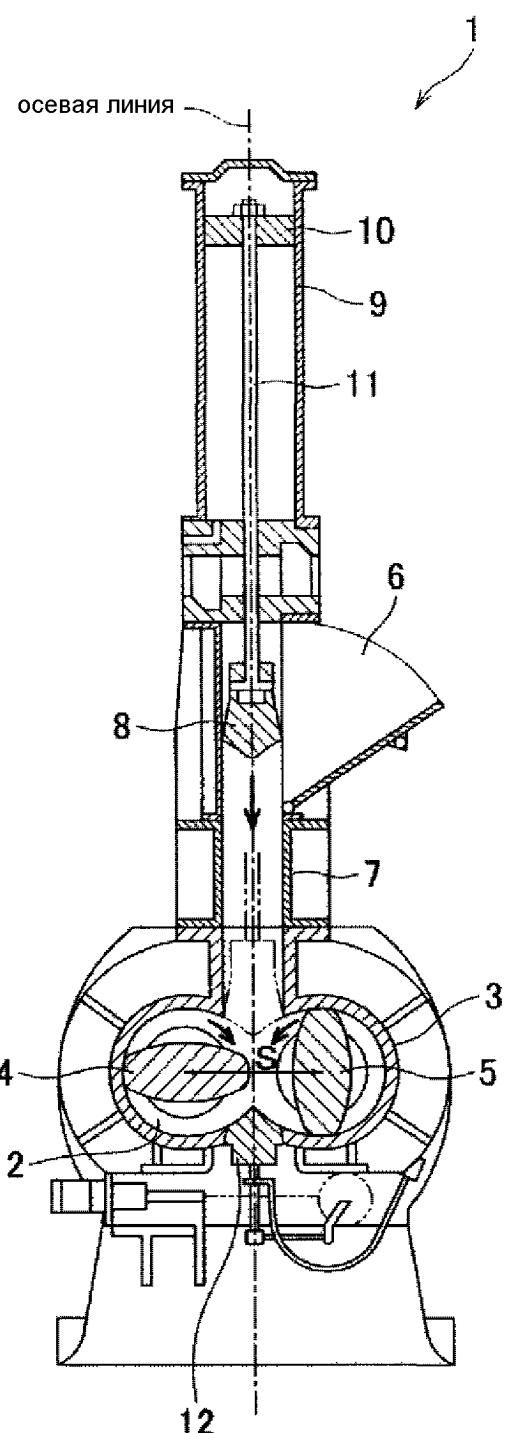
25 9. Закрытое месильное устройство, содержащее пару месильных роторов по п.1, и камеру, в которой размещаются парные месильные роторы, причем траектории, описываемые крайними наружными в радиальном направлении частями месильных роторов, не пересекают друг друга во время вращения месильных роторов.

30 10. Закрытое месильное устройство по п.9, в котором зазор образован между верхней гранью каждой из длинных лопастей каждого из месильных роторов и поверхностью внутренней стенки части камеры, в которой размещены месильные роторы, и размер зазора относительно каждого из месильных роторов задается равным или более 0,005 и равным или менее 0,05 от внутреннего диаметра части камеры, в которой размещены месильные роторы.

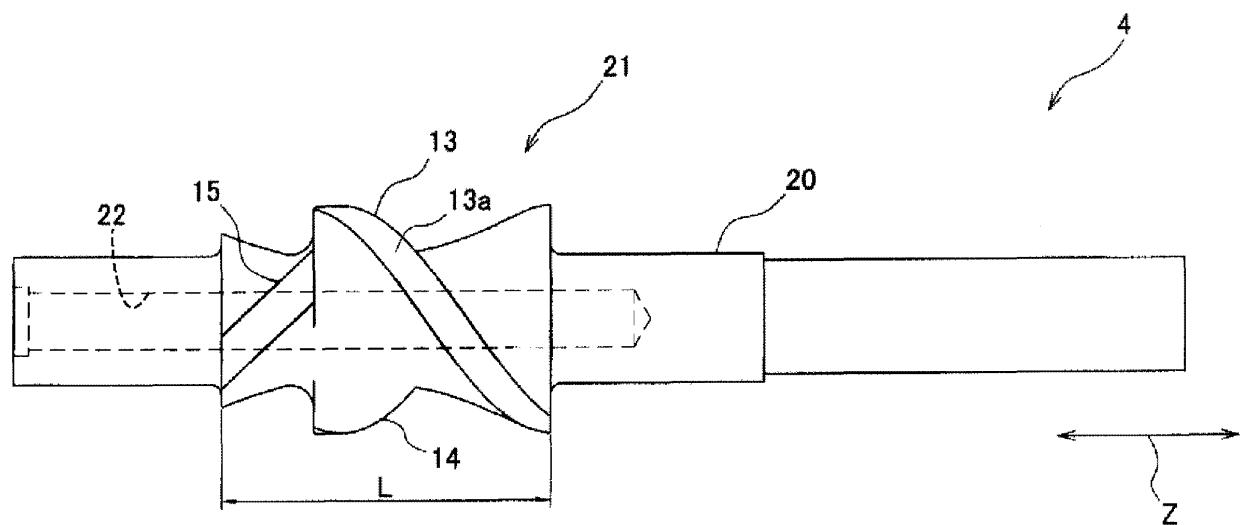
35

40

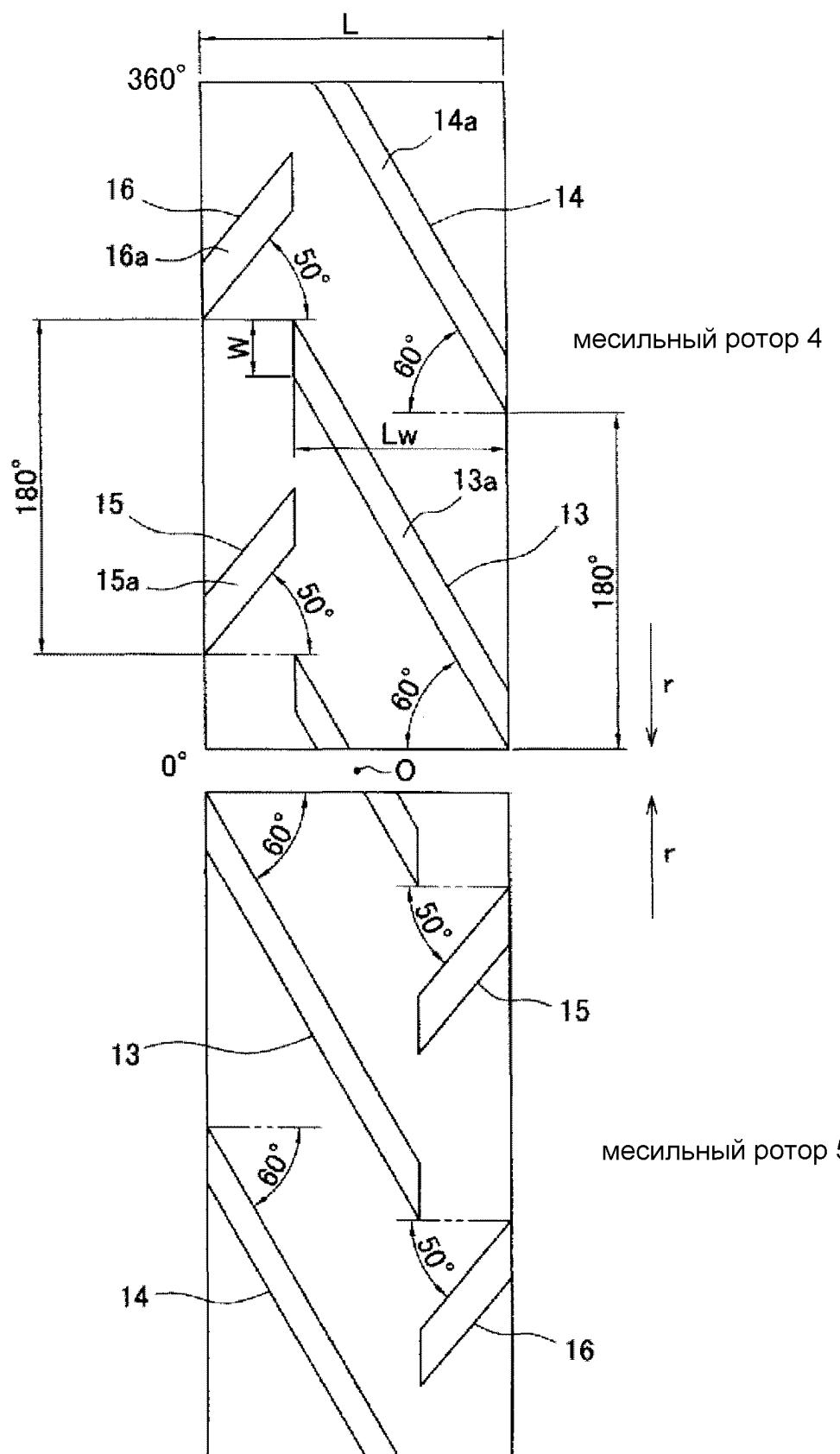
45



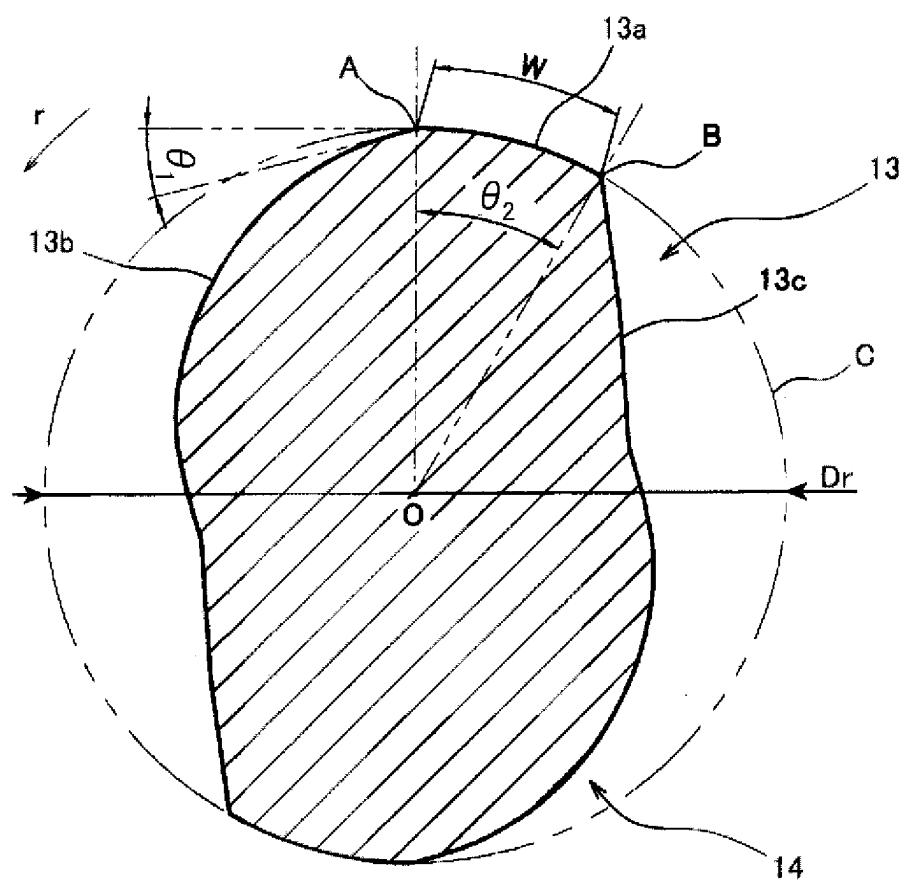
ФИГ.1



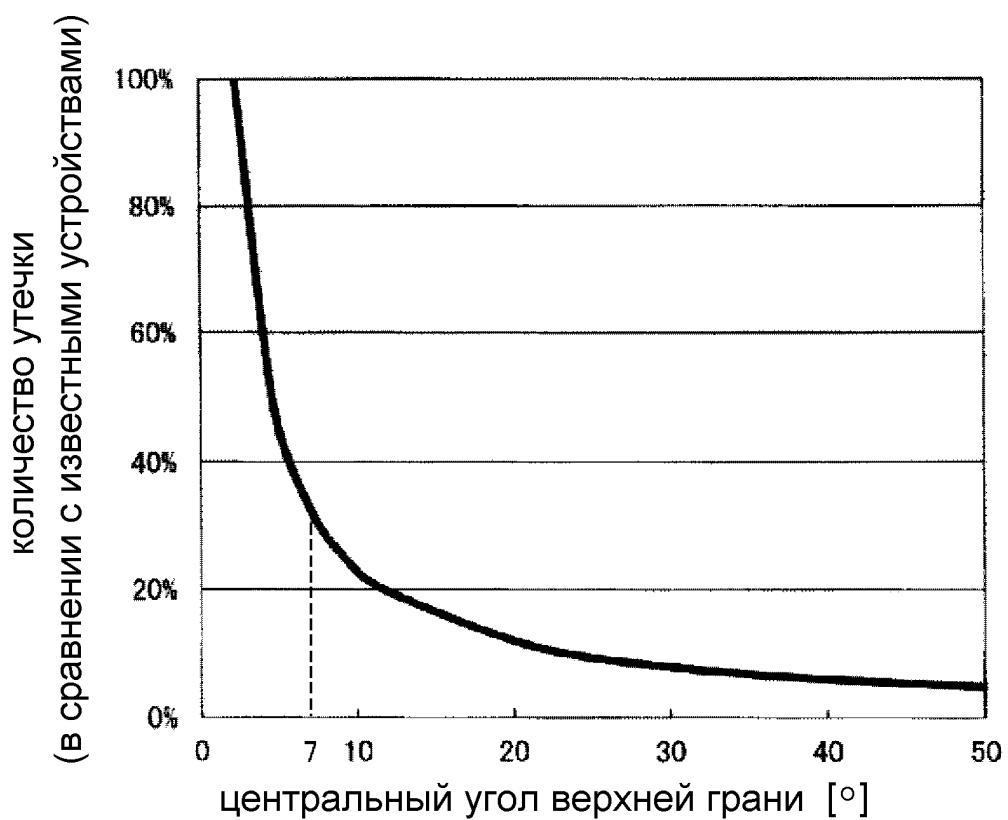
ФИГ.2



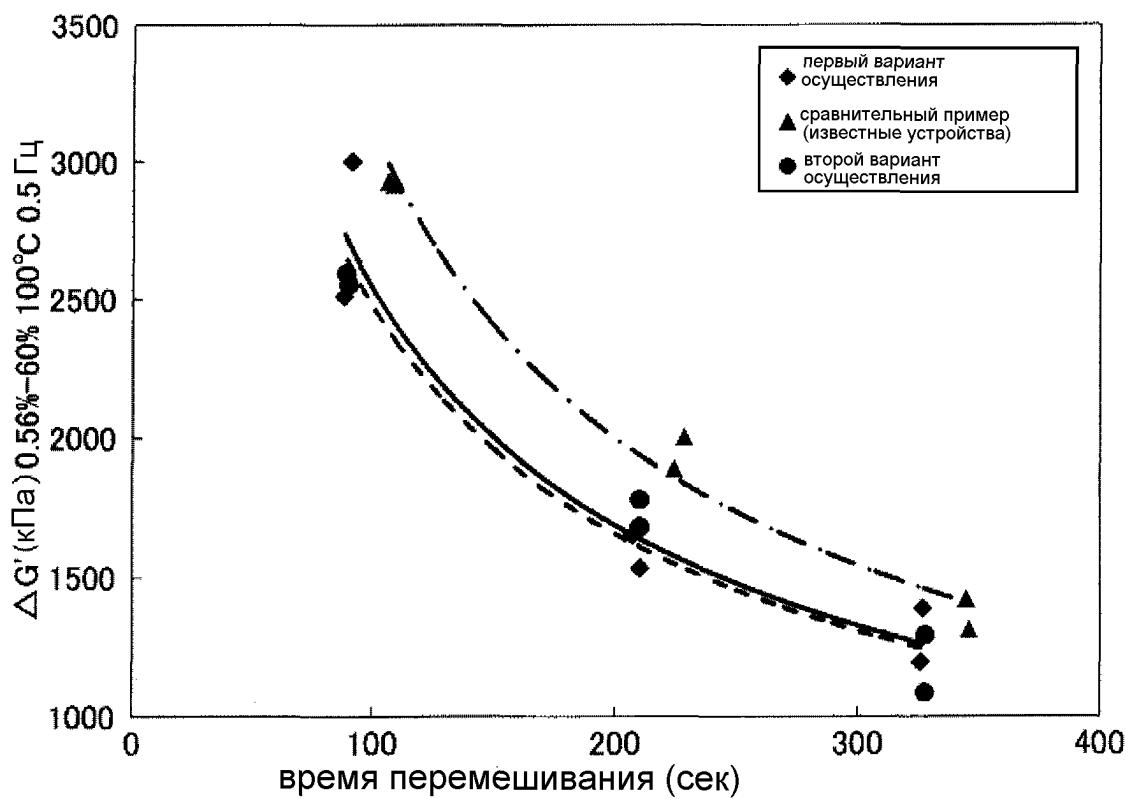
ФИГ.3



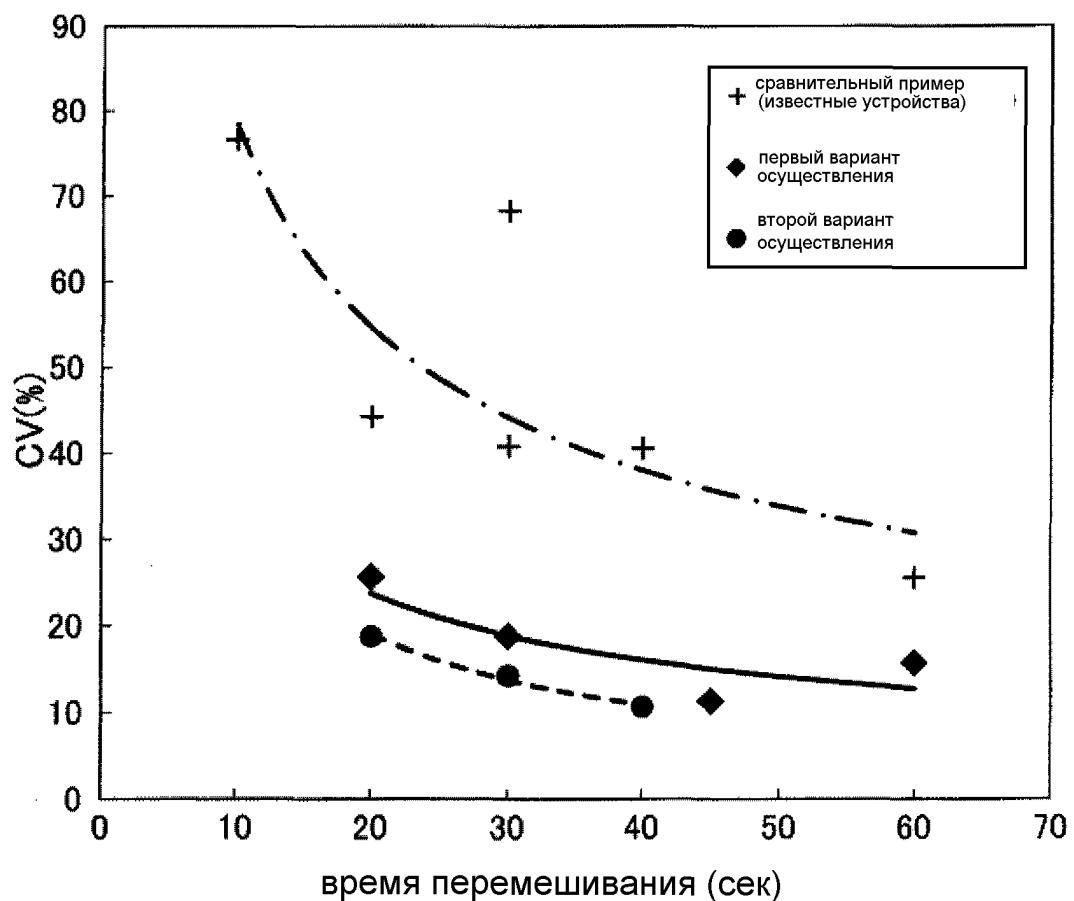
ФИГ.4



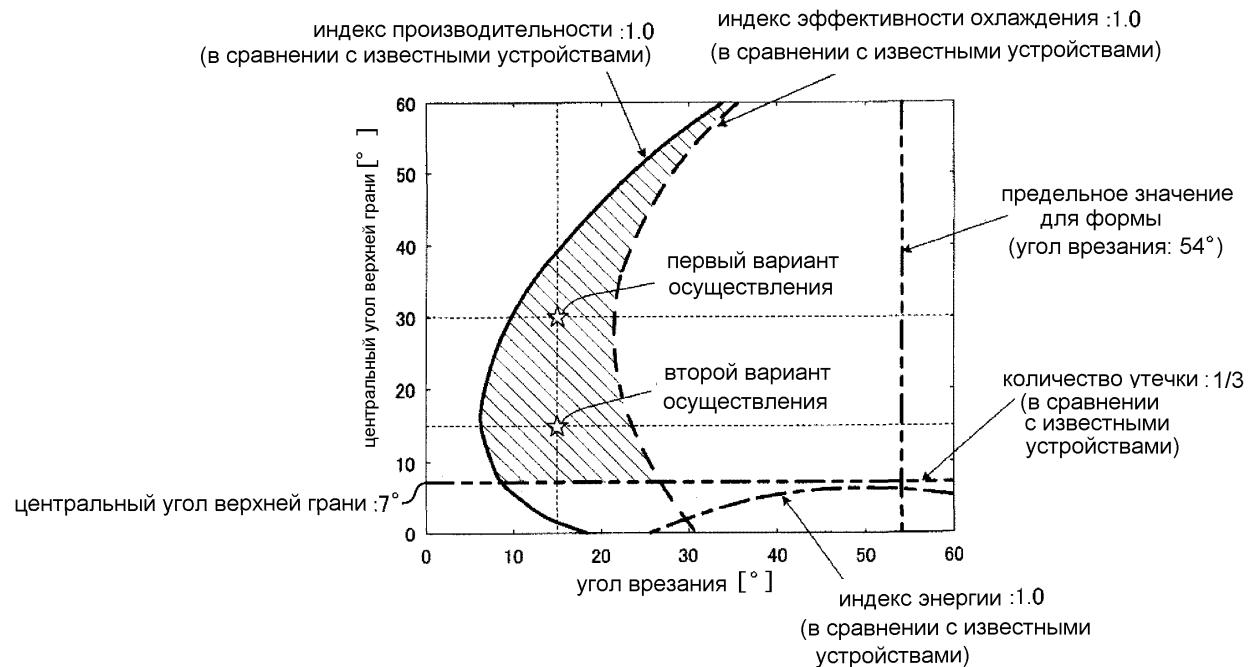
ФИГ.5



ФИГ.6



ФИГ.7



ФИГ.8