

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(12) **СКОРРЕКТИРОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Примечание: библиография отражает состояние при переиздании

(21)(22) Заявка: 2012130171/05, 13.12.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.12.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
18.12.2009 DE 102009059072.2

(43) Дата публикации заявки: 27.01.2014 Бюл. № 3

(45) Опубликовано: 10.05.2015

(15) Информация о коррекции:
Версия коррекции №1 (W1 C2)(48) Коррекция опубликована:
20.01.2016 Бюл. № 02(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: WO 0209919 A2, 07.02.2002. WO
02076707 A1, 03.10.2002. WO 02070231 A1,
12.09.2002. EP 1013402 A2, 28.06.2000. SU
1190979 A3, 07.11.1985. SU 1279522 A3,
23.12.1986(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 18.07.2012(86) Заявка РСТ:
EP 2010/069470 (13.12.2010)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2011/073121 (23.06.2011)Адрес для переписки:
105064, Москва, а/я 88, "Патентные поверенные
Квашнин, Сапельников и партнеры"

(72) Автор(ы):

**КИРХХОФФ Йорг (DE),
КЕНИГ Томас (DE),
БИРДЕЛЬ Михаэль (DE),
ЛИЗЕНФЕЛЬДЕР Ульрих (DE)**

(73) Патентообладатель(и):

Байер Интеллектуэль Проперти ГмбХ (DE)(54) **ШНЕКОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ ЭКСТРУЗИИ ВИСКОЭЛАСТИЧНЫХ МАСС, ПРИМЕНЕНИЕ
И СПОСОБ**

(57) Реферат:

Изобретение касается шнековых элементов для многовальных шнековых машин с попарно вращающимися в одном направлении профилями шнеков, применения шнековых элементов в многовальных шнековых машинах, а также способа экструзии вискоэластичных масс.

Техническим результатом заявленного изобретения является улучшение втягивания вискоэластичных масс в экструдер, исключение крупных частиц в экструдированном материале, уменьшение передачи энергии материалу. Технический результат достигается шнековыми

элементами для многовальных шнековых машин с попарно вращающимися в одном направлении шнековыми валами. При этом профили соседних шнековых элементов не одинаковы и несимметричны. В каждом случае у шнековых элементов имеется по одному единственному участку гребня. Сумма SKW всех углов гребня пары соседних шнековых элементов больше 0 и

меньше $2\pi - 4 \cdot \arccos\left(\frac{A}{DE}\right)$. Свободные

площади поперечного сечения F_1^{fci} и F_2^{fci} профилей соседних шнековых элементов отличаются друг от друга по величине. 5 н. и 9 з.п. ф-лы, 3 ил.

R U 2 5 5 0 1 7 5 C 9

R U 2 5 5 0 1 7 5 C 9



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 550 175** (13) **C9**

(51) Int. Cl.
B29C 47/40 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

Note: Bibliography reflects the latest situation

(21)(22) Application: **2012130171/05, 13.12.2010**

(24) Effective date for property rights:
13.12.2010

Priority:

(30) Convention priority:
18.12.2009 DE 102009059072.2

(43) Application published: **27.01.2014** Bull. № 3

(45) Date of publication: **10.05.2015**

(15) Correction information:
Corrected version no1 (W1 C2)

(48) Corrigendum issued on:
20.01.2016 Bull. № 02

(85) Commencement of national phase: **18.07.2012**

(86) PCT application:
EP 2010/069470 (13.12.2010)

(87) PCT publication:
WO 2011/073121 (23.06.2011)

Mail address:

**105064, Moskva, a/ja 88, "Patentnye poverennye
Kvashnin, Sapel'nikov i partnery"**

(72) Inventor(s):

**KIRKhKhOFF Jorg (DE),
KENIG Tomas (DE),
BIRDEL' Mikhaehl' (DE),
LIZENFEL'DER Ul'rikh (DE)**

(73) Proprietor(s):

Bajer Intellektuehl' Properti GmbKh (DE)

(54) **AUGER ELEMENTS FOR EXTRUSION OF VISCOELASTIC COMPOUNDS, APPLICATION AND PROCESS**

(57) Abstract:

FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention relates to auger elements for multishaft auger machines with paired augers running in one direction, their application and extrusion of viscoelastic compounds. Profiles of adjacent auger elements are different and asymmetric. In every case, each auger element has sole section of ledge. SKW sum of all angles of the ledge of adjacent auger element pair

is larger than, 0 smaller than

$2\pi - 4 \cdot \arccos\left(\frac{A}{DE}\right)$. Free areas of cross-

sections F_1^{frei} and F_2^{frei} of adjacent auger elements differ in magnitude.

EFFECT: efficient extrusion, fine extrudate, lower power transfer to extruded material.

14 cl, 3 dwg

Изобретение касается новых шнековых элементов для многовальных шнековых машин с попарно вращающимися в одном направлении и попарно точно очищающими друг друга скоблением шнековыми профилями, применения шнековых элементов в многовальных шнековых машинах, а также способа экструзии вискоэластичных масс.

5 Двухвальные или при необходимости многовальные машины с однонаправленным вращением, роторы которых взаимно очищают друг друга точным скоблением, известны уже давно. Подробный обзор таких шнековых экструдеров приведен в следующей публикации [1] - Kohlgrüber: Der gleichläufige Doppelschneckenextruder. Hanser Verlag, München, 2007.

10 В публикации [1] подробно изложены, в частности, строение, функция и способ работы двухвальных и многовальных экструдеров. Отдельная глава (стр.227-248) посвящена шнековым элементам и способам их работы. В ней подробно описаны строение и функция транспортировочных, месильных и смесительных элементов.

Современные шнековые экструдеры построены по модульному принципу, при 15 котором на основной вал можно насадить различные шнековые элементы. Благодаря этому специалист может настроить шнековый экструдер на конкретный процесс с конкретными задачами.

При описании шнековых элементов обычно рассматривают профиль поперечного сечения перпендикулярно оси вращения, ниже кратко называемый профилем. Пара 20 шнековых элементов состоит из шнекового элемента с создающим профилем шнека и шнекового элемента с создаваемым профилем шнека.

Участки профиля шнека, идентичные наружному радиусу шнека, называют участками гребня. Угол [образуемый прямой] между начальной и конечной точкой области гребня относительно центра вращения шнекового профиля, называют углом гребня. Область 25 гребня, касающаяся наружного радиуса шнека только в одной точке, характеризуется углом гребня 0 - начальная и конечная точки совпадают. Участки профиля шнека, идентичные внутреннему радиусу шнека, называют участками паза. Угол [образуемый прямой] между начальной и конечной точкой области паза относительно центра вращения шнекового профиля, называют углом паза. Область паза, касающаяся 30 наружного радиуса шнека только в одной точке, характеризуется углом паза 0 - начальная и конечная точки совпадают. Участки профиля шнека, имеющие радиус меньше, чем наружный радиус шнека и больше, чем внутренний радиус, называются боковыми участками. Соответственно, угол [образуемый прямой] между начальной и конечной точкой боковой области относительно центра вращения шнекового профиля 35 называют боковым углом. Область многовального экструдера, в которой два отверстия в корпусе взаимно проникают друг в друга, называют областью промежутка (пазуха). Две точки пересечения сверленных отверстий в корпусе называют промежутком корпуса [1].

В производстве и обработке полимеров шнековые машины, работа которых основана 40 на принципе профилей с точной очисткой скоблением, нашли разнообразное применение. Это в первую очередь обусловлено тем фактом, что расплавы полимеров прилипают к поверхностям, а при обычных температурах переработки они со временем разлагаются, чему препятствует самоочистка шнеков скоблением. Правила создания шнековых профилей с точной очисткой скоблением приведены, например, в публикации 45 [1] на стр.96-109. В этой публикации также изложено, что заданный профиль шнека на первом валу двухшнекового экструдера определяет профиль шнека на втором валу двухшнекового экструдера. Поэтому профиль шнека на первом валу двухшнекового экструдера называют создающим профилем шнека. Профиль шнека на втором валу

двухшнекового экструдера определяется профилем шнека на первом валу двухшнекового экструдера, и поэтому его называют создаваемым профилем шнека. В многовальном экструдере формирующий профиль шнека и формируемый профиль шнека всегда применяют на соседних валах попеременно.

5 Двухвальные или многовальные машины с однонаправленным вращением используют прежде всего для экструзии пластических масс. Под пластической массой (пластмассой) подразумевают деформируемую массу. Примеры пластических масс - это расплавы полимеров, прежде всего термопластов и эластомеров, смеси расплавов полимеров или дисперсий расплавов полимеров с твердыми веществами, жидкостями
10 и/или газами.

Под экструзией подразумевают обработку вещества или смеси веществ в двухшнековом или многовальном экструдере с вращением в одном направлении, который подробно описан в [1]. Действия с веществами во время экструзии включают в себя одну или несколько из следующих операций: перемещение (транспортировка),
15 расплавление, диспергирование, смешение, дегазация и повышение давления.

Значительную роль экструзия играет, в частности, при изготовлении, подготовке и обработке полимеров.

При изготовлении полимеров экструзию проводят, например, для дегазации полимеров (см., например, [1] стр.191-212).

20 При подготовке полимеров экструзию проводят, например, для подмешивания добавок или для смешивания различных полимеров, которые отличаются друг от друга, например, по химическому составу, молекулярной массе или структуре молекул (см., например, [1] стр. 59 - 93). Этот способ, называемый также компаундированием, служит для подготовки к изготовлению готовой пластмассовой формовочной массы
25 (компаунда) с применением пластмассового сырья, которое обычно расплавляют и добавляют и подмешивают наполнители и/или армирующие вещества, размягчители, усилители сцепления, средства, облегчающие скольжения, стабилизаторы, красители и т.д. Подготовка часто включает в себя также и удаление летучих компонентов, как, например, воздуха и воды. Удаление летучих компонентов в этом случае осуществляют
30 через отверстия корпусов шнеков, в остальных случаях закрытые - так называемые дегазационные отверстия. Такие дегазационные отверстия могут высвобождать один или оба шнековых вала. Поскольку перемещение в экструдерах, как известно, обеспечивается трением, в случае дегазационного отверстия производительность экструдера по показателю перемещения уменьшается, и в этом месте возрастает степень
35 заполнения. Подготовка может также включать в себя химическую реакцию, как, например, прививку, модификацию функциональных групп или модификацию молекулярной массы посредством целенаправленного ее увеличения или уменьшения.

При обработке полимеров последние обычно переводят в форму полуфабриката, готового к применению продукта или детали. Обработку можно осуществлять,
40 например, методами литья под давлением, экструзии, выдувания пленки, вытягивания пленки или формования волокна. При обработке возможны также смешивание полимеров с наполнителями и добавками и присадками, а также химическая модификация, как, например, вулканизация.

В публикации [1], начиная со страницы 73, описано перемещение расплава и
45 повышение давления. Зоны транспортировки расплава в шнеках экструдеров предназначены для того, чтобы переместить продукт из одной рабочей зоны в другую, а также ввести в него наполнители. Зоны транспортировки расплава заполнены, как правило, частично, как, например, при транспортировке продукта из одной рабочей

зоны в другую, при дегазации, а также в зонах выдержки. Энергия, необходимая для перемещения, подвергается диссипации и отрицательным образом проявляется в повышении температуры полимерного расплава. Поэтому в зоне транспортировки следует применять шнековые элементы, рассеивающие как можно меньше энергии.

5 Для целей исключительно перемещения расплава обычно применяют винтовые элементы с шагом резьбы, примерно равным внутреннему диаметру экструдера.

Особо значительная способность к перемещению требуется в шнеках экструдеров в тех местах, где сбоку пристроена вторая машина, через которую подают часть потока массы, подлежащей экструзии. Машина, в идеальном случае, настроенная на требования 10 в этом месте, должна отличаться повышенной в сравнении со вторым валом способностью к перемещению на валу, который должен принимать на себя подаваемый частичный поток. В случае шнековых профилей нынешнего уровня техники это, однако, не так.

Известно ([1], стр.106), что способность двухшнекового экструдера к перемещению 15 примерно пропорциональна площади свободного поперечного сечения. На нынешнем уровне техники, однако, эта площадь поперечного свободного сечения для каждого отдельного элемента жестко задана.

Перед элементами, "потребляющими" давление внутри экструдера, как, например, перед элементами обратной транспортировки, смесительными элементами, месильными 20 элементами с обратным перемещением или нейтральными в отношении перемещения, а также перед потребителями давления вне экструдера, как, например, пластинами с дюзами, экструзионными инструментами и фильтрами для расплава в экструдере образуется зона затора, перемещение в которой осуществляется при полном заполнении, и в которой необходимо повышение давления в целях преодоления "потребителя" 25 давления. Зону повышения давления экструдера, в которой создают давление, необходимое для выноса расплава, называют зоной выноса. Энергия, поданная в расплав полимера, разделяется на полезную мощность для повышения давления и для транспортировки расплава и на рассеиваемую мощность, которая отрицательным образом проявляется в повышении температуры расплава. В зоне повышения давления 30 наблюдается сильное обратное течение расплава через гребни шнека и, следовательно, повышенная энергоподача [1]. Поэтому в зоне повышения давления следует применять шнековые элементы, рассеивающие как можно меньше энергии.

На нынешнем уровне техники (см., например, [1], стр.101) геометрические характеристики шнековых элементов с точной очисткой скоблением задают, указывая 35 следующие независимые величины: число витков Z, расстояние между осями A и наружный радиус RA. Угол гребня (наклон винтовой линии), в области которого все точки профиля очищают корпус, на нынешнем уровне техники не является величиной, регулируемой в зависимости от поставленной задачи, но определяется для элементов с областью гребня как

$$40 \quad KW0 = \frac{\pi}{Z} - 2 \arccos\left(\frac{A}{2 \cdot RA}\right)$$

где KW0 - это угол гребня профиля с точной очисткой скоблением в дуговой мере, а π - число пи ($\pi \approx 3,14159$).

45 Сумма углов гребня пары элементов с плотным зацеплением SKW0 нынешнего уровня техники принудительно составляет [1]:

$$SKW0 = 2\pi - 4Z \arccos\left(\frac{A}{2 \cdot RA}\right)$$

Профили шнеков можно выполнять одноходовыми (одновитковыми) или многоходовыми (многовитковыми). Известные профили шнеков ровно с одним ходом характеризуются хорошей транспортировочной способностью и жесткостью при повышении давления. Также у них очень широкий гребень шнека, который очищает корпус шнека при наличии узкого зазора. Специалисту известно, что в области гребней шнека ввиду узости щели подвергается диссипации в расплаве особенно большое количество энергии, что ведет к сильному местному перегреву продукта. Это представлено, например, в [1], начиная со стр.160, для двухходового транспортировочного элемента с известным шнековым профилем по Эрдменгеру. Этот локальный перегрев может повредить продукту, например, изменить его запах, цвет, химический состав или молекулярную массу, либо же вызвать нарушение гомогенности, например, гелеобразных включений или крапин. Особо вреден при этом большой наклон винтовой линии. Кроме того, высокое энергопоступление во многих процессах ограничивает также возможную производительность двухшнекового экструдера и, следовательно, экономичность.

В равнонаправленных двухшнековых экструдерах нынешнего уровня техники применяют, поэтому, преимущественно двухходовые профили шнека, имеющие узкий гребень. В них, однако, повышение давления значительно менее эффективно, чем у одноходовых профилей шнеков.

Специалисту известно ([1], стр.129-146), что при повышении давления в двухходовых транспортировочных элементах с известным профилем шнека по Эрдменгеру коэффициент полезного действия составляет порядка 10%. При указанном коэффициенте полезного действия в 10% повышение давления на 50 бар при плотности расплава в 1000 кг/м³ и теплоемкости расплава в 2000 Дж/кг/К означает повышение температуры на 25 К ([1], стр.120). Этот нагрев может повредить продукту, например, изменить его запах, цвет, химический состав или молекулярную массу, либо же вызвать нарушение гомогенности, например, путем формирования гелеобразных включений или крапин.

Двухвальные экструдеры с вращением в одном направлении прочно утвердились на нынешнем уровне техники в переработке термопластических полимеров. В обработке полимеров с сильно выраженными вискоэластичными свойствами, например каучуков, эти машины, напротив, не столь широко распространены.

Вискоэластичное поведение вызывает особые явления и формирует особые проблемы:

Из-за эластических свойств продукты демонстрируют поведение, сходное с твердым веществом. Вместо гомогенного расплава в частично заполненных зонах шнека находятся мягкие эластичные частицы.

Насыпная плотность этих частиц или «крошек» низка, из-за чего в открытых зонах шнеков часто не хватает объема ходов шнека, и продукт закупоривает отверстия (например, отверстия для дегазации).

Эластичные свойства вызывают обратную деформацию, например, после прохождения через щель между шнеком и корпусом либо же в области пазух (аналогично картине так называемого Барус-эффекта (Die Swell) у сопла). Из-за этого в частично заполненных зонах шнека отчасти находятся крупные частицы. Крупные частицы неудобны для диффузионных процессов, например, удаления летучих компонентов дегазацией.

Крупные частицы, проходящие обратную деформацию, склонны к тому, чтобы в открытых зонах шнека (например, зонах дегазации) выбиваться наружу из шнекового хода и вызывать таким образом закупорку.

Эластичные свойства осложняют втягивание частиц в шнековый ход или в прорезь:

частицы имеют тенденцию к уклонению. Это снижает транспортные возможности шнека.

Кроме того, затрудненное втягивание частиц ухудшает эффективность смешивания и обновление поверхности в частично заполненных зонах шнека, из-за чего, например, ухудшается эффективность дегазации в экструдере.

У многих обычных каучуков с вискоэластичными свойствами связана высокая вязкость, которая может привести к высокой диссипации энергии и, следовательно, к перегреву и деградации материала.

При экструзии диеновых каучуков, как, например, полибутадиена (BR), натурального каучука (NR) и синтетического полиизопрена (IR), бутилового каучука (IIR), хлорбутилового каучука (CIIR), бромбутилового каучука (BIIR), стирол-бутадиенового каучука (SBR), полихлоропрена (CR), бутадиен-акрилонитрилового каучука (NBR), частично гидрированного бутадиен-акрилонитрилового каучука (HNBR), а также сополимеров этилена, пропилена и диенов (EPDM) в случае слишком высокой температуры из-за поперечной сшивки формируется гель, что приводит к ухудшению механических свойств изготовленных из него деталей. В хлорбутиловом и бромбутиловом каучуках при повышенной температуре возможно отщепление вызывающих коррозию газов хлороводорода или бромоводорода, соответственно, которые, в свою очередь, опять же катализируют дальнейшее разложение полимера.

При экструзии смесей каучуков, содержащих вулканизаторы, как, например, серу или пероксиды, из-за слишком высокой температуры подвергаются преждевременной вулканизации. Из-за этого из этих смесей каучуков уже нельзя ничего изготовить.

Соответственно, вискоэластичные массы предъявляют к экструдеру особые требования.

Современные двухшнековые экструдеры построены по модульному принципу, при котором на основной вал можно насадить различные известные шнековые элементы. Благодаря этому специалист может настроить двухшнековый экструдер на конкретный процесс с конкретными задачами. Шнековые элементы, известные на нынешнем уровне техники, большей частью, однако, не приспособлены к выполнению конкретной задачи оптимальным образом. Напротив, изготовители поставляют шнековые элементы (транспортировочные, месильные и смесительные элементы) из фиксированного набора, независимо от конкретной задачи.

Чтобы иметь возможность лучше обрабатывать вискоэластичные продукты, необходимы изменения в насадках шнека. Со стандартными шнековыми элементами, имеющимися на рынке, нельзя удовлетворительно решить все задачи способа.

Поэтому, исходя из известного уровня техники, ставится задача предоставить шнековые элементы для двухвальных или многовальных машин с однонаправленным вращением, дающие возможность эффективной и продуктивной экструзии вискоэластичных масс. Искомые шнековые элементы должны демонстрировать улучшенное втягивание вискоэластичных масс в экструдер. Искомые шнековые элементы должны позволить исключить крупные частицы в экструдированном материале. Искомые шнековые элементы должны передавать экструдированному материалу по возможности малое количество энергии, чтобы избежать повреждений продукта. Уменьшенное введение энергии, однако, не должно происходить за счет меньшего повышения давления.

Согласно изобретению эту задачу решают посредством шнековых элементов согласно независимым пунктам формулы изобретения. Предпочтительные формы исполнения находятся в зависимых пунктах формулы изобретения.

Под профилем шнекового элемента подразумевают профиль поперечного сечения в плоскости, перпендикулярной оси вращения.

Участки профиля шнека, идентичные наружному радиусу шнека R_A , называют участками гребня.

5 Угол [образуемый прямой] между начальной и конечной точкой области гребня относительно центра вращения шнекового профиля, называют углом гребня.

Профиль шнековых элементов согласно изобретению можно однозначно описать расположением дуг окружности.

10 Профили шнековых элементов согласно изобретению в поперечном сечении предпочтительно состоят из n дуг окружностей, причем n - это целое число большее 4.

Положение каждой отдельной дуги окружности j (j = от 1 до n) можно однозначно зафиксировать, задав две различные точки. При этом целесообразно определять (фиксировать) положение дуги окружности, задавая центр и начальную или конечную точку. Размер одной отдельной дуги окружности j задан радиусом R_j и углом α_j ,

15 описываемым при движении радиуса вокруг центра от начальной к конечной точке, причем радиус R_j больше 0 и меньше, чем межосевое расстояние A между валами или равен ему, а угол α_j в радианах больше или равен 0 и меньше или равен 2π , причем π - число $gb(\pi \approx 3,14159)$.

20 В профилях шнековых элементов согласно изобретению возможны также один или несколько "перегибов". Целесообразно рассматривать перегиб как дугу окружности с радиусом $R=0$. "Величина перегиба" задана угловым размером соответствующей дуги окружности с радиусом $R=0$, т.е. в случае перегиба происходит переход первой дуги окружности посредством поворота на угол второй дуги окружности $R=0$ в третью дугу окружности. Иными словами, касательная к первой дуге окружности в центре второй дуги окружности с радиусом $R=0$ пересекается с касательной к третьей дуге окружности также в центре второй дуги окружности под углом, соответствующим углу второй дуги окружности. Если учесть вторую дугу окружности, то все соседствующие дуги окружности (первая→вторая→третья) переходят друг в друга по касательной.

25 Целесообразно рассматривать дугу окружности с радиусом $R=0$ как дугу, радиус которой равен ϵ_{ps} , причем ϵ_{ps} - это очень малое положительное действительное число, стремящееся к 0 ($\epsilon_{ps} \ll 1$, $\epsilon_{ps} \rightarrow 0$).

В профиле согласно изобретению дуги окружности в начальных и конечных точках всегда переходят друг в друга по касательной (тангенциально).

35 В двухвальном экструдере сверленные отверстия в сечении перекрываются в так называемой области пазухи. Свободная площадь в сечении сверленного отверстия двухвального экструдера в форме восьмерки составляет, как известно:

$$F_{acht} = r^2 \cdot (2\pi - gw + \sin(gw))$$

При этом r - это радиус, π - число пи, а gw угол корпуса $gw = 2 \cdot \arccos(A/DE)$.

40 Площадь сечения F_{halb} , которая в принципе имеется в распоряжении элемента, равна половине всей площади

$$F_{halb} = F_{acht} / 2$$

Если площадь сечения создающего профиля шнека приобретает значение F_1 , то

45 остается свободная площадь сечения F_1^{fei} , равная

$$F_1^{fei} = F_{halb} - F_1$$

Для свободной площади сечения F_2^{fei} соседнего создаваемого профиля шнека,

соответственно, справедливо: $F_2^{\text{frei}} = F_{\text{halb}} - F_2$

Чем больше свободная площадь сечения, тем больше свободный объем, доступный экструдированному материалу, и тем больше способность экструдера к транспортировке (перемещающая способность).

Предметом настоящего изобретения являются шнековые элементы, которые отличаются следующей комбинацией признаков:

- Свободный объем в ходе (витке) шнека увеличен по сравнению с нынешним уровнем техники, что при открытом корпусе благоприятно влияет на характеристики дегазации. Равным же образом в случае асимметричных профилей шнеков согласно изобретению на одном валу можно использовать повышенную способность к перемещению там, где присоединяются боковые экструдеры.

- Сумма углов гребня пары элементов меньше, чем у шнековых элементов, известных на нынешнем техническом уровне. Поэтому у шнековых элементов согласно изобретению участок, на котором все точки профиля очищают корпус, меньше, чем на нынешнем уровне техники. Поскольку на этом участке в экструдированный материал поступает особенно много энергии, шнековые элементы согласно изобретению позволяют снизить механическую и термическую нагрузку на экструдированный материал, что влияет как на качество продукции, так и на экономичность способа, поскольку благодаря меньшей нагрузке можно повысить производительность (см., например, [1] стр.60). Кроме того, потери при повышении давления невелики в сравнении с уменьшением термической нагрузки (благодаря уменьшению угла гребня), так что удастся добиться более высокой продуктивности при повышении давления.

- Предпочтительно, чтобы за участком гребня одного или обоих профилей пары элементов следовал так называемый участок сужения, обеспечивающий длинную по сравнению с нынешним уровнем техники, сужающуюся щель гребня. Участок сужения характеризуется сравнительно малым свободным объемом. Этот участок сужения обеспечивает уменьшение количества больших частиц при обработке вязкоэластичных материалов или вообще позволяет избежать их (уменьшение Барус-эффекта, «Die Swell»).

Указанные признаки в случае шнековых элементов согласно изобретению можно реализовать различным образом. Так, можно обеспечить большой свободный объем в открытом ходе шнека на одном валу, в то время как на соседнем валу создают участок сужения. Такие шнековые элементы образуют первый предмет настоящего изобретения. Подобные шнековые элементы ниже называются различными по профилю шнековыми элементами.

Кроме того, большой свободный объем в открытом ходе шнека и участок сужения можно реализовать на одном единственном валу. Такие шнековые элементы образуют второй предмет настоящего изобретения. Подобные шнековые элементы ниже называются идентичными по профилю шнековыми элементами.

Из различных по профилю шнековых элементов согласно изобретению можно создать третий тип шнековых элементов, который также представляет собой предмет настоящего изобретения. Шнековые элементы этого типа называют здесь также открытыми шнековыми элементами.

В дальнейшем изложении A - это расстояние между осями двух шнековых элементов, DE - наружный диаметр шнековых элементов, RA - наружный радиус шнековых элементов, RI - внутренний радиус шнековых элементов, а π - это отношение длины окружности к ее диаметру.

Шнековые элементы различного профиля

Первый предмет настоящего изобретения - это шнековые элементы для многовальных

шнековых машин с попарно вращающимися в одном направлении шнековыми валами, отличающиеся тем, что

- профили соседних шнековых элементов неодинаковы и несимметричны,
- в каждом случае у шнековых элементов имеется по одному единственному участку

5 гребня,

- сумма SKW всех углов гребня пары соседних шнековых элементов больше 0 и

меньше $2\pi - 4 \cdot \arccos\left(\frac{A}{DE}\right)$,

- 10 - свободные площади поперечного сечения F_1^{fei} и F_2^{fei} соседних шнековых элементов отличаются друг от друга по величине.

Шнековые элементы различного профиля согласно изобретению, применяемые на соседних валах, имеют различный профиль, т.е. создающий и создаваемый профиль шнека не идентичны.

- 15 Кроме того, профили шнековых элементов различного профиля асимметричны, т.е. они не обладают ни зеркальной, ни точечной (центральной) симметрией.

Сумма углов всех углов гребня создающего и создаваемого шнековых профилей шнековых элементов с различными профилями больше 0 и меньше чем

- 20 $2\pi - 4 \cdot \arccos\left(\frac{A}{DE}\right)$, предпочтительно - меньше чем $0,8 \cdot (2\pi - 4 \cdot \arccos\left(\frac{A}{DE}\right))$,

особо предпочтительно - меньше чем $0,6 \cdot (2\pi - 4 \cdot \arccos\left(\frac{A}{DE}\right))$, а крайне

- 25 предпочтительно - меньше чем $0,4 \cdot (2\pi - 4 \cdot \arccos\left(\frac{A}{DE}\right))$.

Таким образом, у различных по профилю шнековых элементов согласно изобретению участок, на котором все точки профиля очищают корпус, меньше, чем у шнековых элементов, в каждом случае имеющих область гребня согласно нынешнему уровню
30 техники. Поскольку на этом участке в экструдированный материал поступает особенно много энергии, шнековые элементы согласно изобретению позволяют снизить механическую и термическую нагрузку на экструдированный материал, что влияет как на качество продукции, так и на экономичность способа, поскольку благодаря меньшей
35 нагрузке можно повысить производительность (см., например, [1] стр.60). Кроме того, потери при повышении давления невелики в сравнении с уменьшением термической нагрузки (благодаря уменьшению угла гребня), так что удастся добиться более высокой продуктивности при повышении давления.

Отношение наружного радиуса RA шнековых элементов с различными профилями к межосевому расстоянию A предпочтительно находится в пределах от 0,51 до 0,7,
40 особо предпочтительно - в пределах от 0,52 до 0,66, а крайне предпочтительно - в пределах от 0,57 до 0,63.

Свободные площади поперечного сечения F_1^{fei} и F_2^{fei} соседних профилей у шнековых элементов с различными профилями согласно изобретению отличаются друг от друга
45 по величине. Предпочтительно, чтобы отношение большей площади к меньшей площади составляло по меньшей мере 1,2, особо предпочтительно по меньшей мере 1,5, а крайне предпочтительно по меньшей мере 2.

Шнековые элементы согласно изобретению также отличаются тем, что за участком

гребня либо создающего, либо создаваемого профиля шнека с одной стороны следует участок, который называют «участком сужения».

Участок сужения включает в себя одну или несколько дуг окружности, причем все точки, лежащие на дугах окружности участка сужения, находятся от центра вращения на расстоянии, лежащем между $(RA+RI)/2$ и RA . Участок сужения простирается на угол (относительно центра вращения) профиля, который больше 90° . Предпочтительно, чтобы участок сужения простирался на угол больше 120° , особо предпочтительно - больше 180° .

Благодаря участку сужения, примыкающему к участку гребня, образуется длинная сужающаяся щель гребня, которая обеспечивает уменьшение количества больших частиц при обработке вязкоэластичных материалов или вообще позволяет избежать их (уменьшение Барус-эффекта, «Die Swell»).

Благодаря большому по сравнению с нынешним уровнем техники участку сужения в профиле соседнего шнекового элемента получается больший, чем на нынешнем уровне техники, свободный объем в открытом ходе шнека, что благоприятно влияет на характеристики дегазации.

Шнековые элементы идентичного профиля

Второй предмет настоящего изобретения - это шнековые элементы для многовальных шнековых машин с попарно вращающимися в одном направлении шнековыми валами, отличающиеся тем, что

- профили соседних шнековых элементов идентичны и несимметричны,
- профиль включает в себя один единственный участок гребня с углом гребня меньше

чем $\pi - 2 \arccos\left(\frac{A}{2 \cdot RA}\right)$, и

- с одной стороны к участку гребня примыкает участок, который называют участком сужения.

Участок сужения включает в себя одну или несколько дуг окружности, причем все точки, лежащие на дугах окружности, располагаются от центра вращения на расстоянии, лежащем между $(RA+RI)/2$ и RA . Поскольку создающий и создаваемый шнековые профили идентичны, участки сужения имеются у обоих соседних шнековых элементов. Участок сужения простирается на угол (относительно центра вращения) профиля, который больше 30° , предпочтительно больше 45° , а особо предпочтительно - больше 90° .

Благодаря участку сужения, примыкающему к участку гребня, образуется длинная сужающаяся щель гребня, которая обеспечивает уменьшение количества больших частиц при обработке вязкоэластичных материалов или вообще позволяет избежать их (уменьшение Барус-эффекта, «Die Swell»).

Шнековые элементы идентичного профиля согласно изобретению, применяемые на соседних валах, имеют идентичный профиль, т.е. создающий и создаваемый профиль шнека одинаковы.

Благодаря идентичности создающего и создаваемого профиля шнека в сочетании с большим по сравнению с нынешним уровнем техники участком сужения, с противоположной участку сужения стороны шнековых элементов получается больший, чем на нынешнем уровне техники, свободный объем в открытом ходе шнека, что благоприятно влияет на характеристики перемещения и дегазации.

Кроме того, профили шнековых элементов идентичного профиля асимметричны, т.е. они не обладают ни осевой, ни точечной (центральной) симметрией.

У шнековых элементов идентичного профиля согласно изобретению имеется один единственный участок гребня.

У шнековых элементов идентичного профиля согласно изобретению угол гребня

5 меньше $\pi - 2 \arccos\left(\frac{A}{2 \cdot RA}\right)$, предпочтительно меньше $0,8 \cdot (\pi - 2 \arccos\left(\frac{A}{2 \cdot RA}\right))$,
 , особо предпочтительно меньше $0,6 \cdot (\pi - 2 \arccos\left(\frac{A}{2 \cdot RA}\right))$, крайне предпочтительно
 10 - меньше $0,5 \cdot (\pi - 2 \arccos\left(\frac{A}{2 \cdot RA}\right))$.

Угол гребня $KW0 = \pi - 2 \arccos\left(\frac{A}{2 \cdot RA}\right)$ - соответствует углу гребня одноходового

15 шнекового элемента по Эрдменгеру. Поэтому у шнековых элементов согласно изобретению участок, на котором все точки профиля очищают корпус, меньше, чем на нынешнем уровне техники. Поскольку на этом участке в экструдированный материал поступает особенно много энергии, шнековые элементы согласно изобретению позволяют снизить механическую и термическую нагрузку на экструдированный материал,
 20 что влияет как на качество продукции, так и на экономичность способа, поскольку благодаря меньшей нагрузке можно повысить производительность (см., например, [1] стр.60). Кроме того, потери при повышении давления невелики в сравнении с уменьшением термической нагрузки (благодаря уменьшению угла гребня), так что удается добиться более высокой продуктивности при повышении давления.

25 Отношение наружного радиуса RA шнековых элементов с идентичными профилями к межосевому расстоянию A предпочтительно находится в пределах от 0,51 до 0,7, особо предпочтительно - в пределах от 0,52 до 0,66, а крайне предпочтительно - в пределах от 0,57 до 0,63.

Открытые шнековые элементы

30 Третий предмет настоящего изобретения - это шнековые элементы для многовальных шнековых машин с попарно вращающимися в одном направлении шнековыми валами, отличающиеся тем, что

- профили соседних шнековых элементов неодинаковы,
- у одного профиля имеется ровно один участок гребня, а у соседнего профиля -

35 ровно два участка гребня,

- свободные площади поперечного сечения F_1^{fei} и F_2^{fei} соседних профилей отличаются друг от друга по величине.

Открытые шнековые элементы согласно изобретению, применяемые на соседних валах, неизбежно имеют различный профиль, т.е. создающий и создаваемый профиль
 40 шнека не идентичны.

Профили открытых шнековых элементов в каждом случае могут быть симметричны или асимметричны. Предпочтительно, чтобы профили создающих и создаваемых шнековых элементов были зеркально-симметричны; предпочтительно, чтобы у них в
 45 каждом случае была одна плоскость симметрии, в которой располагается соответствующая ось вращения.

Свободные площади поперечного сечения F_1^{fei} и F_2^{fei} соседних шнековых элементов в случае открытых шнековых элементов согласно изобретению отличаются друг от

друга по величине. Предпочтительно, чтобы отношение большей площади к меньшей площади составляло по меньшей мере 1,2, особо предпочтительно по меньшей мере 1,4, а крайне предпочтительно по меньшей мере 1,6.

У одного из профилей элемента открытой пары шнековых элементов согласно изобретению имеется строго один участок гребня, а у другого профиля - строго два участка гребня.

У открытых шнековых элементов согласно изобретению участок, на котором все точки профиля очищают корпус, меньше, чем на нынешнем уровне техники. Поскольку на этом участке в экструдруемый материал поступает особенно много энергии, шнековые элементы согласно изобретению позволяют снизить механическую и термическую нагрузку на экструдруемый материал, что влияет как на качество продукции, так и на экономичность способа, поскольку благодаря меньшей нагрузке можно повысить производительность (см., например, [1] стр.60). Кроме того, потери при повышении давления невелики в сравнении с уменьшением термической нагрузки (благодаря уменьшению угла гребня), так что удастся добиться более высокой продуктивности при повышении давления.

Профиль пары элементов согласно изобретению, имеющий строго один участок гребня, отличается большим в сравнении с нынешним уровнем техники свободным объемом, что благоприятно сказывается на характеристиках дегазации и транспортировки.

Отношение наружного радиуса R_A шнековых элементов с идентичными профилями к межосевому расстоянию A предпочтительно находится в пределах от 0,51 до 0,7, особо предпочтительно - в пределах от 0,52 до 0,66, а крайне предпочтительно - в пределах от 0,57 до 0,63.

Шнековые элементы с различными профилями, с идентичными профилями и открытые шнековые элементы

Все шнековые элементы согласно изобретению можно выполнять как транспортировочные элементы, или как месильные элементы, или как смешивающие элементы.

Транспортировочный элемент, как известно, отличается тем (см., например, [1], стр.227-248), что профиль шнека непрерывно поворачивается в осевом направлении и продолжается подобно винту. В зависимости от направления вращения валов транспортировочный элемент выполняют правоходным или левоходным. В каждом случае посредством противоположно направленного вращения получают элементы обратной подачи. Шаг транспортировочного элемента предпочтительно находится в пределах от 0,1 до 10 величин межосевого расстояния, причем под шагом подразумевают длину по оси, необходимую на полный оборот профиля шнека, а длина по оси транспортировочного элемента предпочтительно находится в пределах от 0,1 до 10 величин диаметра шнека.

Месильный элемент, как известно, отличается тем (см., например, [1], стр.227-248), что профиль шнека ступенчато продолжается в осевом направлении в форме месильных дисков. Расположение месильных дисков может быть правоходным, левоходным или же нейтральным. Длина месильных дисков по оси предпочтительно находится в пределах от 0,05 до 10 значений межосевого расстояния. Расстояние между двумя месильными дисками по оси предпочтительно находится в пределах от 0,002 до 0,1 значений диаметра шнека.

Смесительные элементы, как известно (см., например, [1], стр.227-248), формируют путем изготовления транспортировочных элементов с проемами в гребнях шнеков.

Смесительные элементы могут быть правоходными или левоходными. Шаг их предпочтительно находится в пределах от 0,1 до 10 величин межосевого расстояния, а длина элементов по оси предпочтительно находится в пределах от 0,1 до 10 величин межосевого расстояния. Проемы предпочтительно имеют форму u-образного или v-образного паза, которые предпочтительно располагают в направлении, противоположном таковому подачи, или же параллельно оси.

В основе профилей шнековых элементов согласно изобретению лежат профили с точной очисткой скоблением. Специалисту известно, что профили шнеков с точной очисткой скоблением нельзя непосредственно применять в шнековом экструдере. Более того, между шнеками необходимы зазоры (люфт). В книге [1], начиная с стр.28, описаны возможные стратегии осуществления этого. В шнековых профилях шнековых элементов согласно изобретению возможны зазоры, составляющие величину в пределах от 0,001 до 0,1 относительно диаметра профиля шнека, предпочтительно от 0,002 до 0,05, а особо предпочтительно - от 0,004 до 0,02. Как известно специалисту, зазоры между шнеком и корпусом могут отличаться от зазоров между шнеками либо же быть одинаковы. Зазоры также могут быть постоянны или варьировать в заданных пределах. Также возможно сдвигать профиль шнека в пределах зазоров. Возможные методики, предназначенные для этих целей, - это, например, описанная в [1], начиная со стр.28, возможность увеличения межосевого расстояния, эквидистанты продольного сечения или пространственной эквидистанты, причем все они известны специалисту. При увеличении межосевого расстояния конструируют профиль шнека меньшего диаметра и раздвигают на величину зазора между шнеками. При использовании метода эквидистанты продольного сечения кривую профиля в продольном сечении (параллельно оси) сдвигают внутрь на половину зазора между двумя шнеками. В методе с использованием пространственной эквидистанты, исходя из пространственной кривой, по которой истираются шнековые элементы, шнековый элемент уменьшают на половину величины зазора между двумя шнеками в направлении, перпендикулярном плоскостям профилей с точной очисткой скоблением. Предпочтительно применять эквидистанту продольного сечения и пространственную эквидистанту, особо предпочтительно - пространственную эквидистанту.

Профиль шнековых элементов согласно изобретению можно сконструировать одним из способов, описанных в международной заявке РСТ/EP2009/003549.

Как описано выше, профиль шнековых элементов согласно изобретению можно описать через дуги круга. Соответственно, для создания шнековых элементов согласно изобретению дуги окружности собирают так, чтобы из них получался выпуклый профиль, и чтобы в каждом случае они в своих начальных и конечных точках переходили друг в друга по касательной.

При этом у профиля может быть один или несколько «перегибов». На перегибе соседние дуги окружности переходят друг в друга по касательной, если перегиб рассматривать как дугу окружности с радиусом, равным 0 (см. выше).

Кроме того, необходимо предусмотреть, чтобы в каждом случае дуга создающего профиля шнека «соответствовала» дуге окружности создаваемого профиля шнека, причем под «соответствием» подразумевают, что:

- углы соответствующих дуг имеют равную величину,
- сумма радиусов соответствующих дуг равна расстоянию между осями А,
- в каждом случае одна из линий, соединяющих центр дуги окружности создающего профиля шнека с ее конечными точками, проходит параллельно одной из линий, соединяющих центр соответствующей дуги окружности создаваемого профиля шнека

с ее конечными точками,

- направления на конечные точки дуги окружности создающего профиля шнека от центра дуги окружности в каждом случае противоположны направлениям на конечные точки соответствующей дуги окружности создаваемого профиля шнека от центра дуги

5 окружности,

- центр дуги окружности создающего профиля шнека находится от центра соответствующей дуги окружности создаваемого профиля шнека на таком расстоянии, которое соответствует расстоянию между осями,

10 - линия, соединяющая центр дуги окружности создающего профиля шнека с центром соответствующей дуги окружности создаваемого профиля шнека, параллельна линии, соединяющей центр вращения создающего профиля шнека с центром вращения создаваемого профиля шнека,

15 - направление, в котором надо сдвинуть центр дуги окружности создающего профиля шнека, чтобы перекрыть центр соответствующей дуги создаваемого профиля шнека, идентично тому, в котором необходимо сдвинуть центр вращения создающего профиля шнека, чтобы перекрыть центр вращения создаваемого профиля шнека.

Для профилей шнековых элементов согласно изобретению характерно, что их можно сконструировать только с помощью циркуля и угольника. Так, переход по касательной от j -й к $(j+1)$ -й дуге окружности создающего профиля шнека конструируют, описывая

20 вокруг конечной точки j -й дуги окружности окружность радиусом R_{j+1} , а ближняя к центру вращения создающего профиля шнека точка пересечения этой окружности с прямой, задаваемой центром и конечной точкой j -й дуги окружности, становится центром $(j+1)$ -й дуги окружности.

25 Целесообразно реализовывать способ создания шнековых профилей согласно изобретению на компьютере. В этом случае размеры шнековых элементов представлены в виде, в котором их можно подать на станок с ЧПУ (CNC - Computerized Numerical Control) для создания шнековых элементов.

После конструирования шнековых элементов согласно изобретению на компьютере с учетом вышеуказанных конструктивных признаков, элементы можно изготовить,

30 например, с помощью фрезеровочного станка. Предпочтительные материалы для изготовления шнековых элементов - это различные сорта стали, в особенности азотированные стали, хромистые, инструментальные и нержавеющей стали, а также металлические композиты, изготовленные методом порошковой металлургии на основе железа, никеля или кобальта.

35 Также предметом настоящего изобретения является применение шнековых элементов согласно изобретению в многовальных шнековых машинах. Предпочтительно применять шнековые элементы согласно изобретению в двухвальных шнековых машинах.

Шнековые элементы можно применять в многовальных шнековых машинах в виде месильных, смесительных или транспортировочных элементов. Также можно сочетать

40 друг с другом месильные, транспортировочные и смесительные элементы в одной шнековой машине. Шнековые элементы согласно изобретению можно также комбинировать с другими шнековыми элементами, например с известными на нынешнем уровне техники.

Шнековые элементы согласно изобретению пригодны для экструзии пластических и

45 и вязкоэластичных масс: это, например, суспензии, пасты, стекло, керамические массы, металлы в форме расплава, пластмассы, расплавы пластмасс, растворы полимеров, эластомерные и каучуковые массы.

Под пластической массой (пластмассой) подразумевают деформируемую массу.

Примеры пластических масс - это расплавы полимеров, прежде всего термопластов, а также эластомеры, смеси расплавов полимеров или дисперсий расплавов полимеров с твердыми веществами, жидкостями или газами.

Предпочтительно применять термопластические полимеры или смеси полимеров из следующей группы: поликарбонат, полиамид, сложный полиэфир, в особенности полибутилентерефталат и полиэтилентерефталат, а также простой полиэфир, термопластический полиуретан, полиацеталь, фторополимер, в особенности поливинилиденфторид, а также полиэфирсульфоны, полиолефин, в частности полиэтилен и полипропилен, а также полиимид, полиакрилат, в частности поли(метил)метакрилат, а также полифениленоксид, полифениленсульфид, полиэфиркетон, полиарилэфиркетон, полимеризаты стирола, в частности полистирол и сополимеры стирола, в частности сополимер стирола и акрилонитрила, блок-сополимеры акрилонитрила, бутадиена и стирола, а также поливинилхлорид. Равным же образом предпочтительно применяют так называемые "бленды" (смеси) приведенных пластмасс, под этим термином специалист 15 подразумевает сочетание двух или более пластмасс.

Под вискоэластичными материалами подразумевают такие материалы и смеси, которые обладают эластичностью, зависимой от времени, температуры и частоты.

Вискоэластичность характеризуется частично эластичным, частично вязким поведением. Релаксация материала после устранения внешней силы неполная, остаточная 20 энергия уходит в форме процессов текучести (ползучести).

Примеры вискоэластичных материалов - это стирол-бутадиеновый каучук, натуральный каучук, бутадиеновый каучук, изопреновый каучук, этилен-пропилен-диеновый каучук, этилен-пропиленовый каучук, бутадиен-акрилонитриловый каучук, гидрированный нитриловый каучук, бутиловый каучук, галобутиловый каучук, 25 хлоропреновый каучук, этилен-винилацетатный каучук, полиуретановый каучук, термопластический полиуретан, гуттаперча, арилатный каучук, фторный каучук, силиконовый каучук, сульфидный каучук, хлорсульфонил-полиэтиленовый каучук. Разумеется, возможно также сочетание двух или более из приведенных каучуков или сочетание одного или более каучука с одной или несколькими пластмассами.

Подлежащие экструзии пластичные или вискоэластичные полимеры можно применять 30 в чистом виде или в виде смесей с наполнителями и армирующими веществами, в частности, стекловолокном, в виде смесей друг с другом или с другими полимерами или в виде смесей с обычными добавками к полимерам.

Добавки (присадки) можно вводить вместе с полимером в экструдер в виде твердых 35 веществ, жидкостей или растворов, либо же по меньшей мере часть добавок или все добавки вводят в экструдер через боковой поток.

Добавки могут придавать полимеру разнообразные свойства. Это могут быть, например, красители, пигменты, средства, способствующие обработке, наполнители, антиоксиданты, армирующие вещества, поглотители УФ-излучения и 40 светостабилизаторы, деактиваторы металлов, уловители пероксидов, основные стабилизаторы, затравки, бензофураны и индолиноны, действующие в качестве стабилизаторов и антиоксидантов, средства, способствующие отделению от формы, добавки, препятствующие горению, антистатические средства, средства окрашивания и стабилизаторы расплавов. Примеры наполнителей и армирующих веществ - это сажа, 45 стекловолокно, глина, слюда, графитные волокна, диоксид титана, углеродные волокна, углеродные нанотрубочки, ионные жидкости и натуральные волокна.

Как изложено выше, шнековые элементы согласно изобретению особо пригодны для экструзии вискоэластичных масс. Поэтому предметом настоящего изобретения

также является способ экструзии вязкоэластичных масс в двухшнековом или многовальном экструдере с применением шнековых элементов согласно изобретению.

Далее следует пояснение изобретения на основании примеров и фигур, однако, оно не ограничивается таковыми. Все фигуры созданы с помощью компьютерной программы.

Имеет смысл работать с безразмерными величинами, чтобы упростить применение в экструдерах различных размеров. В качестве базового размера для геометрических величин, как то: длин и радиусов, имеет смысл использовать межосевое расстояние A , поскольку изменить эту величину у экструдера невозможно.

На фигурах применяют следующую номенклатуру:

- Все величины нормированы на межосевое расстояние A . Нормированные величины обозначают прописными буквами.

- Величины углов приведены в радианах.

- Профили создающего и создаваемого шнекового элемента описывают посредством дуг окружности. В каждом случае дуги окружности пронумерованы: дуги окружности создающего профиля имеют номера 1, 2, 3 и т.д., дуги окружности создаваемого профиля имеют номера 1', 2', 3' и т.д.

- M_x и M_y - это абсцисса и ордината центра создающей профиль дуги окружности в декартовой системе координат, начало которой находится в центре вращения данного конкретного профиля шнека.

- R - это радиус, нормированный на межосевое расстояние A , а α - угол дуги окружности.

- RA - это наружный радиус шнековых элементов, нормированный на межосевое расстояние A .

Все фигуры имеют одну и ту же структуру, которая описана ниже. Создающий профиль шнека представлен левым профилем шнека. Создаваемый профиль шнека представлен правым профилем шнека. Дуги окружностей создающего и создаваемого профиля шнека обозначены толстыми сплошными линиями, пронумерованными надлежащим образом. Из-за большого количества дуг окружности и ввиду изготовления фигур с помощью компьютерной программы может случиться, что номера отдельных дуг окружности накладываются друг на друга и поэтому плохо читаются. Несмотря на то, что отдельные номера отчасти плохо видны, конструкция профилей все же ясна в контексте настоящего описания.

Центры дуг окружности изображены маленькими кружками. Центры дуг окружностей соединены тонкими сплошными линиями как с начальной, так и с конечной точкой соответствующей дуги окружности. Наружный радиус шнека одинаков или примерно одинаков для создающего и создаваемого профиля шнека. В области корпуса шнека наружный радиус шнека представлен тонкой штриховой линией, а в области промежутка - тонкой пунктирной линией.

На фиг.1 показаны профили поперечного сечения пары шнековых элементов различного профиля согласно изобретению. В каждом случае создающий и создаваемый профиль состоят из 9 дуг окружности. Под фигурой 1 приведены координаты центров конкретных дуг окружности, их радиусы и углы конкретных дуг окружностей. В каждом случае дуги окружностей 1 и 1' 2 и 2', 3 и 3' и т.д. соответствуют друг другу.

Профили соседствующих элементов различны. Профили несимметричны. На левой стороне имеется большая свободная площадь сечения, на правой стороне - простирающийся по дугам окружности 5', 4' и 3' участок сужения.

Свободные площади поперечного сечения соседствующих элементов различны. В

настоящем примере справедливо следующее:

$$F_{\text{halb}} = F_{\text{acht}} / 2 = 2531,5$$

$$F_1 = 1482,5$$

$$F_2 = 2010,5$$

$$F_1^{\text{frei}} = 1048,7$$

$$F_2^{\text{frei}} = 521,0$$

$$\frac{F_1^{\text{frei}}}{E_2^{\text{frei}}} = 2,01$$

На фиг.2 показаны профили поперечного сечения пары шнековых элементов идентичного профиля согласно изобретению. В каждом случае создающий и создаваемый профиль состоят из 14 дуг окружности. Под фигурой 2 приведены координаты центров конкретных дуг окружности, их радиусы и углы конкретных дуг окружностей. В каждом случае дуги окружностей 1 и 1', 2 и 2', 3 и 3' и т.д. соответствуют друг другу.

Профили соседствующих элементов идентичны. Профили несимметричны. У каждого профиля имеется большой участок сужения (дуги окружности 12, 11 и 10 либо же. 5', 4' и 3'), а на противоположной стороне профиля - большая свободная площадь поперечного сечения.

На фиг.3 показаны профили поперечного сечения пары открытых шнековых элементов согласно изобретению. В каждом случае создающий и создаваемый профиль состоят из 10 дуг окружности. Под фигурой 3 приведены координаты центров конкретных дуг окружности, их радиусы и углы конкретных дуг окружностей. В каждом случае дуги окружностей 1 и 1', 2 и 2', 3 и 3' и т.д. соответствуют друг другу. Профили соседствующих элементов различны. В каждом случае профили симметричны, у них имеется плоскость симметрии. У создающего левого профиля имеется ровно два участка гребня (дуги окружности 3, 4 и 5; дуги окружности 7, 8 и 9); у создаваемого правого профиля имеется ровно один участок гребня (дуги окружности 2', 1' и 10').

Свободные площади сечения соседствующих элементов различны. В настоящем примере справедливо следующее:

$$F_{\text{halb}} = F_{\text{acht}} / 2 = 2531,5$$

$$F_1 = 1887,1$$

$$F_2 = 1481,1$$

$$F_1^{\text{frei}} = 644,4$$

$$F_2^{\text{frei}} = 1050,4$$

$$\frac{F_1^{\text{frei}}}{E_2^{\text{frei}}} = 1,63$$

Формула изобретения

1. Шнековые элементы для многовальных шнековых машин с попарно вращающимися в одном направлении шнековыми валами, отличающиеся тем, что

- профили соседних шнековых элементов неодинаковы и несимметричны,
- в каждом случае у шнековых элементов имеется по одному единственному участку гребня,

- сумма SKW всех углов гребня пары соседних шнековых элементов больше 0 и

меньше $2\pi - 4 \cdot \arccos\left(\frac{A}{DE}\right)$,

- свободные площади поперечного сечения F_1^{frei} и F_2^{frei} профилей соседних шнековых элементов отличаются друг от друга по величине.

2. Шнековые элементы по п. 1, отличающиеся тем, что сумма SKW углов гребня создаваемого и создающего профиля шнека меньше $0,8 \cdot (2\pi - 4 \cdot \arccos\left(\frac{A}{DE}\right))$,

предпочтительно меньше $0,6 \cdot (2\pi - 4 \cdot \arccos\left(\frac{A}{DE}\right))$, особо предпочтительно меньше

$0,4 \cdot (2\pi - 4 \cdot \arccos\left(\frac{A}{DE}\right))$.

3. Шнековые элементы по п. 1, отличающиеся тем, что отношение большей свободной площади поперечного сечения к меньшей свободной площади поперечного сечения соседних профилей составляет по меньшей мере 1,2, особо предпочтительно по меньшей мере 1,5, а крайне предпочтительно по меньшей мере 2.

4. Шнековые элементы по п. 1, отличающиеся тем, что профиль одного элемента пары элементов имеет участок сужения, который простирается на угол относительно центра вращения профиля, превышающий 90° , предпочтительно превышающий 120° , особо предпочтительно превышающий 180° , причем участок сужения включает в себя одну или несколько дуг окружности, и все точки, лежащие на дугах окружности участка сужения, находятся от центра вращения профиля на расстоянии, лежащем между $(RA+RI)/2$ и RA , причем RA - это наружный радиус шнека, а RI - внутренний радиус шнека.

5. Шнековые элементы для многовальных шнековых машин с попарно вращающимися в одном направлении шнековыми валами, отличающиеся тем,
- что профили соседних шнековых элементов идентичны и несимметричны,
- профиль включает в себя один единственный участок гребня с углом гребня меньше

чем $\pi - 2\arccos\left(\frac{A}{2 \cdot RA}\right)$, и

- у профиля за участком гребня с одной стороны следует участок сужения, который включает в себя одну или несколько дуг окружности, причем все точки, лежащие на дугах окружности участка сужения, находятся от центра вращения профиля на расстоянии, лежащем между $(RA+RI)/2$ и RA , причем A - это межосевое расстояние, RA - наружный радиус шнека, RI - внутренний радиус шнека, а π - число пи.

6. Шнековые элементы по п. 5, отличающиеся тем, что угол гребня меньше

$0,8 \cdot (\pi - 2\arccos\left(\frac{A}{2 \cdot RA}\right))$, предпочтительно меньше $0,6 \cdot (\pi - 2\arccos\left(\frac{A}{2 \cdot RA}\right))$,

особо предпочтительно меньше $0,5 \cdot (\pi - 2\arccos\left(\frac{A}{2 \cdot RA}\right))$.

7. Шнековые элементы по п. 5, отличающиеся тем, что участок сужения простирается на угол, относительно центра вращения профиля, который больше 30° , предпочтительно больше 45° , а особо предпочтительно - больше 90° .

8. Шнековые элементы для многовальных шнековых машин с попарно вращающимися в одном направлении шнековыми валами, отличающиеся тем, что

- профили соседних шнековых элементов неодинаковы,
- в паре соседствующих элементов у одного профиля имеется ровно один участок гребня, а у соседнего профиля - ровно два участка гребня,
- свободные площади поперечного сечения F_1^{fci} и F_2^{fci} соседних профилей отличаются друг от друга по величине.

9. Шнековые элементы по п. 8, отличающиеся тем, что отношение большей свободной площади поперечного сечения к меньшей свободной площади поперечного сечения соседствующих профилей составляет по меньшей мере 1,2, особо предпочтительно по меньшей мере 1,4, а крайне предпочтительно по меньшей мере 1,6.

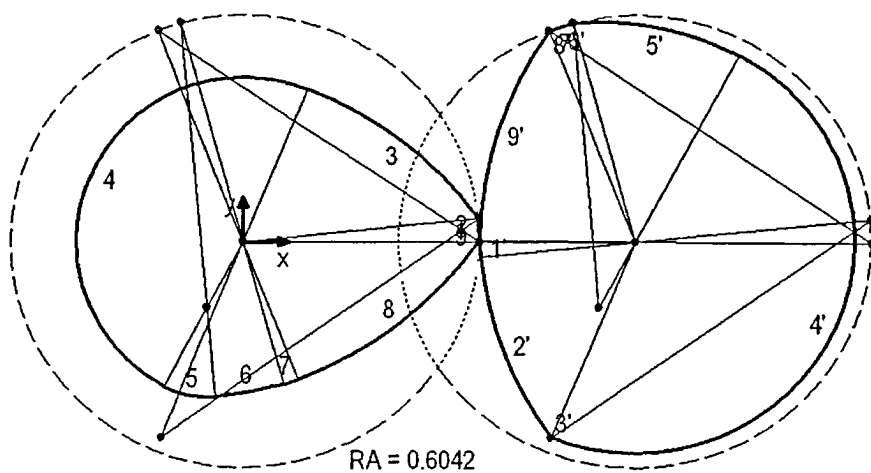
10. Шнековые элементы по п. 8, отличающиеся тем, что профили в каждом случае обладают зеркальной симметрией.

11. Шнековые элементы по одному из пп. 1-10, отличающиеся тем, что отношение наружного радиуса шнека R_A к межосевому расстоянию A предпочтительно находится в пределах от 0,51 до 0,7, особо предпочтительно - в пределах от 0,52 до 0,66, а крайне предпочтительно - в пределах от 0,57 до 0,63.

12. Шнековые элементы по одному из пп. 1-10, полученные на основе профилей с точной очисткой скоблением посредством того, что они имеют зазоры между шнековыми элементами и корпусом и/или между соседствующими шнековыми элементами.

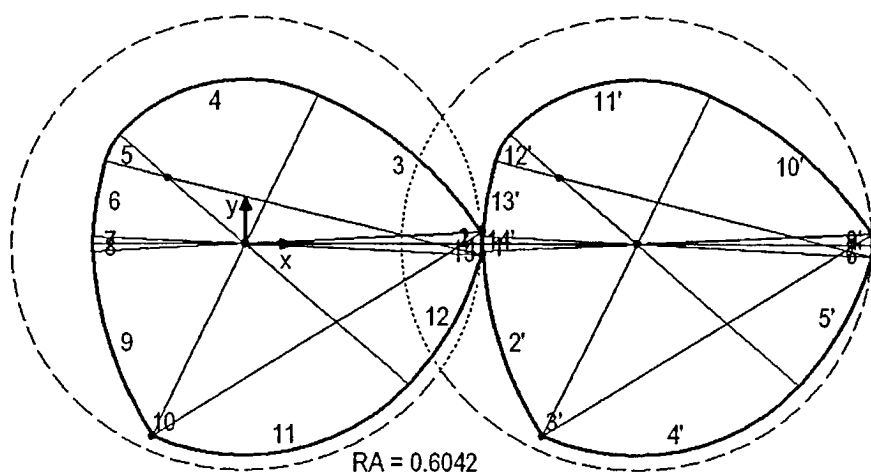
13. Применение шнековых элементов по одному из пп. 1-12 в многовальнйной шнековой машине, предпочтительно в двухвальной шнековой машине.

14. Способ экструзии вискоэластичных масс в двухшнековом или многовальном экструдере с применением шнековых элементов по одному из пп. 1-12.



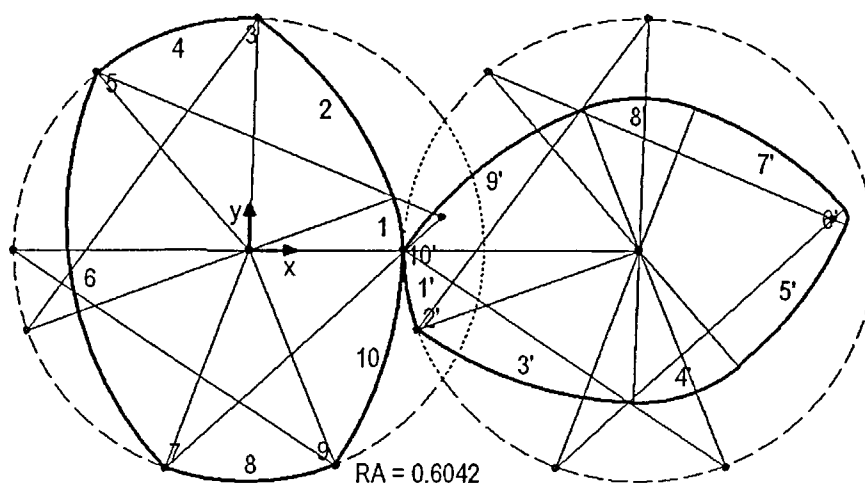
1) $R = 0.6042$ $M_x = 0.0000$ $\alpha = 0.1047$ $M_y = 0.0000$	1') $R = 0.3958$ $M_x = 1.0000$ $\alpha = 0.1047$ $M_y = -0.0000$
2) $R = 0.0000$ $M_x = 0.6009$ $\alpha = 0.5200$ $M_y = 0.0632$	2') $R = 1.0000$ $M_x = 1.6009$ $\alpha = 0.5200$ $M_y = 0.0632$
3) $R = 1.0000$ $M_x = -0.2103$ $\alpha = 0.5630$ $M_y = -0.5217$	3') $R = 0.0000$ $M_x = 0.7897$ $\alpha = 0.5630$ $M_y = -0.5217$
4) $R = 0.4375$ $M_x = 0.0000$ $\alpha = 3.0424$ $M_y = -0.0000$	4') $R = 0.5625$ $M_x = 1.0000$ $\alpha = 3.0424$ $M_y = -0.0000$
5) $R = 0.2399$ $M_x = -0.0917$ $\alpha = 0.5768$ $M_y = -0.1751$	5') $R = 0.7601$ $M_x = 0.9083$ $\alpha = 0.5768$ $M_y = -0.1751$
6) $R = 1.0000$ $M_x = -0.1634$ $\alpha = 0.1794$ $M_y = 0.5817$	6') $R = 0.0000$ $M_x = 0.8366$ $\alpha = 0.1794$ $M_y = 0.5817$
7) $R = 0.3958$ $M_x = 0.0000$ $\alpha = 0.1047$ $M_y = -0.0000$	7') $R = 0.6042$ $M_x = 1.0000$ $\alpha = 0.1047$ $M_y = -0.0000$
8) $R = 1.0000$ $M_x = -0.2233$ $\alpha = 0.5960$ $M_y = 0.5614$	8') $R = 0.0000$ $M_x = 0.7767$ $\alpha = 0.5960$ $M_y = 0.5614$
9) $R = 0.0000$ $M_x = 0.6042$ $\alpha = 0.5960$ $M_y = -0.0002$	9') $R = 1.0000$ $M_x = 1.6042$ $\alpha = 0.5960$ $M_y = -0.0002$

Фиг. 1



1) $R = 0.6042$ $M_x = 0.0000$ $\alpha = 0.0524$ $M_y = 0.0000$	1') $R = 0.3958$ $M_x = 1.0000$ $\alpha = 0.0524$ $M_y = -0.0000$
2) $R = 0.0000$ $M_x = 0.6033$ $\alpha = 0.5200$ $M_y = 0.0316$	2') $R = 1.0000$ $M_x = 1.6033$ $\alpha = 0.5200$ $M_y = 0.0316$
3) $R = 1.0000$ $M_x = -0.2373$ $\alpha = 0.5630$ $M_y = -0.5100$	3') $R = 0.0000$ $M_x = 0.7627$ $\alpha = 0.5630$ $M_y = -0.5100$
4) $R = 0.4375$ $M_x = 0.0000$ $\alpha = 1.2765$ $M_y = -0.0000$	4') $R = 0.5625$ $M_x = 1.0000$ $\alpha = 1.2765$ $M_y = -0.0000$
5) $R = 0.1725$ $M_x = -0.1975$ $\alpha = 0.4753$ $M_y = 0.1767$	5') $R = 0.8275$ $M_x = 0.8025$ $\alpha = 0.4753$ $M_y = 0.1767$
6) $R = 1.0000$ $M_x = 0.6033$ $\alpha = 0.2020$ $M_y = -0.0316$	6') $R = 0.0000$ $M_x = 1.6033$ $\alpha = 0.2020$ $M_y = -0.0316$
7) $R = 0.3958$ $M_x = 0.0000$ $\alpha = 0.0525$ $M_y = 0.0001$	7') $R = 0.6042$ $M_x = 1.0000$ $\alpha = 0.0525$ $M_y = 0.0001$
8) $R = 0.3958$ $M_x = 0.0000$ $\alpha = 0.0524$ $M_y = 0.0001$	8') $R = 0.6042$ $M_x = 1.0000$ $\alpha = 0.0524$ $M_y = 0.0001$
9) $R = 1.0000$ $M_x = 0.6033$ $\alpha = 0.5200$ $M_y = 0.0317$	9') $R = 0.0000$ $M_x = 1.6033$ $\alpha = 0.5200$ $M_y = 0.0317$
10) $R = 0.0000$ $M_x = -0.2373$ $\alpha = 0.5630$ $M_y = -0.5099$	10') $R = 1.0000$ $M_x = 0.7627$ $\alpha = 0.5630$ $M_y = -0.5099$
11) $R = 0.5625$ $M_x = 0.0000$ $\alpha = 1.2765$ $M_y = 0.0001$	11') $R = 0.4375$ $M_x = 1.0000$ $\alpha = 1.2765$ $M_y = 0.0001$
12) $R = 0.8275$ $M_x = -0.1975$ $\alpha = 0.4753$ $M_y = 0.1767$	12') $R = 0.1725$ $M_x = 0.8025$ $\alpha = 0.4753$ $M_y = 0.1767$
13) $R = 0.0000$ $M_x = 0.6033$ $\alpha = 0.2020$ $M_y = -0.0316$	13') $R = 1.0000$ $M_x = 1.6033$ $\alpha = 0.2020$ $M_y = -0.0316$
14) $R = 0.6042$ $M_x = 0.0000$ $\alpha = 0.0525$ $M_y = 0.0001$	14') $R = 0.3958$ $M_x = 1.0000$ $\alpha = 0.0525$ $M_y = 0.0001$

Фиг. 2



1) $R = 0.3958$ $M_x = 0.0000$ $\alpha = 0.3491$ $M_y = 0.0000$	1') $R = 0.6042$ $M_x = 1.0000$ $\alpha = 0.3491$ $M_y = -0.0000$
2) $R = 1.0000$ $M_x = -0.5677$ $\alpha = 0.5960$ $M_y = -0.2066$	2') $R = 0.0000$ $M_x = 0.4323$ $\alpha = 0.5960$ $M_y = -0.2066$
3) $R = 0.0000$ $M_x = 0.0180$ $\alpha = 0.5960$ $M_y = 0.6039$	3') $R = 1.0000$ $M_x = 1.0180$ $\alpha = 0.5960$ $M_y = 0.6039$
4) $R = 0.6042$ $M_x = -0.0000$ $\alpha = 0.7302$ $M_y = -0.0000$	4') $R = 0.3958$ $M_x = 1.0000$ $\alpha = 0.7302$ $M_y = -0.0000$
5) $R = 0.0000$ $M_x = -0.3894$ $\alpha = 0.4681$ $M_y = 0.4619$	5') $R = 1.0000$ $M_x = 0.6106$ $\alpha = 0.4681$ $M_y = 0.4619$
6) $R = 0.9583$ $M_x = 0.4924$ $\alpha = 1.1532$ $M_y = 0.0867$	6') $R = 0.0417$ $M_x = 1.4924$ $\alpha = 1.1532$ $M_y = 0.0867$
7) $R = 0.0000$ $M_x = -0.2081$ $\alpha = 0.4681$ $M_y = -0.5672$	7') $R = 1.0000$ $M_x = 0.7919$ $\alpha = 0.4681$ $M_y = -0.5672$
8) $R = 0.6042$ $M_x = -0.0000$ $\alpha = 0.7302$ $M_y = 0.0000$	8') $R = 0.3958$ $M_x = 1.0000$ $\alpha = 0.7302$ $M_y = 0.0000$
9) $R = 0.0000$ $M_x = 0.2232$ $\alpha = 0.5960$ $M_y = -0.5614$	9') $R = 1.0000$ $M_x = 1.2232$ $\alpha = 0.5960$ $M_y = -0.5614$
10) $R = 1.0000$ $M_x = -0.6042$ $\alpha = 0.5960$ $M_y = 0.0002$	10') $R = 0.0000$ $M_x = 0.3958$ $\alpha = 0.5960$ $M_y = 0.0002$

Фиг. 3