



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 154 194** <sup>(13)</sup> **C2**  
(51) МПК<sup>7</sup> **F 04 C 29/10, 18/16**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

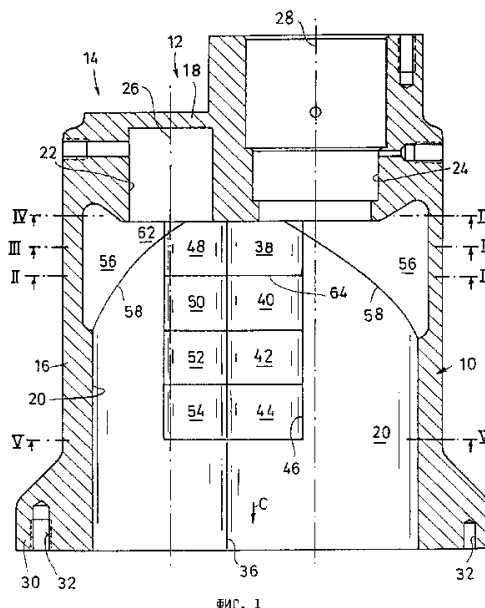
## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 97122086/06, 15.05.1996  
(24) Дата начала действия патента: 15.05.1996  
(30) Приоритет: 31.05.1995 DE 19519262.1  
(46) Дата публикации: 10.08.2000  
(56) Ссылки: DE 3516636 A1, 14.11.85. RU 2066792 C1, 20.09.96. RU 2073120 C1, 10.02.97. DT 2526175 A1, 08.01.76. EP 0484885 A, 13.05.92.  
(85) Дата перевода заявки PCT на национальную фазу: 31.12.1997  
(86) Заявка PCT: EP 96/02077 (15.05.1996)  
(87) Публикация PCT: WO 96/38670 (05.12.1996)  
(98) Адрес для переписки: 101000, Москва, Малый Златоустинский пер. 10, кв.15, "ЕВРОМАРКПАТ", Веселицкой И.А.

(71) Заявитель:  
Кирстен Гюнтер (DE)  
(72) Изобретатель: Кирстен Гюнтер (DE)  
(73) Патентообладатель:  
Кирстен Гюнтер (DE)

### (54) ВИНТОВОЙ КОМПРЕССОР С РЕГУЛИРУЕМЫМ ОБЪЕМОМ ПОДАЧИ

(57) Винтовой компрессор с регулируемым объемом подачи имеет, по меньшей мере, один ведущий ротор и, по меньшей мере, один ведомый ротор, которые расположены в общем корпусе (12), находятся во взаимном зацеплении и перемещают сжимаемую среду от впускного канала (62) к выпускному каналу. Впускной канал (62) ограничен, по меньшей мере, одним расположенным в корпусе (12) с возможностью перемещения корпусным сегментом (38, 40, 42, 44), обращенная к роторам уплотнительная сторона (48, 50, 52, 54) которого повторяет форму огибающих роторов. По меньшей мере один корпусной сегмент (38, 40, 42, 44) установлен в шахте с возможностью перемещения в поперечном направлении к роторным осям (26, 28). Винтовой компрессор работает с малым износом, имеет высокий коэффициент полезного действия и является простым в изготовлении. 7 з. п.ф-лы, 7 ил.





(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 154 194** <sup>(13)</sup> **C2**  
 (51) Int. Cl.<sup>7</sup> **F 04 C 29/10, 18/16**

RUSSIAN AGENCY  
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

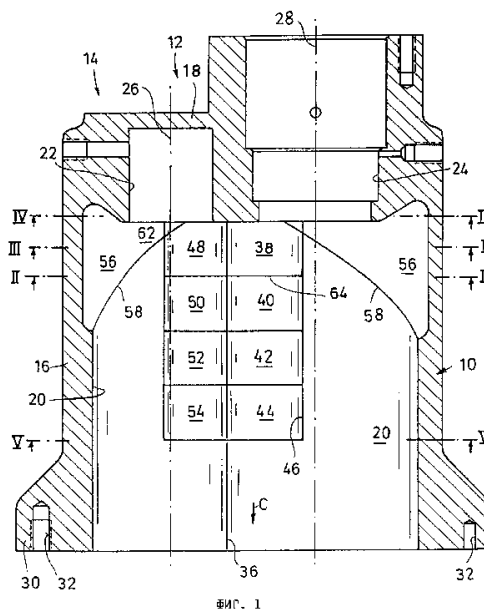
(21), (22) Application: 97122086/06, 15.05.1996  
 (24) Effective date for property rights: 15.05.1996  
 (30) Priority: 31.05.1995 DE 19519262.1  
 (46) Date of publication: 10.08.2000  
 (85) Commencement of national phase: 31.12.1997  
 (86) PCT application:  
 EP 96/02077 (15.05.1996)  
 (87) PCT publication:  
 WO 96/38670 (05.12.1996)  
 (98) Mail address:  
 101000, Moskva, Malyj Zlatoustinskij per.  
 10, kv.15, "EVROMARKPAT", Veselitskoj I.A.

(71) Applicant:  
 Kirsten Gjunter (DE)  
 (72) Inventor: Kirsten Gjunter (DE)  
 (73) Proprietor:  
 Kirsten Gjunter (DE)

(54) **ADJUSTABLE CAPACITY SCREW COMPRESSOR**

(57) Abstract:

FIELD: mechanical engineering; compressors. SUBSTANCE: screw compressor has at least one driving rotor and at least one driven rotor, both installed in common housing 12. Rotors are installed for relative engagement and are used to displace compressed medium from intake channel 62 to outlet channel. Intake channel 62 is limited by at least one base segment 38, 40, 42, 44 installed for displacement in housing 12. Sealing side 48, 50, 52, 54 of segment pointed to rotors follows the outline of rotor envelopes. At least one base segment 38, 40, 42, 44 is installed in well for movement towards rotor axles 28 in transverse direction. EFFECT: reduced wear in service, increased efficiency, easy to manufacture. 8 cl, 7 dwg



RU 2 1 5 4 1 9 4 C 2

RU 2 1 5 4 1 9 4 C 2

Изобретение относится к винтовому компрессору с регулируемым объемом подачи.

В установках, в которых в качестве нагнетаемого газа применяется сжатая среда, часто возникает необходимость в регулировании давления. Это достигается либо сбросом из установки или возвратом по перепускной линии определенной части давления, либо изменением скорости подвода сжатого газа.

Если в такой установке в качестве компрессора применяется винтовой компрессор, то скорость подачи можно регулировать путем изменения частоты вращения винтового компрессора. Однако указанное регулирование можно осуществлять в определенных пределах, поскольку при слишком малой частоте вращения винтового компрессора его коэффициент полезного действия снижается ниже допустимого значения.

Поскольку сброс сжатого газа и его возврат по перепускной линии в любом случае приводит к неоправданному расходу энергии, а с другой стороны, необходимо обеспечить широкие пределы регулирования, были разработаны винтовые компрессоры, у которых обеспечиваемая винтовым компрессором скорость подачи может регулироваться степенью сжатия.

В патенте DE-OS 2526175 описан винтовой компрессор с регулируемой объемной производительностью, у которого в корпусе расположены два находящихся во взаимном зацеплении ротора. В этом винтовом компрессоре параллельно его роторным осям проходит перепускной канал, который может сообщаться через закрываемые отверстия с внутренней полостью корпуса. Отверстия, расположенные на определенном расстоянии друг от друга в осевом направлении роторов, допускают, будучи открытыми, обратное перетекание сжимаемой среды через перепускной канал к стороне всасывания винтового компрессора. Благодаря этому сжатие среды, поступившей в пространство между винтами и внутренней стенкой корпуса, начинается раньше или позже в зависимости от величины проходного сечения отверстий, благодаря чему скорость подачи, обеспечиваемая таким винтовым компрессором, может регулироваться. Однако отверстия, концы которых, расположенные со стороны перепускного канала, могут закрываться золотником, даже в их закрытом положении открыты в сторону внутренней полости корпуса и образуют тем самым перепускные карманы, вызывающие даже при 100%-ной подаче обратное течение сжимаемой среды. Винтовой компрессор имеет поэтому низкий коэффициент полезного действия.

В патенте DE-PS 3516636 описан еще один винтовой компрессор с регулируемым объемом подачи, который является наиболее близким аналогом и признаки которого указаны в ограничительной части п. 1 формулы настоящего изобретения. В общем корпусе этого компрессора расположены ведущий и ведомый роторы. Сжимаемая среда в этом винтовом компрессоре перемещается от впускного канала к выпускному каналу, причем впускной канал

имеет два корпусных сегмента, перемещаемых вдоль роторных осей. Каждый из корпусных сегментов проходит в корпусе по всей длине ротора и консольно закреплен на одном конце. Давления, возникающие в поперечном направлении продольной длине корпусных сегментов и воспринимаемые направляющими, приводят, однако, к возникновению изгибающей нагрузки на эти корпусные сегменты. При работе компрессора вследствие перемещения корпусных сегментов в направлении к впускному каналу ограничивающая впускной канал стенка канала смещается настолько, что впускной канал удлиняется, а сжатие начинается позже. В результате более позднего начала сжатия степень сжатия и тем самым скорость подачи винтового компрессора изменяются.

Для осуществления даже малых изменений объема подачи требуется смещать весь корпусной сегмент, проходящий по всей длине ротора. Однако недостаток необходимого для этого одностороннего консольного крепления корпусных элементов состоит в том, что оно связано с высокими затратами на изготовление. Кроме того, управляющие сегменты, которые проходят сквозь напорную сторону винтового компрессора, вследствие наличия на напорной стороне высоких пульсирующих давлений приходят в колебательное движение, приводящее к износу направляющих. И, наконец, еще одним недостатком является то, что корпусные сегменты обуславливают большую габаритную длину винтового компрессора и ограничивают свободу конструктивного выполнения напорной стороны винтового компрессора.

В основу изобретения была положена задача создать винтовой компрессор с регулируемым объемом подачи, который может работать с малым износом, имеет высокий коэффициент полезного действия и прост в изготовлении.

Эта задача решается согласно изобретению с помощью компрессора с отличительными признаками п. 1 формулы изобретения.

Согласно изобретению по меньшей мере один размещенный в корпусе корпусной сегмент может перемещаться в шахте в поперечном направлении к роторным осям. Поскольку давление, действующее на каждый корпусной сегмент, создает суммарную силу давления, действующую приблизительно параллельно направлению смещения корпусного сегмента, на опоры корпусного сегмента действует лишь незначительная нагрузка. Это приводит не только к тому, что износ винтового компрессора снижается, но и к тому, что облегчается его изготовление, т.к. можно отказаться от установки корпусного сегмента на сложную опору. Поскольку геометрия каждого корпусного сегмента на его обращенной к роторам уплотнительной стороне повторяет форму огибающих обоих роторов и поскольку эти уплотнительные стороны всегда могут быть достаточно точно позиционированы, винтовой компрессор имеет высокий коэффициент полезного действия.

Благодаря возможности перемещения корпусного сегмента в поперечном направлении к роторным осям достигается

также короткая габаритная длина и обеспечивается свобода конструктивного выполнения торцевых концов винтовых компрессоров. Поперечно перемещаемые корпусные сегменты наиболее пригодны для применения в двухвинтовых компрессорах.

Для обеспечения многоступенчатого регулирования скорости подачи в осевом направлении роторов последовательно расположено несколько корпусных сегментов. Длина каждого корпусного сегмента в осевом направлении роторов предпочтительно соответствует осевому расстоянию между точками касания двух входящих в зацепление зубчатых пар. Поскольку сжатие в любом случае начинается лишь тогда, когда ограниченная боковыми поверхностями зубьев и внутренней стенкой корпуса камера сжатия закрыта, более тонкая и достигаемая лишь за счет увеличения затрат на изготовление более мелкая градация регулирования с помощью корпусных сегментов не требуется. Однако тонкая регулировка скорости подачи при выполненных таким образом корпусных сегментах все же возможна благодаря тому, что один из корпусных сегментов может смещаться в большей или меньшей степени, вследствие чего впускной канал независимо от его эффективной длины создает дроссельный эффект.

Если ширина каждого корпусного сегмента в поперечном направлении к осям роторов выбрана такой, что обусловленное перемещением каждого корпусного сегмента изменение объема впускного канала соответствует объему камеры сжатия, ограниченной двумя боковыми поверхностями зубьев роторов, то при регулировании скорости подвода в соответствии с дискретными градациями ротора можно устранить дроссельные эффекты, приводящие к неблагоприятному коэффициенту полезного действия. Хотя, как указано выше, дроссельные эффекты могут быть целесообразны для обеспечения широкого диапазона бесступенчатого регулирования скоростей подачи, однако они должны возникать лишь в том случае, если устанавливаются специально.

Благодаря выполнению каждого из корпусных сегментов с двумя ограничительными поверхностями, которые ограничивают их перемещение в направлении к роторам и которые предпочтительно могут упираться в две проходящие параллельно шахте контропорные поверхности, расстояние от корпусных сегментов до роторов может поддерживаться на точно заданном уровне. Точное соблюдение расстояния между корпусными сегментами и роторами обеспечивает высокий коэффициент полезного действия.

Корпусные сегменты преимущественно предварительно поджаты пружинами, благодаря чему для перемещения корпусных сегментов достаточно предусмотреть сервоприводы простого действия (действующие в одном направлении). В качестве таких сервоприводов предпочтительно применять управляющие кулачки, расположенные на одном общем кулачковом валу и смещающие корпусные сегменты. Регулирование с помощью таких кулачков не только является экономически

оптимальным, но и, кроме того, обеспечивает также точно выверенную установку положения всех корпусных сегментов, определяющих геометрию впускного канала. Управляющие кулачки позволяют также перемещать по меньшей мере один из корпусных сегментов в положение, в котором он действует как расположенный во впускном канале дроссель. Если пружины напряжены таким образом, что они действуют на корпусные сегменты в направлении их приподнятого, ограничивающего подводящий канал положения, то точное соблюдение положения закрытия корпусных сегментов не зависит от износа управляющих кулачков. Кроме того, силы предварительного напряжения пружин при таком выполнении действуют против сил давления сжатого газа, благодаря чему требуемое от управляющего кулачка усилие для перемещения соответствующих корпусных сегментов невелико.

Помимо управляющих кулачков для перемещения корпусных сегментов могут быть предусмотрены также и другие сервоприводы, например, гидравлические регулирующие цилиндры, которые при необходимости могут быть выполнены также как цилиндры двойного действия и тем самым делают излишним применение предварительно напряженных пружин.

Другие предпочтительные варианты выполнения изобретения представлены в зависимых пунктах формулы и в последующем описании. Ниже изобретение подробнее поясняется на двух предпочтительных примерах его выполнения со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых показано

на фиг. 1 - разрез корпуса первого варианта выполнения винтового компрессора плоскостью, определяемой осями ведущего и ведомого роторов,

на фиг. 2 - разрез корпуса по линии II-II на фиг. 1,

на фиг. 3 - разрез корпуса по линии III-III на фиг. 1,

на фиг. 4 - разрез корпуса по линии IV-IV на фиг. 1,

на фиг. 5 - разрез корпуса по линии V-V на фиг. 1,

на фиг. 6 - разрез корпуса второго варианта выполнения винтового компрессора согласно разрезу по фиг. 2 и

на фиг. 7 - корпус по фиг. 6 с корпусным сегментом, смещенным путем поворота кулачкового вала из положения, показанного на фиг. 6.

На фиг. 1 показана коробка 10 корпуса 12 первого варианта выполнения предлагаемого винтового компрессора 14. Коробка 10 имеет в основном цилиндрическую в поперечном сечении периферийную стенку 16, которая охватывает два параллельных пересекающихся круговых цилиндра и которая на всасывающем конце винтового компрессора 14 имеет отлитую заодно с периферийной стенкой 16 крышку 18 корпуса. Коробка 10 имеет внутреннюю стенку 20, форма которой повторяет форму огибающей двух размещаемых в корпусе 12 роторов. Каждый из не показанных на фиг. 1-7 роторов установлен в корпусе со стороны всасывания на одном подшипнике скольжения, вставленном в соответствующее

подшипниковое гнездо 22, 24 крышки 18. В смонтированном состоянии роторы занимают положение, указанное на чертежах положением продольных осей 26, 28 ведущего и ведомого роторов.

На напорном противоположном крышке 18 конце коробки имеется фланец 30, в котором предусмотрены резьбовые отверстия 32, позволяющие крепить коробку 10 к (не показанному) присоединительному блоку с напорной стороны. Присоединительный блок может быть выполнен аналогично присоединительному блоку для двухвинтового компрессора, имеющего в общей сложности четыре ротора.

На нижней стороне коробки 10 корпуса, выполненной в виде стакана для размещения ведущего и ведомого роторов, имеется цоколь 34, проходящий параллельно продольной оси 26 ведущего ротора и продольной оси 28 ведомого ротора.

Для производства сжатого газа в винтовом компрессоре 14 боковые поверхности зубьев не показанных роторов вместе с внутренней стенкой 20 корпуса определяют соответствующие камеры сжатия. Поскольку внутренняя стенка 20 корпуса повторяет форму огибающих вдоль линии пересечения двух цилиндров роторов, между роторами образованы две проходящие в их продольном направлении уплотнительные кромки 36 (фиг. 2).

На обращенной к цоколю 34 нижней стороне коробки 10 корпуса в шахте 46, а именно в зоне цоколя 34, расположены корпусные сегменты 38, 40, 42, 44. Форма обращенных к роторам верхних сторон 48, 50, 52, 54 корпусных сегментов 38, 40, 42, 44, показанных на фиг. 1 в виде сверху, повторяет форму огибающих роторов (фиг. 2), за счет чего в полости, образованной внутренней стенкой 20 корпуса вместе с верхними сторонами 48, 50, 52, 54 корпусных сегментов 38, 40, 42, 44, по периметру герметично заключены два находящихся во взаимном зацеплении ротора за пределами их зоны зацепления. Лишь на конце коробки 10 корпуса со стороны всасывания предусмотрен кольцевой паз 56, который проходит во внутренней полости корпуса (фиг. 4) и внутреннее поперечное сечение которого больше диаметра огибающих роторов. Однако кольцевой паз 56 проходит приблизительно лишь на четверть длины роторов и имеет ниже роторов управляющую кромку 58, которая отграничивает участок внутренней стенки кольцевого паза 56, герметично окружающей роторы. Как только головка зуба ротора пройдет управляющую кромку 58, между внутренней стенкой 20 корпуса и соответствующими боковыми поверхностями зубьев образуется уплотнение, что предотвращает обратный поток сжатого газа.

В показанном винтовом компрессоре 14 корпусные сегменты 38, 40, 42, 44 могут перемещаться в шахте 46 в направлении двойной стрелки В. Когда все корпусные сегменты 38, 40, 42, 44 находятся в их верхнем ограничительном положении (фиг. 5), то благодаря снабженному впускным патрубком 60 подводящему каналу и кольцевому пазу 56 образуется впускной канал 62 (фиг. 2), который обеспечивает подвод воздуха к роторам. Когда все

корпусные сегменты 38, 40, 42, 44 находятся в их верхнем ограничительном положении, сжатие начинается, как только зуб одного ротора минует управляющую кромку 58. Однако? когда корпусной сегмент, например корпусной сегмент 38, опущен (фиг. 2), сжатие начинается лишь тогда, когда зуб минует кромку 64 корпусного сегмента 38, т. к. в опущенном положении последнего впускной канал 62 по ходу потока за кольцевым пазом 56 дополняется обратным каналом 66, образованным между роторами и верхней стороной 48 корпусного сегмента 38.

Когда все корпусные сегменты 38, 40, 42, 44 находятся в их верхнем ограничительном положении, винтовой компрессор осуществляет подачу с максимальной, ограниченной только его конструкцией внутренней степенью сжатия (отношение внутренних давлений). Однако при полностью опущенном первом корпусном сегменте 38 внутренняя степень сжатия снижается на 15%. При последующем последовательном смещении вниз корпусных сегментов 40, 42 и 44, в результате чего удлиняется впускной канал 62, внутренняя степень сжатия снижается и тем самым соответственно уменьшается объем подачи.

Корпусные сегменты 38, 40, 42, 44 представляют собой имеющие форму параллелепипеда элементы, по бокам которых имеются направляющие блоки 68, 70, каждый из которых охватывает соответствующий неподвижно расположенный на корпусе направляющий палец 72, 74 и может перемещаться по нему. Каждый из направляющих блоков 68, 70 имеет верхнюю ограничительную поверхность 76, 78, которыми корпусной сегмент в своем верхнем положении прилегает к контропорным поверхностям 80, 82 корпуса 12. Контропорные поверхности 80, 82 проходят в направлении роторных осей на ширину всех четырех корпусных сегментов 38, 40, 42, 44. Каждый корпусной сегмент 38, 40, 42, 44 согласно первому варианту выполнения поджимается в его верхнее ограничительное положение первой и второй спиральными пружинами 84, 86, каждая из которых надета на соответствующий направляющий палец 72, 74.

Для перемещения корпусных сегментов 38, 40, 42, 44 предусмотрен снабженный управляющими кулачками 88, 90, 92, 94 кулачковый вал 96, который расположен параллельно продольным осям ведущего и ведомого роторов 26, 28 и с помощью шагового двигателя для перемещения корпусных сегментов 38, 40, 42, 44 может поворачиваться в его положение открытия по стрелке D на фиг. 5. С целью обеспечить передачу усилия от управляющих кулачков 88, 90, 92, 94 на корпусные сегменты 38, 40, 42, 44 последние имеют соответственно по вырезу 98, внутрь которого выступает управляющий штифт 100, контактирующий с соответствующим управляющим кулачком 88, 90, 92, 94. Управляющий штифт 100 расположен на противоположной от роторов стороне выреза 98 каждого корпусного сегмента 38, 40, 42, 44, благодаря чему поворот кулачкового вала 96 при взаимодействии с контактирующим с управляющим кулачком 88, 90, 92, 94 управляющим штифтом приводит к

перемещению соответствующего корпусного сегмента 38, 40, 42, 44 против действия силы предварительного прижатия первой и второй спиральных пружин 72, 74.

Показанный на фиг. 6 и 7 вариант выполнения отличается от показанного на фиг. 1-5 варианта лишь выполнением сервопривода для корпусных сегментов. Поэтому для наглядности при описании фиг. 6 и 7 используются позиции, номера которых увеличены по сравнению с соответствующими номерами позиций в первом варианте на 100. Кроме того, одинаковые для обоих вариантов выполнения элементы повторно не описаны.

В то время как в первом варианте выполнения первая и вторая спиральные пружины 84, 86 действуют на корпусные сегменты в направлении их положения закрытия, соответствующая первая и вторая спиральные пружины 184', 186' во втором варианте выполнения действуют на соответствующий корпусной сегмент 138' в направлении его положения открытия. Соответствующим образом в отличие от первого варианта при описании управляющих кулачков 188, используемых во втором варианте, речь идет об управляющих закрытием впускного канала кулачках, которые при повороте кулачкового вала 196 освобождают предусмотренный на соответствующем корпусном сегменте 138' в вырезе 198' управляющий штифт 200' таким образом, что соответствующий корпусной сегмент перемещается в его показанное на фиг. 6 положение открытия.

#### Формула изобретения:

1. Винтовой компрессор с регулируемым объемом подачи, имеющий по меньшей мере один ведущий ротор и по меньшей мере один ведомый ротор, которые расположены в общем корпусе (12), находятся во взаимном зацеплении и перемещают сжимаемую среду от впускного канала (62) к выпускному каналу, причем впускной канал (62) ограничен по меньшей мере одним расположенным в корпусе (12) с возможностью перемещения корпусным сегментом (38, 40, 42, 44), обращенная к роторам уплотнительная сторона которого повторяет форму

оггибающих роторов, и по меньшей мере один корпусной сегмент (38, 40, 42, 44) установлен в шахте (46) с возможностью перемещения в поперечном направлении к роторным осям (26, 28), отличающийся тем, что для перемещения по меньшей мере одного корпусного сегмента (38, 40, 42, 44) предусмотрены управляющие кулачки (88, 90, 92, 94).

5  
10  
2. Винтовой компрессор по п. 1, отличающийся тем, что длина каждого корпусного сегмента (38, 40, 42, 44) в осевом направлении роторов соответствует осевому расстоянию между точками касания двух входящих в зацепление зубчатых пар.

15  
3. Винтовой компрессор по любому из п.1 или 2, отличающийся тем, что предусмотрены по меньшей мере два корпусных сегмента (38, 40, 42, 44), расположенные последовательно в осевом направлении роторов и примыкающие друг к другу.

20  
4. Винтовой компрессор по любому из пп.1 - 3, отличающийся тем, что каждый корпусной сегмент имеет по две ограничительные поверхности (76, 78), ограничивающие перемещение корпусного сегмента (38, 40, 42, 44) в направлении к роторам.

25  
5. Винтовой компрессор по любому из пп.1 - 4, отличающийся тем, что на корпусе выполнены две контрольные поверхности (80, 82), проходящие перпендикулярно направлению (B) перемещения корпусного сегмента (38, 40, 42, 44).

30  
6. Винтовой компрессор по любому из пп.1 - 5, отличающийся тем, что корпусной сегмент (38, 40, 42, 44) предварительно поджат пружинами (84, 86).

35  
7. Винтовой компрессор по любому из пп.1 - 6, отличающийся тем, что несколько управляющих кулачков (88, 90, 92, 94) для нескольких корпусных сегментов расположены на одном общем кулачковом валу (96).

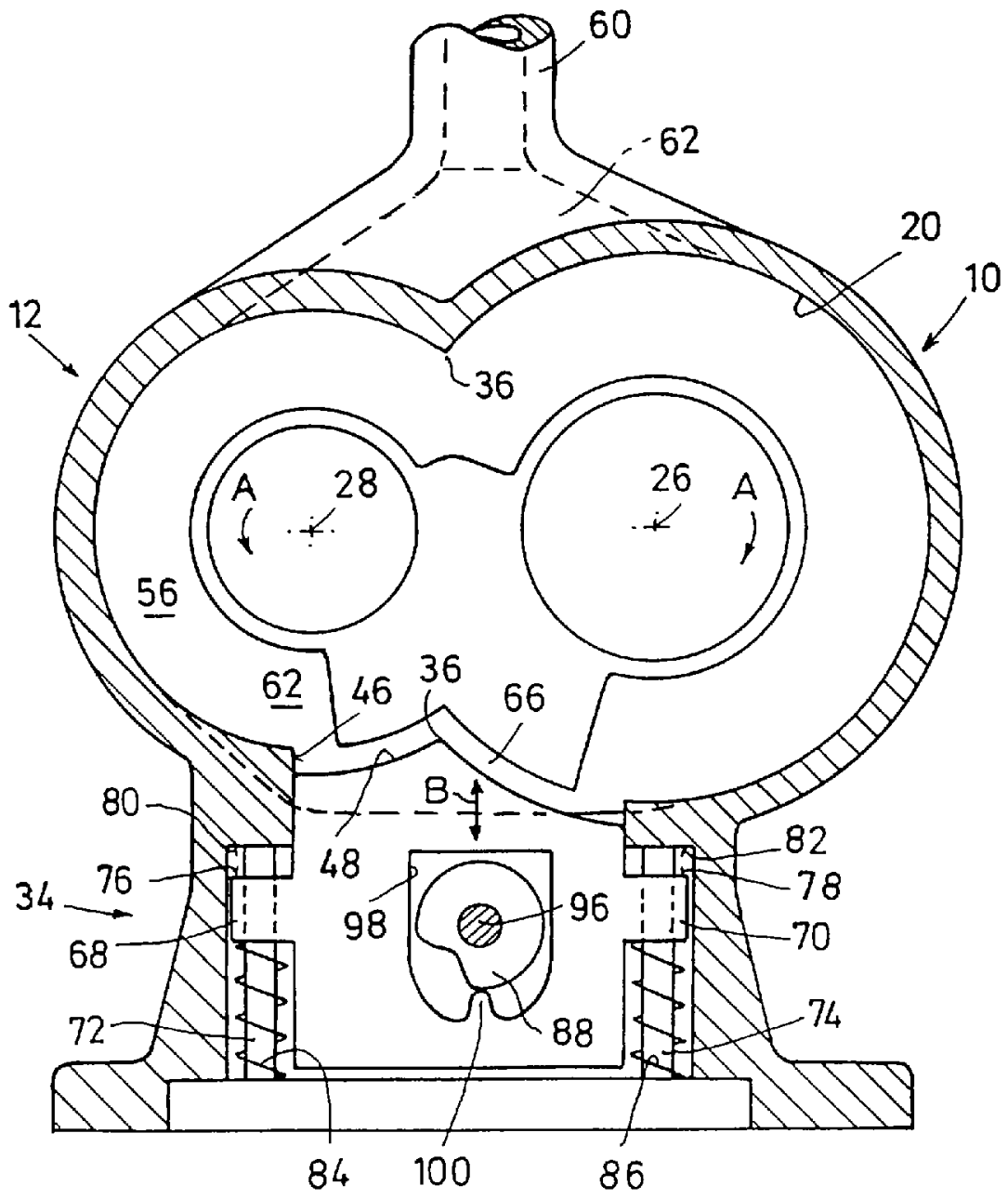
40  
8. Винтовой компрессор по любому из пп.1 - 7, отличающийся тем, что каждый управляющий кулачок (88, 90, 92, 94) действует на соответствующий корпусной сегмент (38, 40, 42, 44) в направлении его положения открытия против действия предварительного поджатия пружин (84, 86).

45

50

55

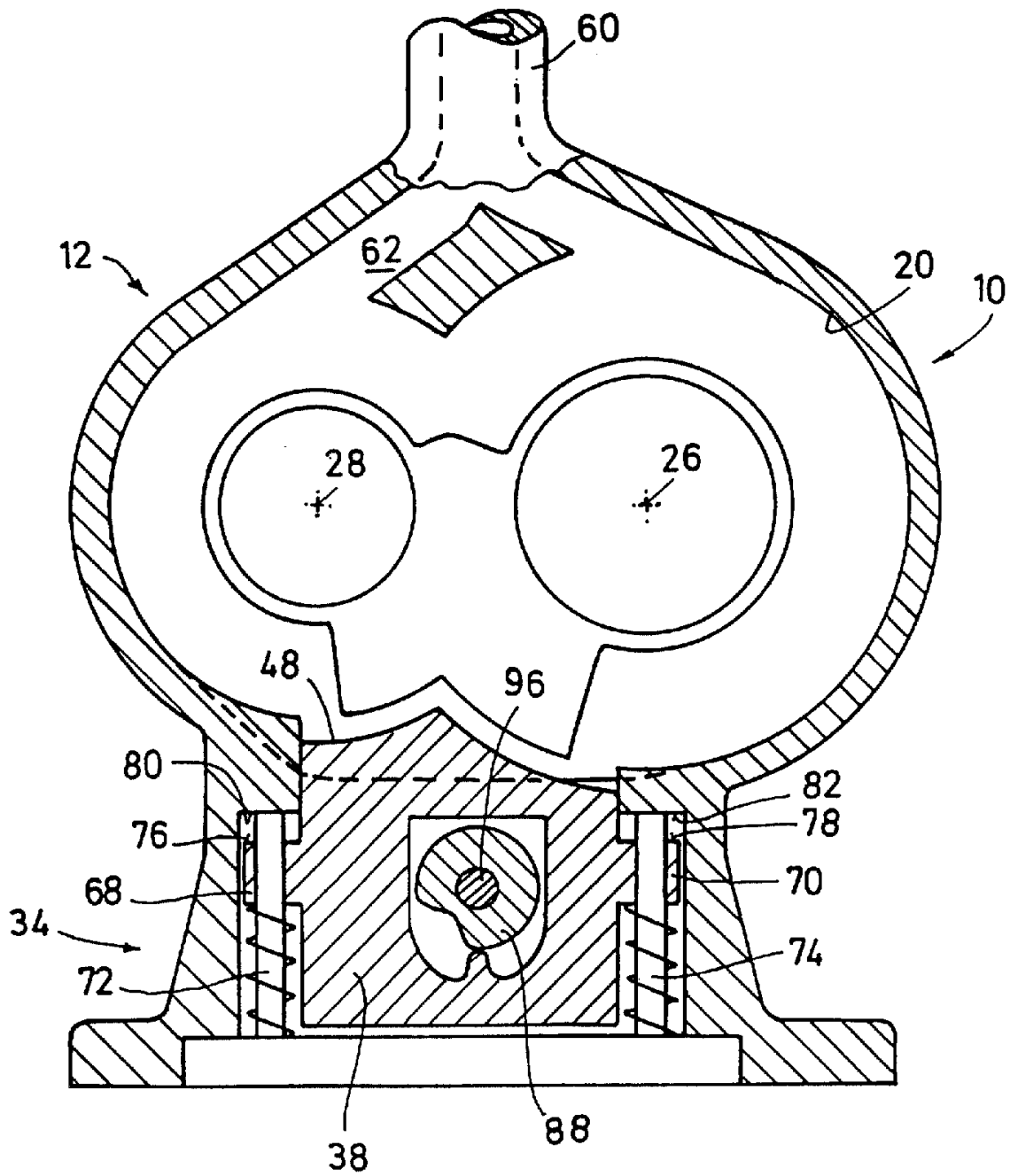
60



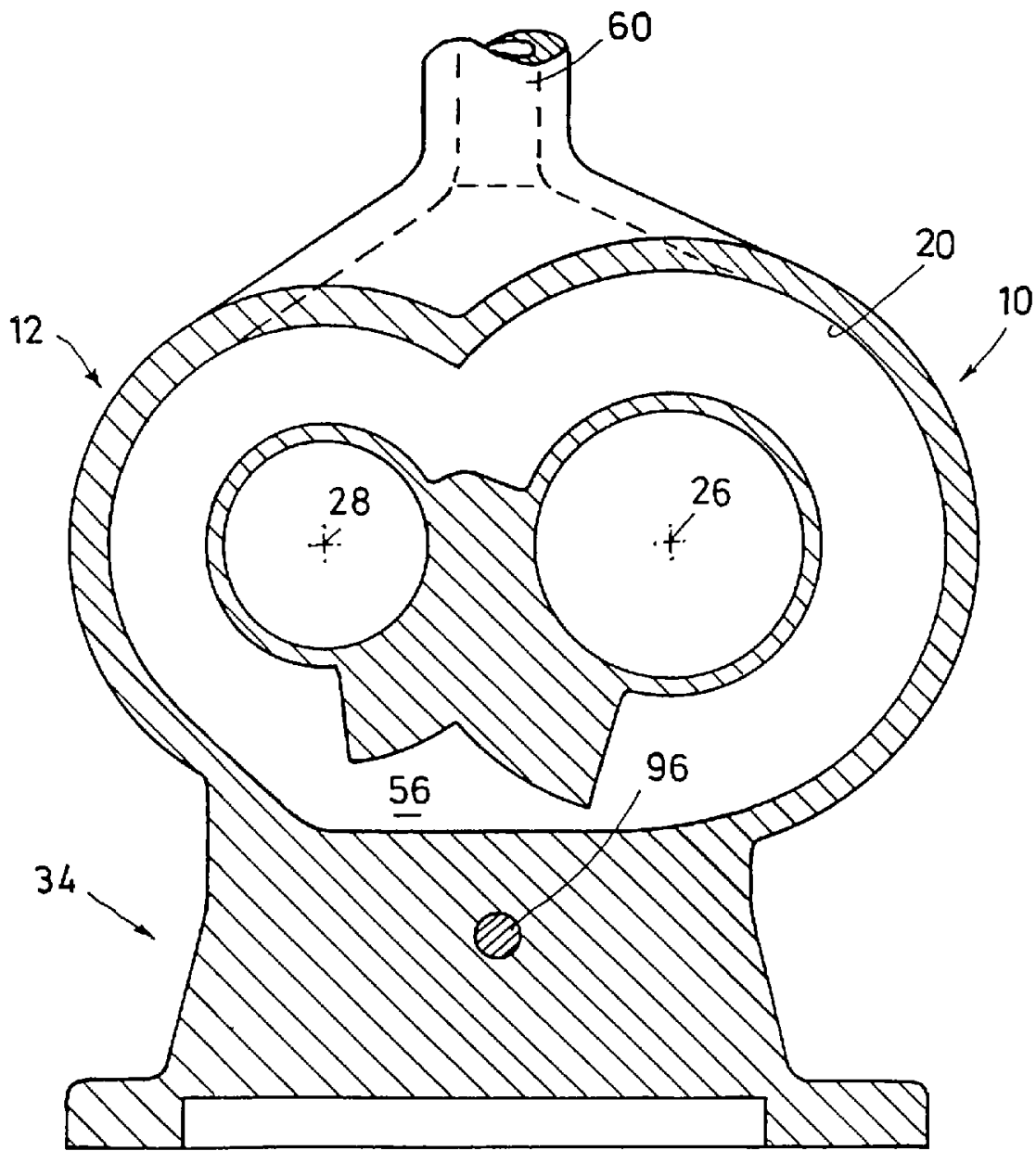
ФИГ. 2

RU 2154194 C2

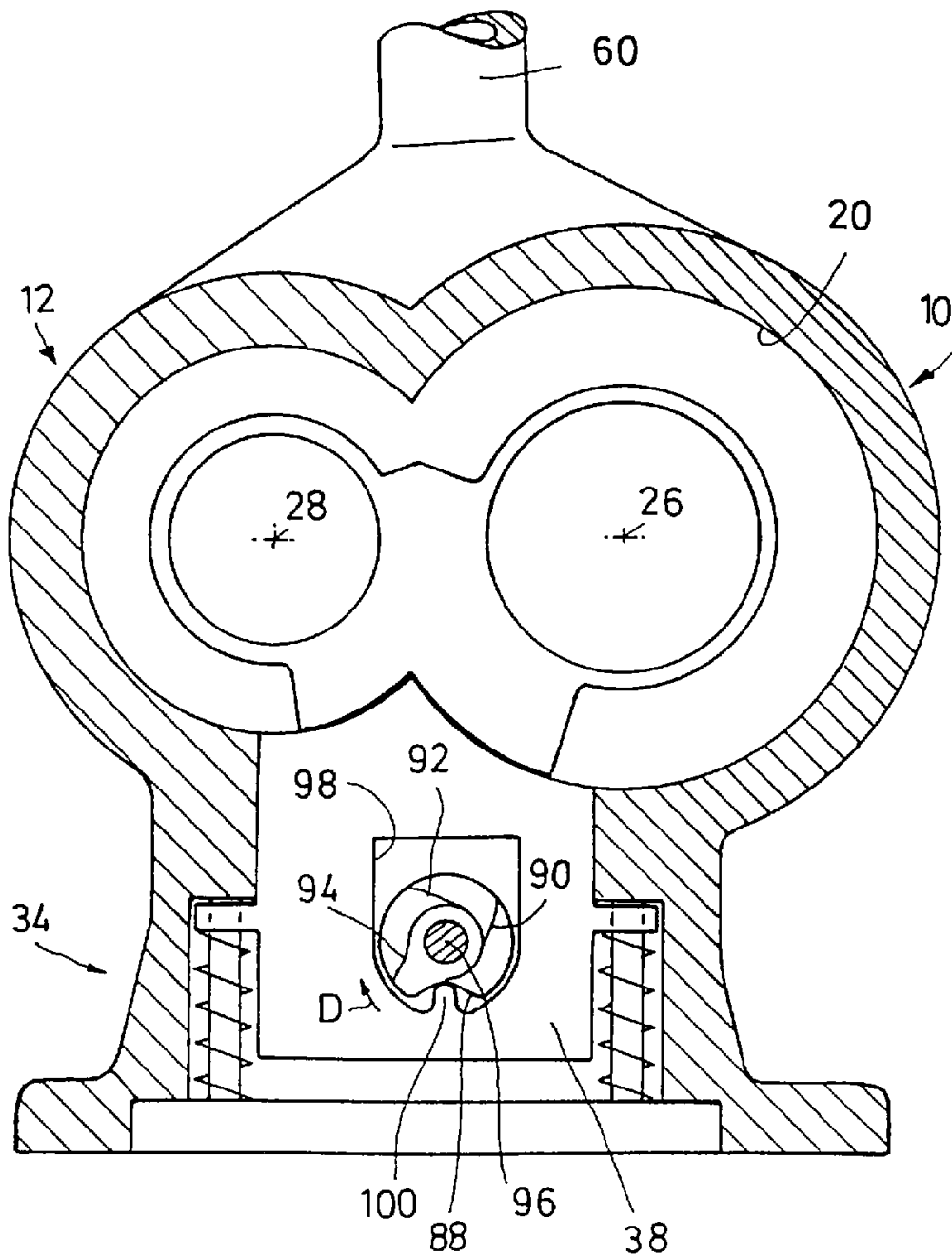
RU 2154194 C2



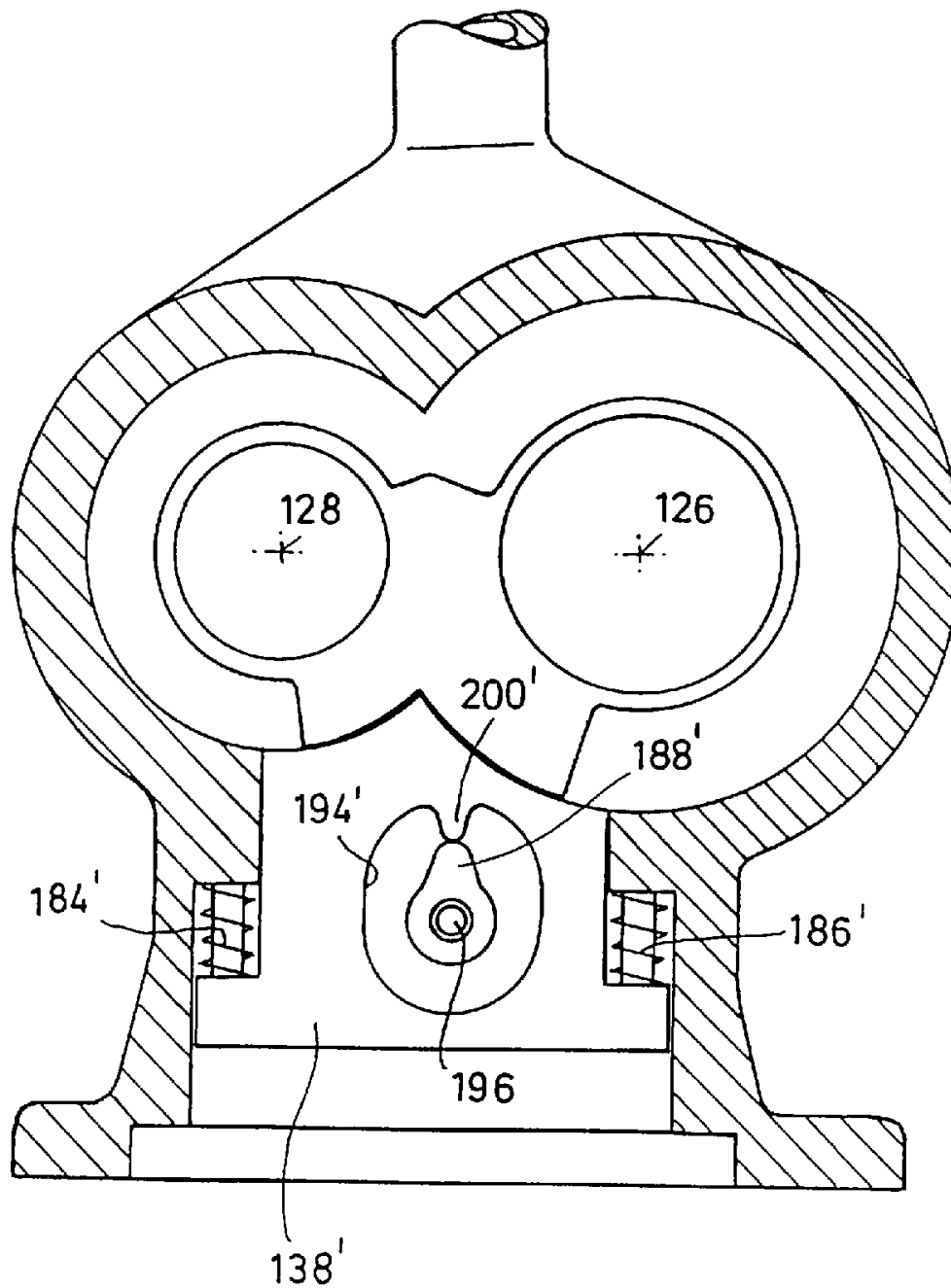
Фиг. 3



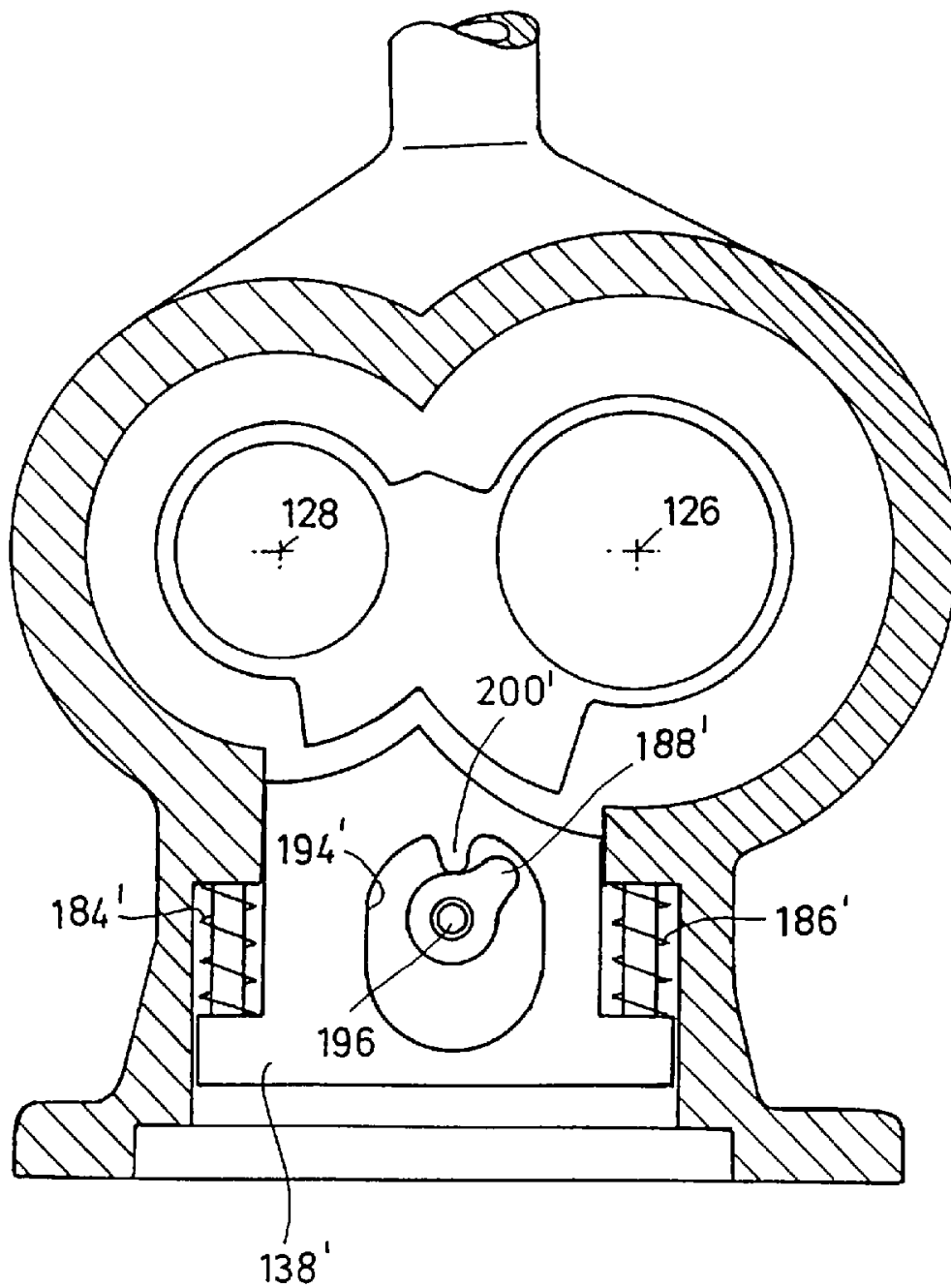
ФИГ. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6



ФИГ. 7