

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **033718**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2019.11.19**

(51) Int. Cl. **B29B 17/02** (2006.01)  
**B29B 17/04** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201790107**

(22) Дата подачи заявки  
**2014.12.05**

(54) **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ЭЛАСТОМЕРА**

(43) **2017.09.29**

(56) WO-A2-2010007455  
CN-U-201960682  
JP-A-2005046758  
WO-A1-2010034504

(86) PCT/HU2014/000120

(87) WO 2016/087884 2016.06.09

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**АКВАДЖЕТ ЗРТ. (HU)**

(72) Изобретатель:  
**Молдован Дьёрдь, Коштьяль Габор,  
Коштьяль Ференц Дьёрдь, Чако  
Анталь (HU)**

(74) Представитель:  
**Хмара М.В., Рыбаков В.М., Липатова  
И.И., Новоселова С.В., Дощечкина  
В.В., Пантелеев А.С., Ильмер Е.Г.,  
Осипов К.В. (RU)**

(57) Изобретение относится к способу получения измельченного эластомера, включающему в себя шаги, на которых направляют струю жидкости по меньшей мере из одного сопла на эластомерный материал, движущийся в направлении относительно направления выхода указанного по меньшей мере одного сопла. Согласно предлагаемому способу струя жидкости, направленная к эластомерному материалу, имеет давление 650-1350 бар, причем эластомерный материал перемещают относительно указанного по меньшей мере одного сопла так, что в первой фазе, обеспечивающей дробление поверхности эластомерного материала, эластомерный материал имеет первую скорость прямой подачи от 10 до 20 мм/с в точке удара струи жидкости в направлении, перпендикулярном направлению выхода, а во второй фазе после дробления поверхности эластомерный материал имеет вторую скорость прямой подачи, уменьшенную на 35-65% по сравнению с первой скоростью прямой подачи. Кроме того, изобретение относится к устройству для получения измельченного эластомера.

**033718 B1**

**033718 B1**

**Область техники**

Настоящее изобретение относится к способу и устройству для получения измельченного эластомера.

**Уровень техники**

Опыт в данной отрасли промышленности показывает, что, несмотря на широкомасштабные меры в области вторичной обработки, объем прямой переработки изношенных шин, т.е. прямого повторного использования резинового материала изношенных шин, не возрастает существенными темпами. Одна из главных причин этого заключается в том, что лишь очень немногие перерабатывающие компании способны обеспечить гранулы высокой степени очистки (измельченный материал), фактически не содержащие металлы, синтетические волокна и другие загрязняющие примеси и полученные традиционным способом механического измельчения, а также гранулы, имеющие небольшой размер частиц, требуемый для прямого повторного использования (т.е. в большинстве случаев с размером частиц менее 400 мкм). Другая причина связана с тем, что широко применяемые способы механического измельчения предусматривают измельчение всей шины, в результате чего полученные резиновые гранулы будут представлять собой смесь различных материалов, поскольку будут содержать все виды резин, применяемых для изготовления шины, при этом они также будут иметь разный состав в зависимости от соотношения автомобильных и грузовых шин, используемых в процессе измельчения.

В способах, известных в данной области техники, были предприняты попытки решения проблем, связанных с применяемостью смешанной механически полученной резиновой крошки, путем воздействия на механически полученную резиновую крошку различными видами химической и механической обработки. В частности, известно несколько разных способов получения восстановленного материала для резиновой промышленности. Однако применение данных способов связано с дополнительными затратами, причем во многих случаях данные способы не проявили себя как экономически эффективные.

Данные проблемы способствовали развитию промышленного сектора измельчения шин с использованием струи жидкости под высоким давлением, в результате чего на рынке появилось несколько устройств, выполненных с возможностью получения резиновой крошки. Многие из известных устройств и способов имеют недостатки с точки зрения экономичности из-за размерной неоднородности полученной резиновой крошки и из-за высокого удельного расхода электрической энергии.

В документе WO 2009/129906 A1 раскрыт способ и установка для дробления материалов с использованием струи воды. К задачам, поставленным перед раскрытыми системами, помимо обработки шин широко применяемых размеров, относится также измельчение эластомерного материала крупногабаритных шин, резиновых гусеничных лент, конвейерных лент и кабелей с использованием струй воды под сверхвысоким давлением (свыше 6000 бар). К недостаткам известного технического решения можно отнести тот факт, что в документе не раскрыты связанные с энергопотреблением потенциальные последствия применения данного способа, в том числе проблемы, возникающие в связи с выделением тепла при измельчении, причем данное явление является особенно значительным в диапазоне давлений, рекомендуемом в указанном документе. Кроме того, в документе не раскрыты подходящие средства фиксации и крепления различных заготовок во время измельчения, а также не раскрыто, как происходит удаление жидкости из полученной суспензии крошки и осушение конечного продукта.

Техническое решение согласно документу WO 2009/068874 A1 является еще более сложным, чем подробно описанное выше решение, при этом, помимо раскрытого выше процесса обработки различных типов шин с использованием струи жидкости, в рассматриваемом документе предложен один из способов удаления жидкости из суспензии крошки и осушения конечного продукта. Задачи, поставленные в известном документе, также предусматривают обработку крупногабаритных шин (в том числе так называемых шин "для бездорожья"). Однако существенная доля таких шин не относится полностью к типу шин с радиальным металлическим кордом (тем не менее, они могут содержать слои металлического корда в усилителе под протектором). Согласно данному документу вместе с резиновым материалом под воздействием струй воды высокого давления измельчаются также синтетические волокна, содержащиеся в каркасе шины, удаление которых в зависимости от материала волокон (полиамид, полиэстер, арамид и т.п.) может привести к возникновению различных проблем. Наличие загрязняющих синтетических волокон в резиновой крошке, которую будут использовать в качестве вторичного материала, является крайне нежелательным. Кроме того, способ обработки шин не раскрыт подробно в данном документе. Способ, описанный в рассматриваемом документе, имеет еще один недостаток, в частности, заключающийся в том, что на нескольких шагах способа используют абразивные материалы, причем на сегодняшний день эффективное техническое решение для удаления таких абразивных веществ из резинового материала еще не известно. Более того, техническое решение согласно данному документу, к сожалению, не затрагивает проблемы, связанные с потерями энергии при выделении тепла во время процесса измельчения.

В дополнение к исчерпывающему описанию технического решения, в документе WO 2010/023548 A1 представлены также конструктивные схемы конкретных измельчающих устройств. В данном документе также не затронуты проблемы эффективного использования энергии в ходе процесса измельчения, а также выделения тепла во время измельчения, хотя они весьма значимы в диапазоне давления (выше 3000 бар), установленном в рассматриваемом документе.

Можно видеть, что типовым недостатком известных решений является то, что они либо не способны справиться с условиями процесса измельчения, связанными с энергопотреблением, либо они справляются с ними в недостаточной степени. Во время измельчения с использованием струи жидкости под высоким давлением, струя жидкости, ударяющая о поверхность, подлежащую измельчению, имеет очень большую кинетическую энергию, обусловленную, главным образом, скоростью струи жидкости. Согласно литературным данным, данная скорость составляет 630 м/с при давлении 2000 бар, причем при давлении в 3000 бар она может достигать значения в 780 м/с.

В отличие от упомянутых выше технических решений, в документе WO 2008/084267 A1 теоретически рассмотрен процесс измельчения с использованием струи жидкости под высоким давлением (сверх-высоким давлением). Согласно данному документу условия процесса измельчения, связанные с энергопотреблением, изучаются с точки зрения кинетической энергии, которую имеет струя высокого давления, и так называемой энергии разрыва подлежащего измельчению эластомера.

Устройство, выполненное с возможностью осуществления процесса измельчения с использованием струи жидкости под сверхвысоким давлением, раскрыто в документе WO 2010/007455 A2. Устройство согласно данному документу обеспечивает возможность установки двух шин на общем валу. Во время процесса измельчения валы, несущие шины, могут быть приведены в действие снаружи пространства для измельчения. Шины закреплены на валу с применением механизма, удерживающего протектор шины изнутри.

Процессы измельчения с использованием струи воды под высоким давлением раскрыты также в документах WO 01/53053 F1, CN 202498654 U, GB 2339708 A, DE 19648551 A1, CN 200988284 Y и CN 101224609 A, а также в заявках на патент Венгрии № P1100429 и P1200305. Согласно заявке на патент Венгрии № P1100429 рабочая текучая среда отделена в ходе осуществления способа от получаемой крошки, технологическое тепло которой утилизируется с помощью предназначенного для этого технического решения до переработки рабочей текучей среды.

Большинство известных технических решений имеют общий недостаток, заключающийся в том, что во время процесса измельчения выделяется значительное количество тепла, в результате чего происходит сильное нагревание рабочей водной суспензии, содержащей резиновую крошку, получаемую в ходе рассматриваемого процесса. Вторичное охлаждение этой текучей среды вызывает потери электрической энергии двумя разными путями. Во-первых, теряется энергия, необходимая для нагревания струи жидкости, а, во-вторых, нагретую жидкость позже следует охладить, что также требует дополнительной энергии.

Таким образом, одна из наиболее важных проблем, которая не решается известными техническими решениями, состоит в том, что для получения измельченного эластомера экономически целесообразным способом, необходимо снизить расход электрической энергии и, соответственно, потребление энергии рассматриваемого процесса. Таким образом, в свете выше упомянутых известных технических решений, существует необходимость в создании способа и устройства для получения измельченного эластомера, с помощью которых можно получить - предпочтительно однородный, тонкодисперсный - измельченный эластомер более экономически выгодным и более эффективным образом, с меньшим расходом электрической энергии, по сравнению с известными техническими решениями.

### **Сущность изобретения**

Основная задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить способ и устройство для получения измельченного эластомера, которые не имеют недостатков известных технических решений в максимально возможной степени.

Другая задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы предложить способ, с помощью которого можно получить измельченный эластомер - предпочтительно однородные резиновые гранулы (крошку), имеющие равномерное распределение размеров частиц, - более экономичным и более эффективным образом, с меньшим потреблением энергии по сравнению с известными техническими решениями.

Еще одна задача настоящего изобретения состоит в том, чтобы уменьшить удельный расход электрической энергии в процессе измельчения эластомеров с использованием струи жидкости под высоким давлением по сравнению с известными техническими решениями. Другая задача настоящего изобретения заключается в том, чтобы предложить устройство для получения измельченного эластомера, выполненное с возможностью осуществления способа согласно настоящему изобретению в промышленном масштабе.

Новый предложенный способ основан на выводах, вытекающих из теоретического анализа процесса измельчения эластомерных материалов, причем устройство для получения эластомерных материалов, в частности для управляемого измельчения резинового слоя протекторов шин, разработано в соответствии с данными теоретическими соображениями.

Задачи настоящего изобретения могут быть решены с помощью способа согласно п.1 формулы. Предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения изложены в зависимых пунктах формулы.

### Краткое описание чертежей

Ниже в качестве примера приведено описание предпочтительных вариантов осуществления настоящего изобретения со ссылкой на прилагаемые чертежи, где

на фиг. 1 показан график, иллюстрирующий переходный процесс отверждения эластомерного материала при воздействии струи жидкости под высоким давлением и его завершение;

на фиг. 2 представлена схема, иллюстрирующая модель Кельвина-Фойгта, пригодная для описания эластомерных материалов;

на фиг. 3А приведен график, иллюстрирующий номограммы "давление - объемный расход" сопел, применяемых для измельчения с использованием струи жидкости под высоким давлением, а также демонстрирующий процесс определения значения давления, соответствующего заданному расходу жидкости и значению диаметра соплового отверстия;

на фиг. 3В приведен график, иллюстрирующий номограммы "давление - объемный расход" сопел, применяемых для измельчения с использованием струи жидкости под высоким давлением, а также демонстрирующий процесс определения значения расхода жидкости, соответствующего заданному давлению и значению диаметра соплового отверстия;

на фиг. 4 в аксонометрии проиллюстрировано устройство согласно одному из вариантов осуществления настоящего изобретения, выполненное с возможностью измельчения четырех шин;

на фиг. 5 в аксонометрии показан двойной ряд сопел, предусмотренных в устройстве согласно одному из вариантов осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 6 в аксонометрии показан вал установки шин, применяемый в устройстве согласно настоящему изобретению, причем указанный установочный вал расположен на опорной стойке;

на фиг. 7 в аксонометрии показан механизм крепления шин устройства согласно одному из вариантов осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 8 в аксонометрии, в открытом состоянии показан опорный механизм, содержащий приводной блок и выполненный с возможностью крепления указанного вала установки шин, устройства согласно настоящему изобретению в сочетании с опорным валом;

на фиг. 9 в аксонометрии, в закрытом состоянии показан опорный механизм с фиг. 8;

на фиг. 10А схематично показана возможная компоновка двойного ряда сопел, применяемых в способе и устройстве согласно настоящему изобретению;

на фиг. 10В схематично представлены векторы силы струй жидкости в компоновке согласно фиг. 10А;

на фиг. 11 схематично показана еще одна возможная компоновка двойного ряда сопел, применяемых в способе и устройстве согласно настоящему изобретению.

### Варианты осуществления настоящего изобретения

Из практики измельчения эластомерных материалов с использованием струи воды под высоким (сверхвысоким) давлением известно, что во время процесса измельчения выделяется значительное количество тепла, что проявляется в нагревании суспензии, содержащей измельченный эластомер. Среди недостатков, обусловленных данным явлением, можно выделить следующие:

в ходе процесса измельчения часть кинетической энергии измельчающей струи жидкости преобразуется в тепло, т.е. эта часть энергии не участвует в работе по измельчению и соответственно является потерянной энергией;

интенсивное нагревание жидкости измельчения приводит к увеличению потерь от испарения жидкости. После завершения процесса измельчения количество воды, повторно используемой для последующей операции измельчения, сокращается на объем испарений при открытии устройства измельчения. Пополнение запаса рабочей воды предусматривает дополнительные расходы;

нагретую рабочую воду, отделенную от водной суспензии, необходимо охладить. Этот процесс охлаждения также требует электрической энергии, что приводит к дополнительным потерям энергии. Охлаждение рабочей воды необходимо, поскольку вода, отделенная от суспензии, содержащей эластомер, повторно используется для последующего процесса измельчения, причем в насосы высокого давления можно подавать только воду низкой температуры (имеющей температуру, как правило, ниже примерно 30°C).

Из практики данной области промышленности известно, что для получения измельченного эластомера в количествах, значительных с точки зрения применимости, необходима подача большого количества воды под давлением, применяемым для измельчения. Предпочтительно это обеспечивают с помощью объемных поршневых насосов. Высокие уровни давления, применяемые для измельчения, также могут быть получены с помощью напорных подкачивающих насосов, однако они могут обеспечить значительно меньший массовый расход, и соответственно они являются менее пригодными для измельчения материалов экономичным образом в промышленных масштабах.

Для понимания механизма нагревания ниже приведен подробный анализ процесса измельчения.

Процесс измельчения с использованием струи жидкости, по существу, имеет три основные фазы (ступени). В известных способах во время всех трех фаз применяют одинаковые параметры измельчения, т.е. параметры измельчения - например, скорость прямой подачи - сохраняются неизменными во время

осуществления известных способов. Фаза измельчения означает, что струя жидкости под высоким давлением предпочтительно проходит один раз вдоль поверхности, подлежащей измельчению, при этом единичная фаза измельчения может включать в себя несколько проходов вдоль всей поверхности, подлежащей измельчению. Три основные фазы процесса измельчения могут быть описаны следующим образом:

в первой фазе процесса измельчения кинетическая энергия струи жидкости, главным образом, используется для дробления поверхности сплошного эластомерного материала (как правило, резины). Эластомерный материал считается сплошным, даже если он представляет собой шину и на поверхности ее протектора имеется рисунок, поскольку резиновый материал рисунка сам по себе является сплошным. В данной фазе отделяется относительно небольшое количество гранул, при этом суспензия крошки значительно нагревается, в частности, на 20-25°C относительно температуры воды измельчения, используемой, главным образом, в известных устройствах. Поскольку во время данной фазы происходит дробление поверхности шины, струя в основном проходит по поверхности, подлежащей измельчению, только один раз;

во второй фазе, во время которой осуществляют фактическое измельчение уже раздробленной поверхности шины, измельчение струей жидкости является более эффективным, что проявляется в отделении большего количества резиновой крошки (например, за одно вращение шины). Во второй фазе суспензия крошки нагревается в меньшей степени, если рассматривать данную фазу отдельно, причем температура суспензии повышается примерно на 5-15°C;

третья фаза процесса измельчения является опциональной; ее применяют, например, в случае резиновых шин для очистки поверхности протектора. Например, в случае шин с металлокордным каркасом, материал протектора шины отделяется и измельчается до усиливающих слоев металлического корда, т.е. в данной фазе измельчается остаточный резиновый материал. Градиент нагревания суспензии крошки в данной фазе является относительно низким, как правило, он не превышает 5-15°C.

Основываясь на опыте, приобретенном при изучении выделения тепла в известных процессах, было установлено, что один из ключевых факторов более эффективного использования кинетической энергии струи жидкости заключается в повышении эффективности параметров первой фазы измельчения для дробления поверхности эластомерного материала. Опираясь на данный установленный факт, авторы настоящего изобретения сконцентрировали свое внимание на анализе первой фазы измельчения, в результате чего были исследованы условия введения струи жидкости под высоким давлением в эластомер, что раскрыто подробно далее.

Проанализировав полученные результаты, авторы установили, что целесообразно изучать процесс измельчения, принимая во внимание также характеристики вязкопластичных жидкостей для эластомерных материалов.

В эластомерах сдвиговое напряжение зависит в значительной степени также от динамики действия силы. В этом случае оно проявляется в том, что в начале высокоскоростного проникновения эластомерный материал демонстрирует переходную твердость, которая значительно больше исходной (внутренне присущей) твердости материала. Значение переходной твердости зависит от скорости удара.

Таким образом, действие высокого давления и, как раскрыто выше, высокоскоростной струи жидкости, в начале проникновения - как правило, в течение периода времени в несколько микросекунд - эластомерный материал подвергается существенному переходному отверждению, что приводит к кратковременному повышению предела прочности при растяжении и энергии разрыва эластомера. При ударе струи жидкости о материал с повышенной твердостью в тепло преобразуется более значительная часть ее кинетической энергии по сравнению с ударом о поверхность, твердость которой не была увеличена. При проникновении струи жидкости в материал ее кинетическая энергия уменьшается, а характеристики прочности при растяжении эластомера постепенно возвращаются к исходным значениям, т.е. функция, отображающая деформационный отклик материала, демонстрирует снижение.

Ход процесса может быть охарактеризован диаграммой с фиг. 1 (непрерывная линейная кривая). Номера позиций, обозначенные на чертеже, пояснены ниже. Функция, показанная на фиг. 1, соответствует кривой временной зависимости, полученной из механической модели Кельвина-Фойгта, которая качественно отображает вязкоупругие свойства эластомеров. Указанная модель изображена на фиг. 2. В данной модели упругость эластомерного материала, имеющего модуль упругости  $E$ , представлена пружиной, а ее вязкостные свойства представлены амортизатором, имеющим коэффициент вязкости  $\eta$ , причем указанный амортизатор соединен параллельно с пружиной.

Уравнение напряжений модели имеет следующий вид:

$$\sigma = E \epsilon + \eta d\epsilon/dt,$$

где  $\sigma$  представляет собой напряжение, которому подвержен эластомер;

$E$  представляет собой модуль упругости эластомера (в данной модели соответствующим параметром является коэффициент жесткости пружины);

$\epsilon$  представляет собой параметр относительной деформации эластомера;

$\eta$  представляет собой коэффициент вязкости, т.е. амортизирующее действие амортизатора в ука-

занной модели.

В случае возникновения напряжения  $\sigma$  в момент, когда струя измельчения проникает в материал, извлекая параметр деформации из уравнения, получают следующую формулу:

$$\varepsilon(t) = \sigma/E (1 - e^{-t/\tau}),$$

которая описывает увеличение величины параметра деформации в течение времени  $\delta$  проникновения струи жидкости, проиллюстрированной на фиг. 2,

В указанной формуле  $\tau$  представляет собой время запаздывания, выраженное в виде отношения коэффициента  $\eta$  вязкости и модуля  $E$  упругости, т.е. параметра, отображающего вязкоупругие свойства эластомера. Как показано на фиг. 1, значение  $\tau$  определяется касательной линией к восходящей кривой деформации в начальной точке.

Уравнение, описывающее процесс релаксации, происходящий после прохождения времени  $\delta$  проникновения (т.е. нисходящий участок кривой, показанный непрерывной линией на чертеже), имеет следующий вид:

$$\varepsilon(t) = \sigma/E (1 - e^{-\delta/\tau}) e^{-(t-\delta)/\tau}.$$

Пунктирная линия на фиг. 1 показывает, как продолжался бы процесс разгона, имеющий продолжительность  $\delta$ , в случае если за ним не следовала бы релаксация, вызванная потерями энергии при проникновении струи жидкости в материал.

Уравнения, описывающие поведение эластомерных материалов, можно было бы качественно решить для целого куска материала очень трудоемким способом, поскольку модель выполнена с возможностью отображения поведения только одного полимерного сегмента. Для точного описания поведения заданного набора молекул модель необходимо размножить, и соответственно решение может быть описано в виде взаимосвязанной системы моделей Кельвина-Фойгта (для более точного описания необходимо добавить другие компоненты модели). Таким образом, точный результат получают путем добавления отдельных решений компонентов системы.

Учитывая тот факт, что большинство эластомеров имеют в значительной мере неоднородную структуру, т.е. характеристики отдельных молекулярных групп, содержащихся в системе, отличаются и их трудно определить независимо друг от друга, анализ ставит довольно сложную задачу, также связанную с применением метода конечных элементов. Еще одно ограничение для моделирования обусловлено неопределенностью расположения произвольных структурных дефектов, возникающих в эластомере.

Тем не менее, модель пригодна для качественного описания поведения эластомерного материала при воздействии струи жидкости и обеспечения качественного объяснения значительного количества тепла, выделяемого в первой фазе процесса.

Упомянутое выше представление о сложности анализа энергопотребления в случае проникновения струи измельчения направлено на то, чтобы показать, что точное математическое описание проблемы требует широкомасштабного исследования. Аналитическое решение проблемы, не имеющее теоретического описания должной глубины и обладающее только ограниченным диапазоном практического опыта, кажется в настоящее время невыполнимым. Таким образом - также для подготовки более глубокого теоретического анализа - далее приведено исследование того, как удельный расход электрической энергии при извлечении материала с применением струй жидкости под высоким давлением может быть уменьшен с учетом раскрытого выше поведения эластомерного материала, т.е. как процесс извлечения материала может быть сделан более энергоэффективным.

Как известно из ранее приведенного анализа, а также из документа WO 2008/084267 A1, для извлечения материала во время процесса измельчения с использованием струи жидкости необходима кинетическая энергия, превышающая энергию разрыва эластомерного материала. Кинетическая энергия струи жидкости, по существу, определена массой и скоростью энергопередающей среды.

В известных способах измельчения с использованием струи жидкости обычно повышение скорости струи жидкости рассматривают в качестве ключевого фактора, определяющего эффективность измельчения, которая может быть обеспечена путем повышения давления жидкости, применяемой для разделения материала. В большинстве упомянутых выше патентных документов для струи жидкости задан очень широкий диапазон давления. Как следует из практического опыта, в большинстве случаев применяют значения давления в тех частях этих диапазонов, которые выше среднего (примерно 3000 бар).

Однако, как видно из приведенных выше формул, высокие значения давления, применяемые в известных технических решениях, а также результирующие высокие скорости струй жидкости приводят к значительному кратковременному повышению прочности эластомерного материала. Другими словами, материал испытывает локальное, переходное отверждение, которое имеет двойное негативное влияние. С одной стороны, струя жидкости не способна проникнуть в эластомер с высокой переходной прочностью на заданную глубину (и, соответственно, лишь небольшое количество материала может быть удалено в данной фазе), и, с другой стороны, рассеивается большая часть энергии струи и теряется в виде тепловых потерь.

Согласно настоящему изобретению было обнаружено, что для того, чтобы мгновенное отверждение эластомера происходило с более низким уровнем прочности - с точки зрения расчетов, для того чтобы его функция отклика прочности предпочтительно стала плоской, - т.е. для снижения твердости эластомера, скорость струи жидкости, т.е. давление измельчения во время первой фазы, предназначенной для дробления эластомерного материала, следует уменьшить. Указанное утверждение согласно настоящему изобретению противоречит практике в данной области промышленности, в соответствии с которой краеугольным камнем повышения эффективности процесса измельчения является увеличение давления измельчения. Однако для сохранения энергетического равновесия массу текучей среды, проникающей в материал, следует повысить одновременно с уменьшением давления, как показано ниже, так чтобы обеспечить наличие кинетической энергии, требуемой для удаления материала (т.е. уровень энергии, превышающий критическую энергию разрыва).

Поскольку параметром, фундаментально задающим диаметр струи жидкости, осуществляющей измельчение материала, является диаметр отверстия сопел, применяемых для испускания струй жидкости, объемный расход зависит от этого параметра. На основании исследования раскрытого выше переходного явления можно подтвердить, что для уменьшения удельного расхода электрической энергии на единицу удаляемого материала диаметр сопел необходимо увеличить одновременно с уменьшением давления измельчения.

Тем не менее, следует отметить, что, помимо физических характеристик, при определении предпочтительного диапазона диаметра сопла и соответствующих значений давления необходимо также учитывать экономические аспекты.

Также практическим опытом подтверждено, что увеличение размера отверстия сопел измельчения (т.е. увеличение объемного расхода и соответственно массового расхода жидкости для измельчения) приводит к получению более предпочтительных характеристик измельчения, даже в сочетании с уменьшенным давлением измельчения, по сравнению со случаем, когда увеличивают только давление, а размер отверстия остается небольшим. Однако капитальные затраты и затраты на эксплуатацию насосов высокого давления и их вспомогательных систем являются экономическим ограничением для увеличения объемного расхода измельчения, поскольку функционирование напорных насосов с высоким объемным расходом требует использования высокомоментных приводных двигателей.

Капитальные затраты и потребление мощности насосов с уровнями давления, пригодными для раскрытой в настоящем документе технологии измельчения, устанавливают верхний предел при выборе насоса для ожидаемого уровня эффективности измельчения.

Практические испытания, в ходе которых, помимо проверки соответствующих соотношений давления и объемного расхода, также рассматривались экономические аспекты, привели к осознанию того, что в случае использования сопел, имеющих в настоящее время широкое распространение, особенно для измельчения резинового материала, в предпочтительном варианте осуществления настоящего изобретения предпочтительными являются следующие пары значений диаметра сопла и давления:

диаметр сопла: сопла диаметром от 0,4 до 0,6 мм (в эмпирических единицах: от 0,016 до 0,024 дюймов);

давление: от 850 до 1150 бар (в эмпирических единицах: от 12300 до 16700 фунт/кв. дюйм),

причем высокие значения соответствуют меньшим диаметрам сопел, а меньшие значения давления соответствуют большим диаметрам сопел.

Основное конструктивное решение систем измельчения, содержащих один или несколько насосов высокого давления и одно или несколько измельчающих устройств, заключается в том, что объемный расход жидкости, подаваемой насосом при требуемом давлении, необходимо привести в соответствие с количеством сопел измельчения. Для этого необходимо знать объемный расход для каждого сопла в зависимости от давления и диаметра отверстия. В этом случае обычно от производителей сопел можно получить конкретные данные завода-изготовителя.

Сравнивая объемные расходы насоса и сопел, можно определить количество применяемых сопел, которое является основной информацией для определения размеров измельчающего устройства. Далее раскрыт концептуальный проект примерного измельчающего устройства для протектора шины, предназначенного для определенного таким образом объемного расхода.

Фактические пары давление-диаметр сопла, соответствующие заданным условиям измельчения, в высшей степени зависят от характеристик прочности эластомера, подлежащего измельчению. По опыту заявителей, материалы шин могут значительно отличаться в зависимости от того, какие рабочие условия были приняты во внимание производителями для оптимизации характеристик материала шины, в частности материала протектора. Учитывая раскрытую выше теоретическую базу и практический опыт, можно установить в качестве главного принципа, что в случае более мягких материалов можно применять более высокие значения давления и сопла меньших диаметров, причем для более твердых, износостойких материалов могут быть использованы меньшие значения давления измельчения и сопла больших диаметров.

Значения давления, соответствующие заданным диаметрам сопел, могут быть выбраны следующим образом. Как было объяснено выше, объемные поршневые насосы высокого давления имеют почти по-

стоянный объемный расход. Сжатием жидкости следует пренебречь в диапазоне давления, применяемом для рассматриваемой технологии. Условия давления таких насосов могут быть модифицированы только за счет применения управления оконечными точками с обратной связью, т.е. путем изменения расхода у выходного отверстия, заданного размером соплового отверстия. В случае больших значений площади поперечного сечения выходного отверстия конечное давление, т.е. фактическое давление измельчения, может быть уменьшено, причем одновременно объемный расход (и соответственно массовый расход) становится выше.

Для измельчения резиновых материалов, имеющих различные прочностные характеристики, с использованием одного и того же измельчающего устройства целесообразно задавать разные пары "давление - объемный расход" предпочтительно путем изменения размера отверстия применяемых сопел. В свете упомянутых выше фактов изменение размера соплового отверстия, по существу, обеспечивает управление насосом с обратной связью.

Указанная процедура управления для параметров заданного типа сопел проиллюстрирована на фиг. 3А и 3В. На диаграммах на оси  $x$  показано давление измельчения (в барах) текучей среды для измельчения, выпускаемой соплами, а на оси  $y$  показан объемный расход (в л/мин), относящийся к различным размерам отверстий. Кривые заданы на основе данных завода-изготовителя для отверстий сопел размером 600-550-500-450-400 мкм.

Следует отметить, что значения объемного расхода, соответствующие заданному диаметру сопла, и значения давления, полученные с использованием результатов измерения производителя, устанавливаются лишь некоторыми из производителей сопел, причем в виде таблиц. Однако, в случае если данные завода-изготовителя представлены в виде номограмм, показанных на фиг. 3А, 3В, эти данные могут быть использованы для определения параметров измельчения намного более предпочтительным образом. Представленные ниже соотношения довольно сложно понять с помощью таблиц завода-изготовителя, поэтому сначала необходимо построить кривые, показанные на фиг. 3А и 3В, для приоритетного диапазона размера отверстия 400-600 мкм и диапазона давления 650-1350 бар.

Полученные номограммы могут быть предпочтительно использованы двумя разными способами согласно фиг. 3А и 3В. В соответствии с первым вариантом использования номограмм, представленных на фиг. 3А, значения давления измельчения, применяемые для измельчения эластомеров различной твердости, зависят от объемного расхода насоса высокого давления, который находится в широком доступе или который выбирают из практических соображений, например с учетом потребляемой им мощности. Таким образом, в варианте, проиллюстрированном на фиг. 3А, номограмма "давление - объемный расход" построена для типа сопла по меньшей мере одного сопла, причем на основе диаметра отверстия указанного по меньшей мере одного сопла, с помощью номограммы "давление - объемный расход" для заданного объемного расхода можно определить давление струи жидкости в диапазоне от 650 до 1350 бар.

Второй вариант использования номограммы, проиллюстрированный на фиг. 3В, состоит в определении значений объемного расхода сопел, соответствующих значениям давления измельчения, которые заданы заранее. Таким образом, в варианте, проиллюстрированном на фиг. 3В, номограмма "давление - объемный расход" построена для типа сопла по меньшей мере одного сопла, причем на основании диаметра отверстия указанного по меньшей мере одного сопла с помощью номограммы "давление - объемный расход" можно определить объемный расход струи жидкости для заданного давления струи жидкости, выбранного из диапазона 650-1350 бар.

Фиг. 3А предназначена для определения значений давления сопла, соответствующих объемному расходу насоса высокого давления, который находится в широком доступе или который выбирают, например, с учетом потребляемой им мощности. Значения давления можно определить следующим образом: сначала в зависимости от значения объемного расхода заданного насоса высокого давления и количества применяемых сопел определяют объемный расход одного сопла, после чего проводят горизонтальную линию, перпендикулярную оси  $y$  в точке с определенным значением объемного расхода, пересекая характеристические кривые сопел с различными отверстиями, имеющиеся в номограммах. Построив проекцию каждой точки пересечения на ось  $x$ , получают значения давления измельчения, обеспечиваемые с помощью заданных сопел. Разумеется, этот способ обеспечивает точные значения давления измельчения для всех сопел в одной измельчающей головке, если сопла имеют одинаковые диаметры отверстий.

Другой вариант использования номограммы, проиллюстрированной на фиг. 3В, предпочтительно предназначен для определения объемного расхода, требуемого для измельчения, и, соответственно, способствует выбору насоса высокого давления. В случае если давление измельчения, предпочтительно используемое для измельчения заданного эластомерного материала (например, резинового слоя протектора шины), определяют заранее, то проводят линию, перпендикулярную оси  $x$  в точке с заданным значением давления, пересекая характеристические кривые, отображающие различные размеры соплового отверстия. Путем построения проекции каждой точки пересечения на ось  $y$  можно получить значения объемного расхода, соответствующие различным размерам соплового отверстия. Объемный расход насоса, используемого для обеспечения требуемого давления измельчения, получают за счет умножения вы-



бранного значения объемного расхода на количество сопел, применяемых в одном или нескольких измельчающих устройствах.

Следует отметить, что в раскрытом выше способе потери на внутреннее давление устройства, а также потери в его подающем трубопроводе высокого давления не были учтены. При этом такие потери на внутреннее давление могут быть легко определены специалистом в данной области техники.

Как известно из технологии струйного измельчения с линейным выравниванием, струи, направленные к поверхности, подлежащей измельчению, предпочтительно вибрируют с предварительно заданной частотой. Согласно практическому опыту частота вибрации, предпочтительно применяемая в сочетании со значениями давления, - и значениями скорости прямой подачи, приведенными далее, - применяемыми в соответствии с настоящим изобретением, составляет 650-850 1/мин, где нижние и верхние значения, соответственно, относятся к более твердым и более мягким материалам. Целесообразно, чтобы по меньшей мере одно сопло вибрировало в направлении, перпендикулярном направлению движения эластомерного материала, а также направлению выхода. Точное значение частоты вибрации зависит от фактической вязкости резинового материала, подлежащего измельчению, и может быть определено на основании результатов испытательных режимов измельчения.

Важно отметить, что, хотя предлагаемый способ и соответствующее устройство согласно настоящему изобретению, раскрытое ниже, описаны в отношении технологии струйного измельчения с линейным выравниванием, номограммы, представленные на фиг. 3А и 3В, а также их использование для выбора предпочтительных размеров отверстий сопел для измельчения могут быть применены также для повышения эффективности измельчения для технологии струйного измельчения с поворотной головкой.

Три главные фазы процесса измельчения, в частности фаза дробления поверхности (первая фаза), так называемая продуктивная фаза измельчения (вторая фаза), и фаза удаления остаточного материала (третья фаза), были раскрыты выше. В случае, если измельчению подлежит материал протектора шины, каждая фаза предпочтительно требует одного поворота шины. Как указано ниже, для третьей фазы также могут быть заданы предпочтительные параметры измельчения, однако для обеспечения эффективности процесса не важно, используются ли в третьей фазе такие же параметры, что и во второй фазе, или же значения параметров в третьей фазе изменены по сравнению со второй фазой. Одновременно с выявлением различных функций фаз также было установлено, что, помимо предварительно заданных главных параметров измельчения (которые являются не изменяемыми или трудноизменяемыми во время операции измельчения), существенную роль также играют скорости прямой подачи, применяемые в ходе различных фаз. Термин "скорость прямой подачи" используют для обозначения скорости относительного движения группы сопел, осуществляющих измельчение, и эластомерного материала, подлежащего измельчению. Относительное движение в случае линейно расположенных сопел происходит в направлении, перпендикулярном направлению вибрации ряда сопел, а в случае измельчения с использованием поворотной головки оно происходит в любом направлении, параллельном поверхности, подлежащей измельчению. С точки зрения процесса измельчения не важно, совершают ли поступательное движение струи измельчения (т.е. сопла) или сами заготовки или же и те и другие движутся с предварительно заданными разными скоростями.

Следует учитывать, что, помимо предварительно заданных основных параметров измельчения, например давления измельчения и частоты вибрации, скорость прямой подачи вибрирующих струй жидкости, применяемых во время различных фаз, также имеет важное значение, поскольку в случае слишком высокой скорости передней подачи остается меньше времени для того, чтобы струи измельчения смогли проникнуть в материал, а при слишком низкой скорости прямой подачи струя измельчения будет находиться в заданном месте слишком долгое время, что приведет к потере энергии.

В соответствии с выдвинутыми выше соображениями предлагаемый способ для получения измельченного эластомера осуществляют следующим образом. В ходе выполнения способа согласно настоящему изобретению струю жидкости, имеющую давление 650-1350 бар, направляют по меньшей мере из одного сопла к эластомерному материалу, движущемуся, по меньшей мере частично, в поперечном направлении относительно направления выхода по меньшей мере одного сопла. При использовании разрывного действия струи жидкости измельченный эластомер отделяется от поверхности эластомерного материала, т.е. измельченный эластомер получают из эластомерного материала с помощью струи жидкости. Частицы измельченного эластомера, по существу, отрываются от эластомерного материала с помощью струи жидкости. Под фразой о том, что эластомер, по меньшей мере частично, движется в поперечном направлении относительно направления выхода по меньшей мере одного сопла, понимают, что его движение имеет составляющую, перпендикулярную направлению выхода, т.е. поверхность, подлежащая дроблению с помощью струи жидкости, не параллельна ей.

Согласно вышесказанному для осуществления предлагаемого способа можно также использовать более одного сопла, расположенных линейно рядом друг с другом, или одно или несколько сопел, расположенных в поворотной головке.

В ходе выполнения способа согласно настоящему изобретению эластомерный материал перемещают относительно по меньшей мере одного сопла так, что в первой фазе для дробления поверхности эластомерного материала эластомерный материал имеет первую скорость прямой подачи 10-20 мм/с в точке

удара струи жидкости в направлении, поперечном направлению выхода, а во второй фазе после дробления поверхности материала эластомер имеет вторую скорость прямой подачи, уменьшенной на 35-65% по сравнению с первой скоростью прямой подачи.

В случае измельчения с использованием поворотной головки "скорости прямой подачи", применяемые в каждой фазе процесса измельчения, обозначают относительную скорость продвижения оси вращения вращающейся измельчающей головки и заготовки, подлежащей обработке.

С точки зрения эффекта измельчения наиболее значимую роль играет составляющая скорости эластомерного материала, перпендикулярная струе жидкости, и, соответственно, для определения способа согласно настоящему изобретению, а также в дальнейшем описании эта составляющая скорости будет рассмотрена в качестве скорости передней подачи. Таким образом, например, в случае шины скорость передней подачи представляет собой окружную скорость шины.

С учетом вышесказанного в способе согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения струя жидкости, имеющая давление 850-1150 бар, направлена к эластомерному материалу.

В первой фазе, предназначенной для дробления поверхности эластомерного материала, продуктивное измельчение ограничено, поскольку во время этой фазы струи измельчения выполняют дробление поверхности, подлежащей измельчению. Испытания привели к выводу, что в способе согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения скорость прямой подачи, применяемая в первой фазе, должна предпочтительно составлять 12,5-17,5 мм/с, наиболее предпочтительно 14,2-15,8 мм/с. При этих значениях скорости прямой подачи предпочтительно применяют сопла диаметром от 0,4 до 0,6 мм и/или значения давления от 850 до 1150 бар. Соответственно, заданный предпочтительный диапазон диаметров сопел (от 0,4 до 0,6 мм) может также быть применен при значениях давления измельчения, составляющих в диапазоне давления согласно настоящему изобретению от 650 до 1350 бар.

Таким образом, в первой фазе следует особо избегать избыточного выделения тепла. Для этого во время всего хода выполнения предлагаемого способа используют давление измельчения, меньшее, чем в известных технических решениях, причем предпочтительно увеличивают диаметр соплового отверстия для обеспечения того, чтобы струя жидкости имела кинетическую энергию, превышающую критическую энергию разрыва. В дополнение к этим мероприятиям, в первой фазе скорость прямой подачи устанавливают на относительно высоком уровне, так чтобы струя жидкости находилась в течение относительно короткого периода времени в области поверхности, только что подверженной измельчению эластомерного материала, для того, чтобы указанная поверхность как можно дольше не подвергалась отверждению, т.е. чтобы во время дробления поверхности выделялось как можно меньшее количество тепла. Во время испытаний было обнаружено, что для указанных выше значений давления во время первой фазы процесса скорость прямой подачи предпочтительно должна составлять 10-20 мм/с (принимая во внимание твердость эластомерного материала, подлежащего измельчению, т.е. для более твердого эластомерного материала следует выбирать меньшее значение, а для более мягкого материала следует выбирать более высокое значение) для обеспечения баланса между дроблением поверхности до требуемой степени после первой фазы и выделением как можно меньшего количества тепла.

Испытания также показали, что оптимальное значение скорости прямой подачи составляет 14,2-15,8 мм/с. Этот диапазон также является предпочтительным для широко распространенных шин, которые имеют среднюю твердость. Испытания показали, что в первой фазе с таким параметром выделение тепла, т.е. повышение температуры рабочей текучей среды, может быть уменьшено примерно на 5-15°C, что, грубо говоря, равно значениям, измеренным на других фазах. Важно отметить, что дополнительная энергия, требуемая для получения первой скорости прямой подачи (которая превышает скорость прямой подачи, применяемую во второй фазе), является пренебрежительно низкой по сравнению с энергией, которую можно сохранить путем изменения скорости прямой подачи между фазами процесса, т.е. путем предотвращения нагревания жидкости для измельчения.

По завершении первой фазы во время второй фазы "продуктивного измельчения" ряд струй измельчения движется вперед медленнее, чем эластомерный материал, подлежащий измельчению. При применении такой уменьшенной скорости прямой подачи во второй фазе, поскольку на уже частично раздробленной поверхности явление отверждения происходит в гораздо меньшей степени по сравнению с отверждением поверхности, происходящим во второй фазе, может быть обеспечено более глубокое проникновение с тем же самым давлением струи жидкости, что и в первой фазе. Скорость прямой подачи, применяемая во второй фазе, ниже на 35-65%, предпочтительно примерно на 50%, чем первая скорость прямой подачи и, таким образом, попадает в диапазон 5-10 мм/с. Испытания показали, что во второй фазе целесообразно устанавливать как можно меньшую скорость прямой подачи для обеспечения максимально возможной скорости извлечения на оборот. Кроме того, по аналогии с первой скоростью прямой подачи вторую скорость прямой подачи также определяют в зависимости от твердости эластомера, подлежащего измельчению, т.е. более высокие значения второй скорости прямой подачи (например, значения рядом с верхним значением указанных диапазонов) будут соответствовать более высоким первым скоростям прямой подачи. Однако, если первую скорость первой подачи выбирают из меньших значений указанно-

го диапазона, то вторую скорость прямой подачи также будут выбирать из меньших значений диапазона 5-10 мм/с. Таким образом, согласно тому, что было упомянуто выше, снижение скорости прямой подачи на 35-65%, предпочтительно примерно на 50% осуществляют в каждом случае между первой и второй фазами.

Однако применение слишком низких скоростей измельчения также является нецелесообразным, поскольку, в случае если струя жидкости остается в заданной области слишком долго, она может проникнуть в более глубокие слои эластомерного материала, в некоторых случаях даже в опорный слой, что может привести к повышению температуры рабочей текучей среды. Таким образом, для второй фазы может быть установлен оптимальный диапазон скорости, причем оба упомянутых выше неблагоприятных эффекта можно предотвратить в полном объеме наиболее предпочтительным образом. В ходе испытаний было обнаружено, что в соответствии с вышесказанным вторую скорость прямой подачи целесообразно выбирать из диапазона 6,5-8,5 мм/с.

Таким образом, в фазе продуктивного измельчения (второй фазе) целесообразно применять более низкие скорости прямой подачи, поскольку в этом случае может быть обеспечено более глубокое проникновение в раздробленную поверхность (и соответственно более значительное удаление материала) при неизменном значении давления измельчения. При этом скорость вибрации ряда струй жидкости остается такой же, что и в первой фазе. Применение слишком низких значений скорости прямой подачи не является предпочтительным, поскольку в случае слишком длительного времени воздействия струи жидкости струя измельчения проникает в более глубокие слои материала и теряет много энергии, в результате чего ее энергия уже больше не будет превышать энергию разрыва эластомера, и соответственно она станет не способной к измельчению нижних слоев.

За счет использования указанных выше узких диапазонов скорости в способе согласно одному из вариантов осуществления настоящего изобретения вторую скорость прямой подачи, применяемую во второй фазе, получают путем уменьшения первой скорости прямой подачи предпочтительно на 45-55%, наиболее предпочтительно на 50%.

Согласно вышесказанному во второй фазе скорость возможных применяемых вибраций сопел, а также применяемые значения давления текучей среды являются такими же, что и в первой фазе. С технологической точки зрения менять скорость прямой подачи между фазами относительно легко, при этом изменение давления измельчения или изменение диаметра сопловых отверстий во время эксплуатации были бы необоснованными.

В третьей так называемой фазе "очистки" струю жидкости используют для удаления остаточного материала, представленного в ограниченной степени. Для данной операции можно применять третью скорость прямой подачи, которая превышает вторую скорость прямой подачи, в результате третью скорость прямой подачи для третьей фазы (применяемой после второй фазы) выбирают из аналогичного диапазона (10-20 мм/с) в качестве первой скорости прямой подачи. В третьей фазе предпочтительный диапазон скорости прямой подачи также составляет 12,5-17,5 мм/с, а наиболее предпочтительный диапазон скорости равен 14,2-15,8 мм/с. По аналогии с тем, что было раскрыто выше, скорость возможных применяемых вибраций по меньшей мере одного сопла также в первоначально установленное значение давления измельчения остается такой же, как и раньше.

В случае измельчения среднего протектора шины, изношенного до толщины слоя 16 мм или меньше, первая фаза процесса будет происходить за один оборот, вторая фаза может быть завершена за 2-3 оборота, а третья фаза также потребовала бы одного оборота шины. Когда измельчению подлежит более толстый слой эластомерного материала (например, резины), количество оборотов, требуемых для завершения второй фазы, увеличивается на один оборот на каждые 3 мм дополнительной толщины слоя.

Изменение в скорости прямой подачи с фазы на фазу обеспечивается за счет управления измельчающим устройством. Для измельчения шины это означает, что управляющий блок устройства переключается на скорость прямой подачи последующей фазы каждый раз, когда начинается новая фаза.

Конкретные варианты настоящего изобретения относятся к устройству, выполненному с возможностью осуществления раскрытого выше способа, т.е. с возможностью получения измельченного эластомера. Таким образом, устройство согласно настоящему изобретению может быть применено для осуществления предлагаемого способа, т.е. конструкция устройства может иметь определенные размеры, и функционированием устройства можно управлять в соответствии с предлагаемым способом. Соответственно, устройство согласно настоящему изобретению предпочтительно содержит управляющую систему, которая, помимо того, что она позволяет управлять основными функциональными возможностями устройства, также способна программировать и хранить блоки управления, обеспечивающие две или несколько скоростей прямой подачи, а это значит, что, управляя предлагаемым устройством, можно реализовать две или несколько разных скоростей прямой подачи.

Устройство согласно настоящему изобретению имеет корпус, содержащий пространство для измельчения и также предпочтительно контейнеры для суспензии крошки, вал установки шин, выполненный с возможностью установки шины, предпочтительно четырех шин, в пространстве для измельчения, приводной блок, выполненный с возможностью крепления и вращения вала установки шин, и по меньшей мере одно сопло, выполненное с возможностью расположения вдоль окружности шины, когда шина

закреплена на валу установки шин. Каждое сопло способно испускать струю жидкости, имеющую давление, например, в указанном выше диапазоне, т.е. от 650 до 1350 бар, но при необходимости устройство способно измельчать при уровнях давления ниже и выше указанных значений.

Установка четырех шин является также предпочтительной, поскольку при измельчении одновременно четырех шин устройство может функционировать более эффективно по сравнению с устройствами, выполненными с возможностью измельчения одновременно двух шин. Однако установка более четырех шин вызовет трудности с движением вала и его балансировкой, при этом одновременное измельчение такого количества шин является проблематичным с точки зрения конструкции устройства. Дополнительно к приводному блоку, выполненному с возможностью приведения в действие вала установки шин на его конце, устройство согласно настоящему изобретению содержит опорный механизм, выполненный с возможностью крепления вала установки шин и позволяющий снять вал установки шин при разблокировке указанного крепления.

На фиг. 4 показано устройство согласно одному из вариантов осуществления настоящего изобретения. Устройство, раскрытое ниже, предпочтительно предназначено, в частности, для удаления и измельчения материала на участке протектора шин с радиальным металлическим кордом в грузопассажирских транспортных средствах, при этом проиллюстрированный вариант может быть применен для измельчения эластомерного материала протектора других типов шин или других кольцевидных элементов (например, сплошных шин).

Устройство может обеспечить систему относительного движения струй жидкости под высоким давлением (обычно струй воды) и заготовки, подлежащей измельчению, посредством которой струя жидкости, входящая в заготовку, удаляет с заготовки мелкую крошку, имеющую предварительно заданное, равномерное распределение частиц по их размерам.

Это предпочтительно достигается за счет обеспечения вибрации набора струй жидкости, расположенных линейно в плоскости испускаемых струй, и одновременно за счет перемещения заготовки перед набором струй измельчения с предварительно заданной скоростью прямой подачи. В случае шин применение скорости прямой подачи в отношении заготовок соответствует вращению шин с конкретной угловой скоростью.

Общий внешний вид и главные компоненты конструкции устройства согласно рассматриваемому варианту осуществления настоящего изобретения проиллюстрированы на фиг. 4, а конкретные компоненты указанного устройства показаны на фиг. 5-9.

На фиг. 4 показано устройство для получения измельченного эластомера, содержащее корпус 10. В середине корпуса 10 расположено вибрационное устройство 18, выполненное с возможностью обеспечения двусторонней симметричной вибрации блоков 12 измельчающих головок струй жидкости. Зажатые блоки 12 измельчающих головок установлены на вибрирующих валах 19, приводимых в движение вибрационным устройством 18. Вода для измельчения под высоким давлением подается в устройство через подающие штуцеры 15, расположенные сверху, из которых блоки 12 измельчающих головок 12 снабжаются водой через гибкие шланги 17. Во время эксплуатации рабочее пространство устройства покрыто откидной крышкой 20 машины, выполненной с возможностью перемещения с помощью пневматических цилиндров 22. Полученная суспензия резиновой крошки, содержащая воду, собирается в контейнерах 24 для суспензии, расположенных в нижней части устройства.

Как показано также на фиг. 4, способ и устройство согласно настоящему изобретению предпочтительно предусматривают наличие ряда линейно расположенных сопел.

Вал 26 установки шин, выполненный с возможностью установки нескольких шин 14, поднимается и опускается в открытом состоянии крышки 20 машины, предпочтительно с помощью крана. В рассматриваемом варианте осуществления настоящего изобретения шины 14 закреплены с помощью опорных башмаков 44, зафиксированных посредством ножничного механизма 47. Особенности механизма 16 крепления шин, содержащего ножничный механизм 47 и опорные башмаки 44, проиллюстрированы на фиг. 7. Вал 26 установки шин опирается на приводимый опорный механизм 28, имеющий двусторонние приводимые ролики, причем вал 26 установки шин приводится в действие приводными блоками 30. Особенности опорного механизма 28 показаны на фиг. 8, 9.

В рассматриваемом варианте осуществления настоящего изобретения расстояние между валом 26 установки шин и узлами 12 измельчающих головок, заданное размером шин 14, можно регулировать, используя шпиндельный механизм 32 с колесным управлением. Вал 26 установки шин зафиксирован на опорном механизме 28 и закреплен сверху во время эксплуатации с помощью кронштейнов 34, зафиксированных в их загнутом вниз положении. Кронштейн 34 показан на фиг. 8 и 9 соответственно в опущенном и приподнятом положениях.

Эффективность процесса измельчения может быть повышена за счет увеличения вдвое измельчающих головок 36 в узле 12 измельчающих головок предпочтительно способом, показанным на фиг. 5, причем измельчающие головки 26 расположены поверх друг друга. Соответственно, в устройстве согласно одному из вариантов осуществления настоящего изобретения применяют удвоенное количество рядов сопел, содержащих первый ряд сопел и второй ряд сопел, расположенных параллельно друг другу. Далее, со ссылкой на фиг. 10A, 10B и 11 проиллюстрированы преимущества применения двойных рядов

сопел. Двойные ряды сопел могут быть предпочтительно применены также в отношении предлагаемого способа.

Как показано на фиг. 5, два ряда сопел имеют одинаковую конфигурацию. На фиг. 5 показаны сопла 38 узлов измельчающих головок. Узлы 12 измельчающих головок закреплены на вибрирующем валу 19 с помощью зажимов. Осевое положение и угол наклона (относительно горизонтальной плоскости) узлов 12 измельчающих головок можно регулировать с помощью крепежных винтов зажимов. Узел 12 измельчающих головок может быть зафиксирован в требуемом угловом положении путем затягивания винтов.

Для повышения производительности измельчения устройство согласно рассматриваемому варианту осуществления настоящего изобретения выполнено с возможностью одновременной обработки четырех шин 14, причем время наладки машины, вычисленное для одной шины 14, может быть значительно сокращено. Если в одном предлагаемом устройстве предусмотрено два вала 26 установки шин, то во время измельчения шин, установленных на один из валов 26 установки шин и загруженных в устройство, уже обработанные шины можно снять с другого вала 26 установки шин, расположенного на подходящей опорной стойке 43, причем четыре шины, подлежащие измельчению, во время последующего цикла измельчения также могут быть установлены на него. Вал 26 установки шин, закрепленный на опорной стойке 42, показан на фиг. 6. Такая же опорная стойка 43 может быть использована для прочистки (промывки) четырех шин, подлежащих обработке, до загрузки в устройство. Промывка шин необходима для обеспечения требуемой химической чистоты конечного продукта измельченного эластомера. Для обеспечения непрерывной загрузки и разгрузки устройства, требуется две опорные стойки 43: вал 26 установки шин, несущий уже обработанные шины, устанавливается на пустой опорной стойке 43 после снятия с устройства, причем вал 26 установки шин, подготовленный для обработки, может быть загружен в устройство с другой опорной стойки 43. Вал 26 установки шин может быть закреплен на опорной стойке 43 с помощью зажимов 46 и стопорных рычагов 48.

Шины 14 предпочтительно установлены на валу 26 установки шин за счет внутренней прочности металлического кордного каркаса шины 14, что обеспечивает возможность установки шины 14 через борта его обода. Следует отметить, что в ходе испытаний было обнаружено, что шины без усиленной структуры металлического корда оказались достаточно прочными для того, чтобы их можно было установить на вал 26 установки шин способом, проиллюстрированным на фиг. 4 и 6. При применении механизма 16 установки шин, показанного на фиг. 7, для крепления шины 14 в устройстве достаточно прижать башмаки 44, имеющие соответствующую форму, к кольцам шины с помощью ножничного механизма 47.

Опорные башмаки 44 перемещаются с помощью ножничного механизма 47, который может быть приведен в действие с помощью винтового шпиндельного механизма с ручным управлением, или способом, проиллюстрированным на фиг. 7, с помощью пневматических цилиндров 50. В случае применения пневматического крепления контейнером, поддерживающим давление, является сам вал 26 установки шин, в который подается сжатый воздух через питающие штуцеры 45, расположенные с обоих концов вала, как показано на фиг. 6.

Движение вперед для измельчения (прямая подача) шины обеспечивается путем вращения вала 26 установки шин. Вал 26 установки шин вращается с помощью приводимых роликов опорного механизма 28. Диапазон скорости вращения вала определяется так, что он позволяет достичь скоростей прямой подачи, заданных выше в отношении предлагаемого способа.

Способ крепления и приведения в действие вала 26 установки шин проиллюстрирован на фиг. 8, 9. Из-за значительных крутящих моментов, возникающих при вращении вала 26 установки шин, вал предпочтительно приводится в действие за счет использования нескольких зубчатых колес 56 цепной передачи, приводимых в действие приводным блоком 54. На фиг. 8 проиллюстрировано открытое положение зажима 34, причем вал может быть снят с устройства или вставлен в устройство. Как показано на чертеже, в данном положении вал 26 установки шин может быть легко вставлен в опорный механизм 28. На фиг. 9 проиллюстрировано закрытое положение зажима 34, используемое во время операции измельчения.

Дополнительные функциональные возможности опорного механизма 28, выполненного с возможностью приведения в действие вала 26 установки шин, позволяют регулировать расстояние между поверхностями шины, подлежащей измельчению, и узлами 12 измельчающих головок. Среди прочих причин, регулируемость расстояния необходима, главным образом, из-за того, что при различных параметрах измельчения оптимальная рабочая точка сопел измельчения может отличаться от соответствующей точки для сопел, применяемых ранее, причем при замене сопла также необходимо регулировать рабочее расстояние.

Первоначальное расстояние задают с помощью шпиндельного механизма, приводимого в действие колесом 32, содержащим дисплей. Кроме того, механизированный шпиндельный механизм может быть предпочтительно использован для компенсации увеличения расстояния между узлами 12 измельчающих головок и поверхностью, подлежащей измельчению, вызванного уменьшением толщины поверхностного резинового слоя.

Измельчающие головки 36, расположенные друг под другом, как показано на фиг. 5, могут быть установлены двумя разными способами:

верхние и нижние струи измельчения ориентированы в одно и то же положение обработки, т.е. линия удара струй жидкости, выпускаемых первым рядом сопел, и линия удара струй жидкости, выпускаемых вторым рядом сопел, направлены в одну и ту же область эластомерного материала, подлежащего измельчению;

верхние и нижние струи измельчения ориентированы в разные положения обработки, т.е. линия удара струй жидкости, выпускаемых первым рядом сопел, и линия удара струй жидкости, выпускаемых вторым рядом сопел, направлены в области подлежащего измельчению эластомерного материала, которые отличаются друг от друга.

Конфигурация, в которой первый ряд сопел 60a и второй ряд сопел 60b ориентированы в одну и ту же область шины 58, подлежащей измельчению, проиллюстрирована на фиг. 10A. Направление верхних и нижних струй жидкости, выпускаемых первым рядом сопел и вторым рядом сопел в одну и ту же область, подлежащую измельчению, кажется очевидным решением для концентрирования мощности измельчения струй жидкости. В случае, если верхние и нижние измельчающие головки перемещаются согласованно, за счет направления верхних и нижних струй жидкости в одну и ту же линию обработки, действия струй суммируются, в результате чего теоретически обеспечивается более интенсивный эффект измельчения. На практике, однако, эффект измельчения не удваивается по раскрытым ниже причинам.

Векторы силы струй измельчения, ориентированных в одну и ту же область заготовки, показаны на фиг. 10B.

Как показано на фиг. 10A,  $L_v$  обозначает вертикальное расстояние между центральной точкой оси вибрации первого ряда сопел 60a и второго ряда сопел 60b, а  $L_h$  обозначает горизонтальное расстояние между средней линией, соединяющей оси, и точкой удара струй измельчения. На основе компоновки, показанной на фиг. 10A, можно получить соотношения соответствующих векторов силы  $F_f$  и  $F_a$  верхних и нижних струй измельчения (как показано на фиг. 10B).

Способом, проиллюстрированным на фиг. 10B, векторы силы могут быть разложены на составляющую  $F_m$ , перпендикулярную случайной касательной, и на составляющую  $F_p$ , параллельную ей. Поскольку в рассматриваемом варианте осуществления настоящего изобретения верхние и нижние векторы силы имеют одинаковую величину и являются аксиально симметричными, составляющие  $F_{fp}$  и  $F_{ap}$ , параллельные случайной касательной, уравниваются друг друга, как показано на фиг. 10B. Эффективная работа по измельчению осуществляется только с помощью составляющих  $F_{fm}$  и  $F_{am}$ , перпендикулярных случайной касательной, причем указанные составляющие обязательно должны быть меньше величины исходного вектора. Соответственно, величина вектора силы, эффективная для операции измельчения, меньше суммы скалярных величин верхних и нижних векторов.

Расстояния  $L_v$  и  $L_h$  определяются конструктивными аспектами, причем они примерно равны, но в зависимости от эффективного расстояния измельчения сопел, фактически используемых для измельчения, их соотношение может отличаться в небольшой степени. Ввиду тригонометрических соотношений, заданных указанной компоновкой, это значит, что, несмотря на увеличенную вдвое интенсивность струи измельчения, обеспечивается сила измельчения, лишь в 1,7-1,8 раз превышающая исходную силу.

Однако практический опыт показывает, что интенсивность эффекта измельчения даже меньше ожидаемого значения, вычисленного на основе величины силы измельчения. Одна из причин этого не зависит от компоновки: эффективное среднее значение пульсирующего давления измельчения (пульсация вызвана характером функционирования применяемых насосов высокого давления) примерно на 8-10% ниже максимального значения давления. Это явление дополнительно снижает эффект измельчения.

Однако наиболее мощное обратное действие, ухудшающее эффективность измельчения, заключается в раскрытых выше вязкоупругих свойствах эластомерных материалов, т.е. в повышении твердости, которое может произойти в первой фазе способа согласно настоящему изобретению. На основе практического опыта можно установить, что, несмотря на увеличенное вдвое потребление энергии, обусловленное "двухрядной" конфигурацией измельчения, в которой оба ряда сопел имеют одну и ту же точку удара, эффективность операции измельчения примерно на 25-30% выше, чем во время измельчения с однорядной конфигурацией, в частности, во время первой фазы, обеспечивающей дробление поверхности эластомерного материала. Это вызвано, главным образом, усиленным эффектом отверждения двух струй жидкости, действующих одновременно на эластомерный материал.

В ходе испытаний было обнаружено, что эффективность измельчения значительно повышается в случае, если верхние и нижние струи измельчения не ориентированы в одну и ту же точку удара. Таким образом, верхние и нижние струи измельчения ударяют о резиновый материал в разные временные моменты, в результате чего переходный эффект отверждения, обеспечиваемый воздействием струй жидкости, не удваивается.

Возможное решение для обеспечения желаемого эффекта измельчения, т.е. для предотвращения повышения вдвое эффекта отверждения, состоит в размещении верхних и нижних измельчающих головок со сдвигом на половину расстояния между соплами, так чтобы разница между горизонтальными положениями струй измельчения равнялась половине расстояния между соплами. Другими словами, каждое

сопло первого ряда сопел должно быть расположено точно в середине между двумя соплами во втором ряду, причем сопла расположены вдоль двух параллельных линий. В рассматриваемом варианте осуществления настоящего изобретения первый и второй ряды сопел расположены параллельно друг другу со сдвигом на половину расстояния между соплами.

Согласно еще одному предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения верхняя и нижняя измельчающие головки, т.е. первый и второй ряды сопел вибрируют с применением фазового сдвига. Этот фазовый сдвиг вибраций теоретически равняется половине расстояния между соплами, в результате чего, например, в случае если вибрация измельчающей головки обеспечивается вращающимся приводом, требуются нижняя и верхняя приводные фазы, имеющие смещение между фазами в  $90^\circ$ . Таким образом, в одном из вариантов осуществления настоящего изобретения первый и второй ряды сопел вибрируют с фазовым сдвигом в  $90^\circ$  относительно друг друга. Однако также возможны другие предпочтительные значения фазового сдвига между струями измельчения.

Возможен также вариант осуществления настоящего изобретения, в котором линия удара струй жидкости первого ряда сопел и линия удара струй жидкости второго ряда сопел направлены в разные области эластомерного материала, при этом первый ряд сопел и второй ряд сопел расположены параллельно друг другу, со сдвигом на половину расстояния между соплами, или первый ряд сопел и второй ряд сопел вибрируют с фазовым сдвигом в  $90^\circ$  относительно друг друга.

В случае если первый ряд сопел и второй ряд сопел не направлены в одну и ту же область эластомерного материала, то эти меры являются целесообразными, например, если струи жидкости, выпускаемые первым и вторым рядами сопел, ударяются об эластомерный материал в расположенных рядом областях. В этом случае эффект отверждения может быть снижен за счет применения указанных выше мер.

В другой возможной конфигурации верхние и нижние струи измельчения направлены в разные положения обработки (первый ряд сопел и второй ряд сопел ориентированы в области эластомерного материала, которые отличаются друг от друга), как показано на фиг. 11. По сравнению с конфигурацией, в которой струи ориентированы в одну точку, нижние углы наклона измельчающих головок обеспечивают большую составляющую измельчения в направлении удара, т.е. в этой конфигурации касательные составляющие вектора струи измельчения уменьшены. Наиболее предпочтительным направлением является направление, перпендикулярное касательной в точке удара (также показано на чертеже), когда вектор измельчения не имеет касательную составляющую.

В ходе проектирования управляющих средств, применяемых в способе и устройстве согласно настоящему изобретению, помимо общих требований к управляющей системе, во внимание также были приняты следующие специальные требования.

Важное требование к процессу измельчения с использованием струи жидкости под высоким давлением, применяемому для удаления частиц материала малого размера управляемым образом, заключается в том, что струя жидкости должна перемещаться с постоянной скоростью вдоль заготовки для того, чтобы струя жидкости проникала в эластомерный материал только в ограниченной степени (а не проникала сквозь него), обеспечивая, тем самым, отрыв только мелкогабаритных частей с поверхности. Как показывает практический опыт, для обеспечения достаточно равномерного распределения частиц по размерам необходимо отрегулировать несколько технологических параметров, предпочтительно независимо друг от друга. Один из основных недостатков измельчающих технологий, использующих вращающиеся измельчающие головки вместо линейно расположенных измельчающих головок, обеспечивающих вибрацию струй жидкости, как раскрыто выше, состоит в том, что для вращения измельчающей головки с достаточно высокой скоростью требуется заданное и относительно высокое значение давления, что накладывает ограничения на другие технологические параметры. Дополнительный недостаток процесса измельчения с вращающейся головкой состоит в усиленном эффекте отверждения вязкоупругого резинового материала, возникающего в результате увеличенного давления измельчения, что вызывает высокие потери энергии.

Технологии измельчения, предусматривающие использование линейно расположенных и предпочтительно вибрирующих измельчающих головок, также применяемых в предлагаемом устройстве, имеют значительное преимущество, состоящее в возможности управления параметрами измельчения, такими как скорость прямой подачи заготовки, движение струи измельчения и давление измельчения, полностью независимо друг от друга.

К прерываниям прямого управления, обеспечиваемым путем управления предлагаемым устройством, относятся изменения частоты вибрации струи измельчения и изменения скорости прямой подачи заготовки (т.е. в рассматриваемом случае изменения угловой скорости шин, подлежащих измельчению). Давлением измельчения можно управлять путем выбора значений соплового отверстия раскрытым выше образом.

Увеличение частоты вибрации, как правило, сдвигает размер частиц в направлении меньших размеров гранулированных частиц, и, соответственно, применение более высоких диапазонов частот является наиболее предпочтительным. Практический верхний предел определяется конструкцией и качеством материала механических компонентов. Аспекты, раскрытые выше в отношении настоящего изобретения, можно свести к требованию, которое заключается в том, что для надлежащей установки параметров

движения необходимо контролировать параметры, относящиеся к фазе "дробления", "продуктивной" фазе и фазе "очистки" процесса измельчения.

С учетом указанных выше соображений способ управления должен соответствовать различным кинетическим требованиям различных фаз процесса измельчения. Для этого во время эксплуатации способ управления должен, главным образом, обеспечить регулирование скорости прямой подачи до различных значений, соответствующих различным фазам измельчения, одновременно сохраняя заданное давление струи измельчения и частоту вибрации. Выше были раскрыты значения скорости прямой подачи, соответствующие каждой фазе процесса измельчения.

В ходе процесса измельчения частицы материала непрерывно удаляются с эластомерного материала, в результате чего обработанная поверхность все дальше удаляется от оптимальной рабочей точки сопел измельчения. Как следует из практического опыта, это может оказаться нецелесообразным даже в случае различия лишь в несколько миллиметров, в результате чего, особенно если измельчается более толстый резиновый слой, без регулирования расстояния сопел между последовательными фазами эффективности измельчения снижается. Предпочтительно это можно компенсировать за счет сохранения расстояния по меньшей мере между одним соплом и рабочей поверхностью в диапазоне допустимых значений, например, за счет продвижения опорной стойки вала установки шин с задействованием двигателя, причем им можно управлять совместно с другими параметрами движения.

Предлагаемые в настоящем изобретении способ и устройство могут быть применены для измельчения эластомерных материалов, в частности для измельчения поверхности протектора эластомерных материалов, имеющих форму тел вращения (например, шин), более экономичным образом и с повышением эффективности использования энергии. Устройство является более эффективным за счет того, что в нем одновременно может быть установлено множество (предпочтительно четыре) шин, а также за счет раскрытых выше признаков, предусмотренных для повышения экономии устройства.

Разумеется, что настоящее изобретение не ограничивается предпочтительными вариантами, подробно раскрытыми выше, при этом возможны различные варианты, модификации и усовершенствования, подпадающие под объем защиты, заданный формулой изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения измельченного эластомера, включающий в себя шаги, на которых направляют струю жидкости по меньшей мере из одного сопла (38) на эластомерный материал, перемещаемый, по меньшей мере частично, в поперечном направлении относительно направления выхода указанного по меньшей мере одного сопла (38), причем струя жидкости, направленная на эластомерный материал, имеет давление, составляющее 650-1350 бар, отличающийся тем, что эластомерный материал перемещают относительно указанного по меньшей мере одного сопла (38) так, что в первой фазе, обеспечивающей дробление поверхности эластомерного материала, эластомерный материал имеет первую скорость прямой подачи от 10 до 20 мм/с в точке удара струи жидкости в направлении, перпендикулярном направлению выхода, а во второй фазе после дробления поверхности эластомерный материал имеет вторую скорость прямой подачи, уменьшенную на 35-65% по сравнению с первой скоростью прямой подачи.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что по меньшей мере одно сопло (38) имеет диаметр отверстия в диапазоне от 0,4 до 0,6 мм.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что задают номограмму "давление - объемный расход" для типа сопла указанного по меньшей мере одного сопла (38) и с помощью данной номограммы определяют для заданного объемного расхода давление струи жидкости из диапазона 650-1350 бар в зависимости от диаметра отверстия по меньшей мере одного сопла (38).

4. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что задают номограмму "давление - объемный расход" для типа сопла указанного по меньшей мере одного сопла (38) и с помощью данной номограммы определяют для заданного давления струи жидкости, выбранного из диапазона 650-1350 бар, объемный расход струи жидкости в зависимости от диаметра отверстия по меньшей мере одного сопла (38).

5. Способ по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что первая скорость прямой подачи находится в диапазоне 12,5-17,5 мм/с, предпочтительно в диапазоне 14,2-15,8 мм/с.

6. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что вторая скорость прямой подачи находится в диапазоне 6,5-8,5 мм/с, предпочтительно в диапазоне 7,1-7,9 мм/с.

7. Способ по любому из пп.1-6, отличающийся тем, что к эластомерному материалу направляют струю жидкости, имеющую давление от 850 до 1150 бар.

8. Способ по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что применяют ряд сопел (60a, 60b), содержащих линейно расположенные сопла (38).

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что применяют двойные ряды сопел, содержащие первый ряд сопел (60a) и второй ряд сопел (60b), расположенные параллельно друг другу.

10. Способ по п.9, отличающийся тем, что в ходе выполнения способа линию удара струй жидкости, выпускаемых первым рядом сопел (60a), и линию удара струй жидкости, выпускаемых вторым рядом сопел (60b), направляют в одну и ту же область эластомерного материала.

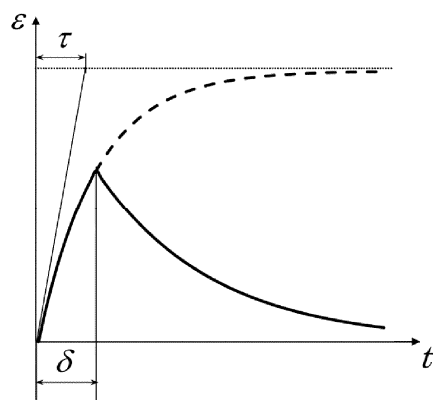


11. Способ по п.9, отличающийся тем, что в ходе реализации способа линию удара струй жидкости, выпускаемых первым рядом сопел, и линию удара струй жидкости, выпускаемых вторым рядом сопел, направляют в области эластомерного материала, которые отличаются друг от друга.

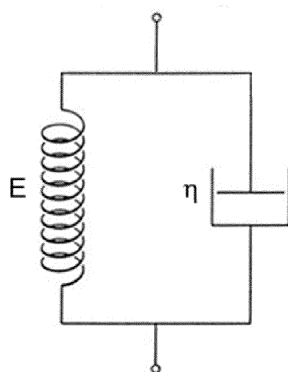
12. Способ по п.10 или 11, отличающийся тем, что первый ряд сопел и второй ряд сопел, параллельные друг другу, размещают со сдвигом на половину расстояния между соплами.

13. Способ по п.10 или 11, отличающийся тем, что обеспечивают вибрацию первого ряда сопел и второго ряда сопел с фазовым сдвигом в  $90^\circ$  относительно друг друга.

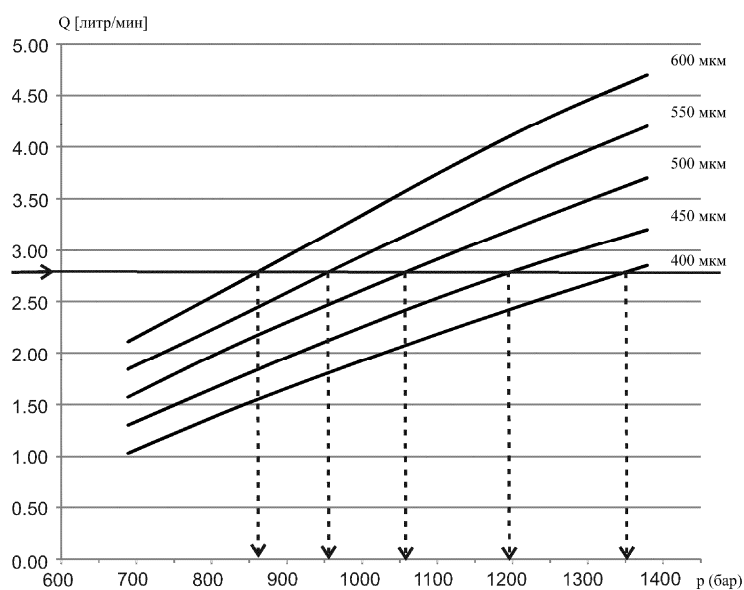
14. Способ по любому из пп.1-13, отличающийся тем, что, после второй фазы, в третьей фазе, обеспечивающей измельчение остаточного материала, скорость прямой подачи выбирают из того же самого диапазона, что и первую скорость прямой подачи.



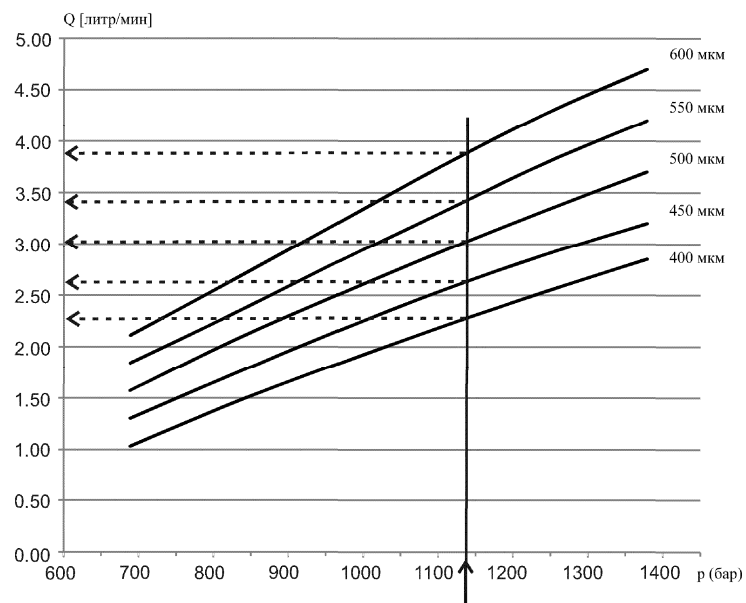
Фиг. 1



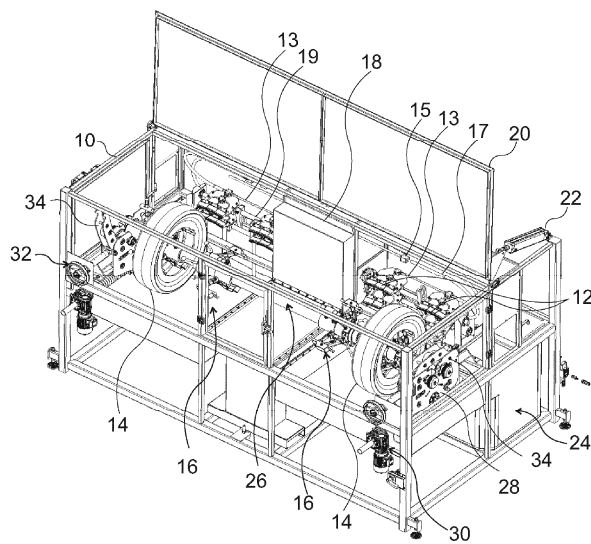
Фиг. 2



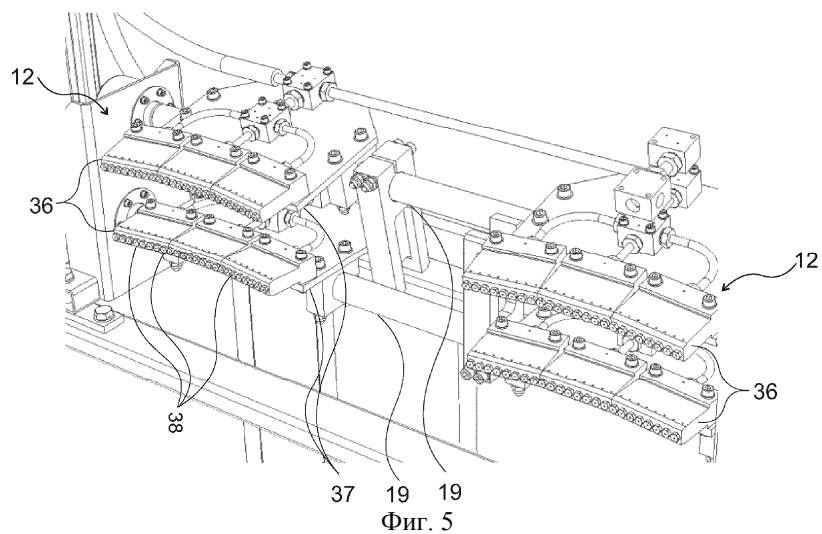
Фиг. 3А



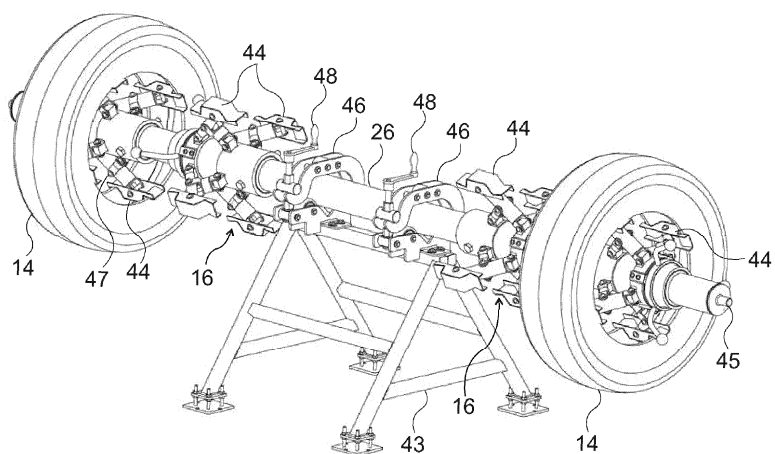
Фиг. 3В



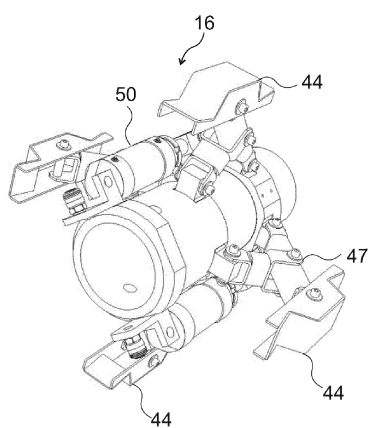
Фиг. 4



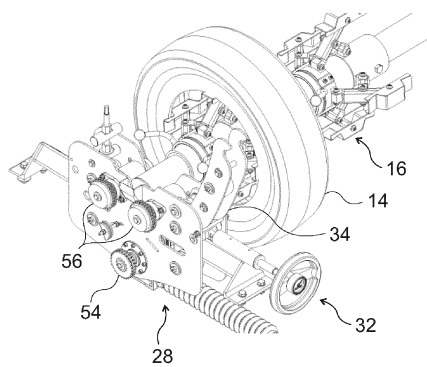
Фиг. 5



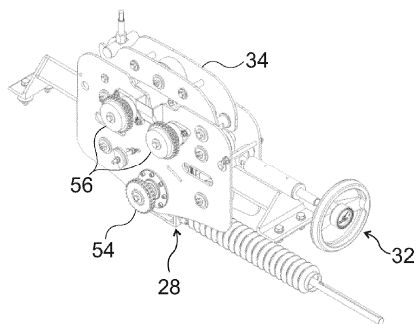
Фиг. 6



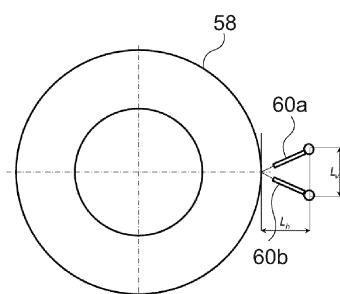
Фиг. 7



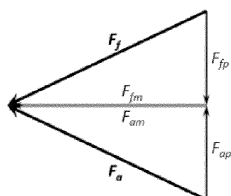
Фиг. 8



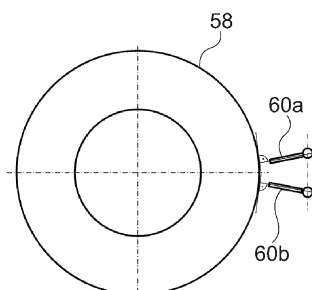
Фиг. 9



Фиг. 10А



Фиг. 10В



Фиг. 11

