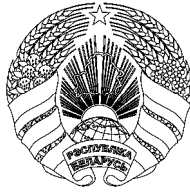


**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **20546**

(13) **С1**

(46) **2016.10.30**

(51) МПК

В 23В 25/02 (2006.01)

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ СЛИВНОЙ СТРУЖКИ ПРИ
ОБРАБОТКЕ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ ЗАГОТОВКИ ИЗ ВЯЗКОГО
МЕТАЛЛА ИЛИ СПЛАВА**

(21) Номер заявки: а 20121696

(22) 2012.12.05

(43) 2014.08.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Молочко Владимир Иванович; Шелег Валерий Константинович; Данильчик Сергей Сергеевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) SU 379322, 1973.

SU 624727, 1978.

SU 812431, 1981.

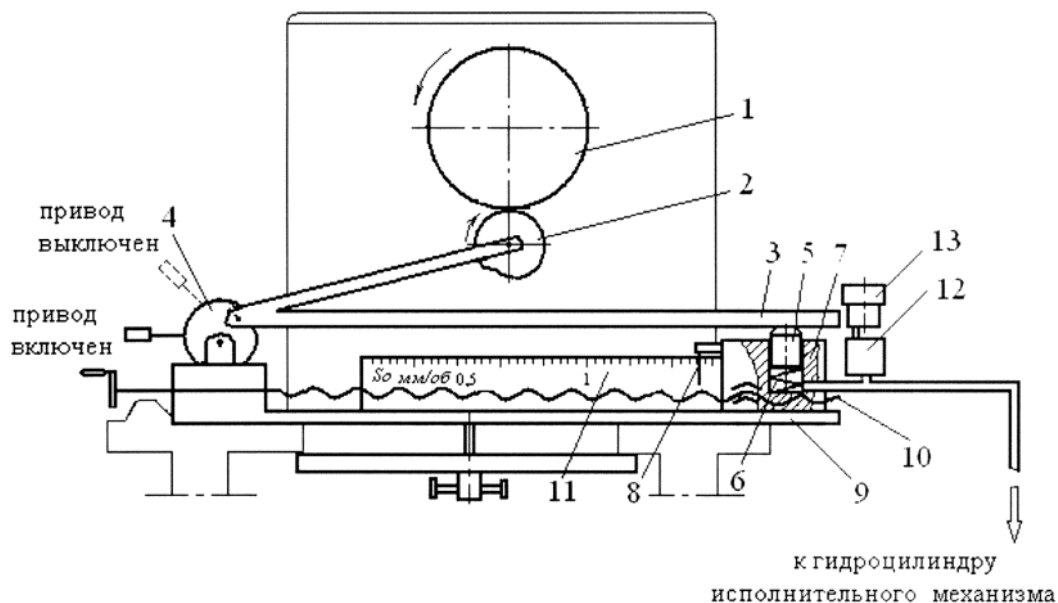
SU 246278, 1969.

SU 910368, 1982.

SU 1463395 A1, 1989.

(57)

Устройство для дробления сливной стружки при обработке на токарном станке заготовки из вязкого металла или сплава, содержащее опорную стойку, на которой установлен гидравлический насос, включающий корпус и подпружиненный плунжер со сферическим торцом, и задающий узел, включающий кулачок, установленный с возможностью контактирования с шейкой шпинделя токарного станка на рычаге, опорный конец которого связан с приводом включения, а нажимной конец установлен с возможностью опирания на сферический торец плунжера, отличающееся тем, что содержит мерную линейку, закрепленную



Фиг. 4

на опорной стойке, и указатель, при этом гидравлический насос установлен на опорной стойке с возможностью перемещения вдоль рычага и мерной линейки, а указатель связан с корпусом гидравлического насоса для определения его местоположения относительно рычага, которое определяет объем масла, обеспечивающий необходимую амплитуду колебаний режущего инструмента токарного станка; кулачок выполнен с рабочим профилем, включающим сопряженные между собой восходящую и ниспадающую ветви двух спиралей Архимеда, отношение центральных углов которых равно отношению периодов врезания в заготовку и отвода от заготовки режущего инструмента токарного станка для обеспечения негармонических колебаний режущего инструмента токарного станка.

Изобретение относится к металлообработке и может быть использовано для кинематического дробления сливной стружки, образующейся при обработке на токарных станках вязких металлов и сплавов.

Известно устройство для дробления стружки [1] - прототип, снабженное вибрационным исполнительным механизмом и системой передачи импульсов резцедержавке от задающего кулачка, выполненного в виде непосредственно контактирующего с шейкой шпинделя эксцентрика, укрепленного на рычаге, один конец которого шарнирно связан со звеном включения механизма, а второй воздействует на плунжер стационарно установленного гидравлического насоса, причем исполнительный механизм выполнен в виде гидроцилиндра, связанного рычажной передачей с подвижной гайкой винтового привода ручной подачи верхней каретки суппорта, несущей резцедержавку.

Плунжерный гидронасос и гидроцилиндр исполнительного механизма в прототипе связаны между собой гидравлической системой передачи импульсов, выполненной в виде закрытой гидрообъемной передачи с узлом подпитки, включающим в себя маломерный масляный бачок (для размещения излишков масла, поступающего в гидросистему от гидронасоса, а также для компенсации возможных утечек рабочей жидкости) и автоматически действующую клапанную систему регулирования потоков жидкости из плунжерного насоса в исполнительный гидроцилиндр, и после его заполнения - в масляный бачок при рабочем ходе плунжера и, наоборот, из исполнительного гидроцилиндра, а затем из масляного бачка - в бесштоковую полость плунжерного насоса при его холостом ходе.

К числу недостатков прототипа относятся:

1. Наличие в качестве задающего звена эксцентрика, при использовании которого создаются условия вибрационного резания с симметричным циклом колебаний инструмента, т.е. резания с равными временными периодами врезания и отвода инструмента в его колебательном движении. Это приводит к периодическому увеличению толщины среза вплоть до двойной величины по сравнению с обычным точением, что является причиной существенного ухудшения качества обработки и возрастания сил сопротивления резанию.

2. Стационарная установка гидравлического насоса в положении, обеспечивающем закачку в гидросистему устройства при каждом рабочем ходе плунжера гидронасоса максимального объема рабочей жидкости, рас считанного исходя из максимально необходимой амплитуды колебаний при грубом обдирочном точении с большими подачами. В подавляющем же большинстве случаев обработки (при черновом, а тем более получистовом и чистовом точении) используются меньшие подачи, а, следовательно, необходимы меньшие амплитуды колебаний инструмента. Ограничение размаха колебаний инструмента в устройстве прототипа выполняется за счет уменьшения зазора 5 в винтовом приводе верхней каретки суппорта. Однако при этом объем масла, закачиваемого в гидросистему, а, следовательно, и скоростные характеристики перемещения как плунжера гидронасоса, так и исполнительного гидроцилиндра не изменяются, т.е. остаются такими же, как и при максимальном размахе инструмента. Поэтому чем меньше амплитуда колебаний по сравнению с максимальной, тем за пропорционально меньшую часть периода врезания, обес-

печиваемого эксцентриком, она достигается, после чего до конца указанного периода имеет место первый в цикле колебаний теоретически незапланированный выстой инструмента, т.е. отсутствие его перемещения относительно движущегося с рабочей подачей суппорта станка. В момент выстоя продолжающий поступать в гидросистему из гидронасоса излишний объем масла переливается через перепускной клапан в масляный бачок. Соответственно амплитуда обратного хода инструмента, совершаемого под действием возвратной пружины исполнительного гидроцилиндра, также обеспечивается в течение части периода отвода, после чего (до конца указанного периода) имеет место второй незапланированный выстой инструмента. В этот промежуток времени происходит окончательное наполнение маслом рабочей полости гидронасоса, недостающий объем которого засасывается туда из масляного бачка через второй перепускной клапан узла подпитки. Указанные промежутки движения и выстоя инструмента повторяются в каждом цикле колебаний, в связи с чем реальная траектория движения режущего инструмента существенно отличается от теоретически заданной профилем кулачка. Это ограничивает возможности эффективного использования методов кинематического стружкодробления, так как при наличии периодов выстоя в цикле колебаний инструмента толщина среза увеличивается вдвое даже в случаях, если профилем кулачка задается цикл негармонических колебаний, теоретически обеспечивающий меньшую, чем при гармонических колебаниях толщину среза.

3. Отсутствие в устройстве лимбов или других указателей о величине устанавливаемой амплитуды колебаний, в связи с чем нужна амплитуда для конкретной подачи устанавливается "на глаз" путем ряда пробных перестановок величины зазора δ в винтовом приводе верхней каретки суппорта до достижения факта дробления стружки. При этом величина амплитуды может оказаться завышенной, что приводит к ухудшению качества вибрационной обработки.

4. Необходимость регулирования потоков жидкости в связи с периодически возникающими ее излишками в гидросистеме, направляемыми с помощью автоматически действующего клапанного блока из гидросистемы в масляный бачок и из бачка в гидросистему соответственно при рабочем и холостом ходах плунжера гидронасоса. Частота срабатываний клапанов в минуту $f_{кл}$ равна частоте циклов колебаний инструмента $f = i \cdot n_{шп}$, где i - среднее передаточное отношение фрикционной пары "шейка шпинделя-кулачок", всегда большее единицы. В связи с этим частота срабатываний клапанов в минуту всегда больше установленной частоты вращения шпинделя $n_{шп}$, т.е. является числом, исчисляемым в сотнях и даже тысячах. За рабочую смену число срабатываний клапанов составит сотни тысяч. При такой высокой частоте срабатываний происходит быстрое истощение работоспособности регулирующих клапанов, что приводит к необходимости их частой замены и снижению в целом надежности устройства.

Задача изобретения - расширение технологических возможностей и повышение надежности работы устройства при одновременном улучшении качества вибрационной обработки и снижении сил сопротивления резанию.

Поставленная задача решается тем, что устройство для дробления сливной стружки при обработке на токарном станке заготовки из вязкого металла или сплава, содержащее опорную стойку, на которой установлен гидравлический насос, включающий корпус и подпружиненный плунжер со сферическим торцом, и задающий узел, включающий кулачок, установленный с возможностью контактирования с шейкой шпинделя токарного станка на рычаге, опорный конец которого связан с приводом включения, а нажимной конец установлен с возможностью опирания на сферический торец плунжера, содержит мерную линейку, закрепленную на опорной стойке, и указатель, при этом гидравлический насос установлен на опорной стойке с возможностью перемещения вдоль рычага и мерной линейки, а указатель связан с корпусом гидравлического насоса для определения его местоположения относительно рычага, которое определяет объем масла, обеспечивающий

необходимую амплитуду колебаний режущего инструмента токарного станка; кулачок выполнен с рабочим профилем, включающим сопряженные между собой восходящую и ниспадающую ветви двух спиралей Архимеда, отношение центральных углов которых равно отношению периодов врезания в заготовку и отвода от заготовки режущего инструмента токарного станка для обеспечения негармонических колебаний режущего инструмента токарного станка.

Более подробно суть предлагаемого устройства представлена на фигурах, на которых изображены: фиг. 1 - кулачок задающего узла, фиг. 2 - теоретическая траектория движения инструмента, заданная кулачком, фиг. 3 - реальная траектория инструмента при регулировании амплитуды его колебаний путем ограничения хода верхней каретки суппорта станка и фиг. 4 - схема предлагаемого в качестве изобретения устройства.

Как уже указывалось, при использовании в качестве задающего кулачка эксцентрика создаются условия вибрационного резания с симметричным циклом, при котором ввиду периодического увеличения толщины среза вдвое по сравнению с обычным резанием происходит существенное ухудшение качества обработки при одновременном увеличении энергозатрат на осуществление процесса резания. В предлагаемом устройстве с целью создания негармонических колебаний режущего инструмента с линейными законами его внутрициклового перемещения кулачок (фиг. 1) выполнен в виде сопряженных ветвей двух спиралей Архимеда: возрастающей с углом θ_a и ниспадающей с углом θ_b , угловое соотношение между которыми устанавливается равным принятому в цикле негармонических колебаний отношению периода врезания к периоду отвода, причем $\theta_a + \theta_b = 360^\circ$. Если периоды врезания и отвода выразить в долях оборота заготовки, то

$$\frac{\theta_a}{\theta_b} = \frac{a}{b},$$

где a и b - доли оборота заготовки, приходящиеся на периоды врезания и отвода режущего инструмента в его негармонических колебаниях. Средний рабочий радиус кулачка r_{cp} определяется исходя из передаточного отношения $i_{шк} = \frac{R_{ш}}{r_{cp}}$ фрикционной пары, которую

образуют шейка шпинделя с радиусом $R_{ш}$ и кулачок со средним рабочим радиусом r_{cp} . Поскольку $i_{шк}$ определяет расчетную частоту f колебаний инструмента за один оборот заготовки, т.е. $i_{шк} = f$, то можно записать, что $r_{cp} = \frac{R_{ш}}{f}$. В свою очередь частота указанных расчетных колебаний принимается равной

$$f = \frac{z(a+b)+b}{a+b} = z + \frac{b}{a+b},$$

где z - число полных колебаний за один оборот заготовки. Параметры a , b и z относятся к числу исходных. При известном среднем рабочем радиусе кулачка r_{cp} максимальный r_{max} и минимальный r_{min} его радиусы определяются по формулам

$$r_{max} = r_{cp} + \frac{h_k}{2},$$

$$r_{min} = r_{cp} - \frac{h_k}{2},$$

где h_k - расчетный ход кулачка. Величина хода кулачка рассчитывается исходя из величины максимальной амплитуды колебаний инструмента A_{max} по формуле

$$h_k = 2A_{max} \frac{D_{ц}^2}{d_y^2 i_{1max} i_2},$$

где A_{max} - величина максимально возможной амплитуды колебаний резца, принятая с учетом возможных утечек и упругих деформаций гибких трубопроводов системы передачи

импульсов, d_n и $D_{ц}$ - соответственно диаметры плунжера гидравлического насоса и гидроцилиндра исполнительного механизма, i_{1max} - максимальная величина передаточного отношения рычажной передачи в задающем узле, а i_2 - передаточное отношение рычажной передачи в исполнительном механизме.

При реализации с помощью такого кулачка негармонических колебаний режущего инструмента (фиг. 2) теоретически должно быть обеспечено уменьшение максимального переменного расстояния Δ_{max} между траекториями движения режущего инструмента на двух последовательных оборотах заготовки, а значит уменьшение максимальной толщины среза и общих энергозатрат на осуществление процесса резания по сравнению с вибрационным резанием с симметричным циклом колебаний. В соответствии с формулой

$$\Delta_{max} = S_o \left(1 + c \frac{k}{d}\right) \quad (1)$$

этот эффект будет тем ощутимее, чем меньше будет отношение $\frac{k}{d}$, т.е. отношение короткого плеча k в цикле колебаний к более длинному d . В формуле (1) параметр c - это коэффициент увеличения амплитуды колебаний A сверх ее минимального теоретического значения $A_{min} = 0,5S_o$ в пределах $c = 1,1 \dots 1,3$, вводимый с целью гарантированного перерезания стружки и, следовательно, повышения эффективности кинематического стружкодробления. Если отношение $\frac{k}{d}$ принять в соответствии с фиг. 1, т.е. равным $\frac{90^\circ}{270^\circ} = \frac{1}{3}$, а коэффициент c принять равным его среднему значению $c = 1,2$, то тогда $\Delta_{max} = S_o \left(1 + 1,2 \cdot \frac{1}{3}\right) = 1,4S_o$, что существенно (примерно на 30 %) меньше величины $\Delta_{max} = 2S_o$ при симметричных (гармонических) колебаниях. Положительный эффект будет еще выше, если отношение - принять равным $\frac{1}{4}$.

При работе на токарном оборудовании, особенно универсальном, применяется широкий спектр подач, что зависит от вида обработки - обдирочное, черновое, получистовое или чистовое точение. Соответственно при точении со стружкодроблением необходим и широкий спектр амплитуд колебаний, потому что $A = c \frac{S_o}{2}$ $A = \frac{c \cdot S_o}{2}$.

В устройстве для дробления стружки по прототипу проблема получения заданной амплитуды колебаний инструмента решалась, как указывалось ранее, путем закачки гидронасосом в гидросистему максимального объема рабочей жидкости, рассчитанного из условий получения максимальной амплитуды инструмента, необходимой при грубом обдирочном точении с последующим ее уменьшением в зависимости от вида токарной операции путем ограничения хода исполнительного звена (уменьшения зазора δ в винтовом приводе ручной подачи верхних салазок суппорта). Однако при таком способе регулирования амплитуды колебаний резцедержавки объем масла, закачиваемого в гидросистему устройства при рабочем ходе гидронасоса a , следовательно, и скоростные характеристики движения подвижного звена гидродвигателя исполнительного механизма остаются неизменными, т.е. максимальными. В связи с этим уменьшенная амплитуда колебаний инструмента обеспечивается не в течение всего периода врезания (фиг. 3), который задается возрастающей спиралью Архимеда кулачка углом θ_a , а в течение части периода (участок 1-2), а затем на участке 2-3, т.е. до конца периода врезания следует первый незапланированный выстой в колебательном движении инструмента, во время которого он движется со скоростью подачи суппорта станка. На этом участке цикла излишний объем рабочей жидкости, закачиваемый гидронасосом в систему устройства, направляется через клапанный блок в масляный бачок. Отвод гидродвигателя исполнительного механизма под дей-

ствием возвратной пружины также совершается в течение части периода отвода инструмента (участок 3-4), после чего до его окончания (участок 4-5) имеет место второй незапланированный выстой в колебательном движении инструмента, когда он движется со скоростью рабочей подачи суппорта станка. На этом этапе цикла масло из масляного бачка подсасывается в бесштоковую полость гидронасоса задающего узла до полного ее заполнения. Прерывистый характер колебательного движения инструмента повторяется в последующих циклах, в связи с чем реальная траектория движения инструмента (фиг. 3) существенно отличается от теоретической (фиг. 2), задаваемой профилем кулачка. Как это следует из фиг. 3, при наличии внутрицикловых выстоев максимальное расстояние Δ_{\max} между траекториями движения инструмента на соседних оборотах заготовки увеличивается вплоть до $\Delta_{\max} = 2S_0$ (как при гармонических колебаниях резца), потому резание с использованием негармонических колебаний не дает преимуществ перед вибрационным резанием с симметричным циклом колебаний.

Чтобы исключить внутрицикловые выстой и практически обеспечить преимущества негармонических колебаний инструмента необходимо уменьшать скорости его врезания и отвода до уровня, при котором требуемая величина амплитуды колебаний будет достигаться не внутри, т.е. досрочно, а в конце соответствующих периодов цикла колебаний, т.е. в соответствии с законом, заданным профилем кулачка. Для этого необходимо, чтобы объем масла, закачиваемого в гидросистему в течение одного рабочего хода гидронасоса, соответствовал заданной амплитуде колебаний инструмента.

На схеме устройства (фиг. 4) показано, что для решения этой задачи задающий узел выполнен в виде непосредственно контактирующего с шейкой шпинделя 1 токарного станка кулачка 2, подвижно установленного на рычаге 3, опорный конец которого шарнирно связан со звеном включения механизма, выполненного в виде двухпозиционного диска 4, а свободный (нажимной) конец рычага 3 опирается на сферическую поверхность торца плунжера 5, поджимаемого пружиной 6. При этом корпус гидравлического насоса 7, снабженный указателем 8, установлен на опорной стойке 9 с возможностью перемещения его, например, с помощью винтового механизма 10 вдоль рычага 3 и закрепленной на стойке мерной линейки 11 с делениями в размерности оборотной подачи S_0 . Указатель 8 гидронасоса 7 показывает его местоположение относительно рычага 3, соответствующее заданной оборотной подаче S_0 . Устройство оснащено предохранительным клапаным блоком 12 с масляным бачком 13.

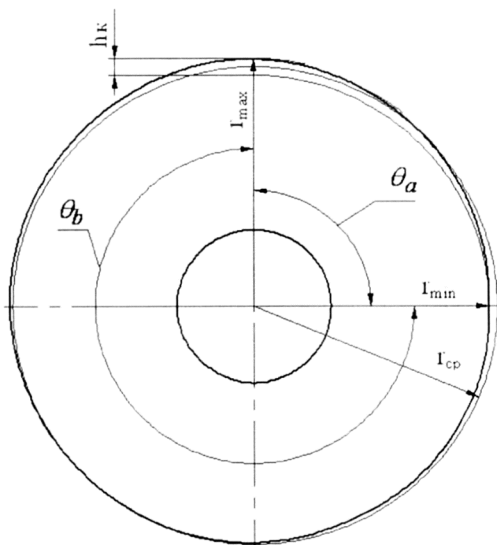
Подготовка устройства к работе выполняется следующим образом. После заливки рабочей жидкости в гидросистему клапаный блок 12 настраивается на максимально допустимое рабочее давление. Затем исходя из принятой для данных условий резания величины оборотной подачи S_0 вращением маховичка винтового механизма 10 устанавливается местоположение гидронасоса 7 на опорной стойке 9 относительно рычага 3. Таким образом задается объем масла, нагнетаемого в систему гидронасосом 7 за один рабочий ход плунжера 5, обеспечивающий необходимую амплитуду колебаний инструмента. Двухпозиционный диск 4 поворачивается в рабочее положение, т.е. положение резания со стружкодроблением, в результате чего кулачок 2 подводится к шейке шпинделя 1 образуя фрикционный механизм с силовым замыканием высшей пары с помощью пружины сжатия 6. Далее устройство работает следующим образом. При включении шпинделя токарного станка вращение кулачка 2 преобразуется в возвратно-качательное движение рычага 3, свободный (нажимной) конец которого воздействует на плунжер 5 гидравлического насоса 7, обеспечивая его возвратно-поступательные перемещения, причем рабочий ход плунжера 5 совершается под действием нажимного рычага 3, а обратный холостой ход - под действием возвратной пружины 6. При рабочем ходе плунжера 5 гидронасоса 7 масло поступает в рабочую полость гидроцилиндра исполнительного механизма (на схеме устройства не показан) обеспечивая в цикле колебаний инструмента движение его вперед, т.е. движение врезания в заготовку. При холостом ходе плунжера 5 гидронасоса 7 пор-

ВУ 20546 С1 2016.10.30

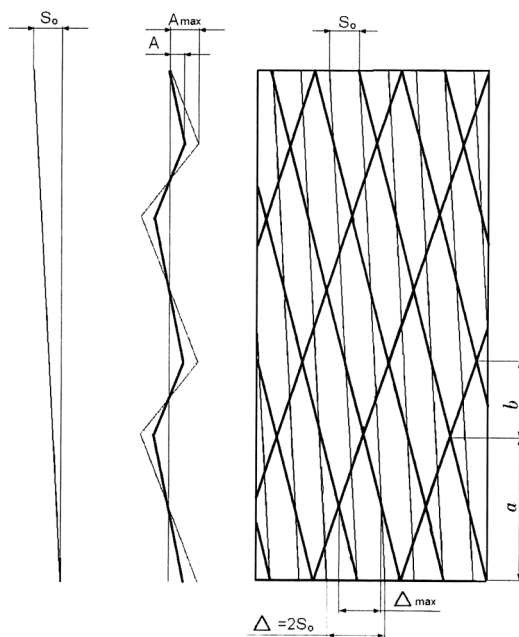
шень гидроцилиндра исполнительного механизма под действием своей возвратной пружины возвращается в исходное положение, обеспечивая обратное движение инструмента. При этом масло из исполнительного гидроцилиндра по трубопроводной системе передачи импульсов выталкивается в подплунжерное пространство гидронасоса 7. При последующих возвратно-поступательных движениях плунжера 5 гидронасоса 7 указанное чередование прямых и обратных ходов поршня исполнительного гидроцилиндра и связанного с ним исполнительного звена, несущего резцедержавку с резцами повторяется, обеспечивая резание с заданной амплитудой негармонических колебаний инструмента. При этом ввиду отсутствия в гидросистеме излишних объемов масла клапанный блок 12 с масляным бачком 13 не участвуют в работе, обеспечивая лишь предохранительные функции в случае аварийного повышения давления в гидросистеме сверх установленного при настройке значения. Устранение постоянных переключений регулировочных клапанов повышает их временную работоспособность, исключая необходимость их замены за все время эксплуатации устройства, что повышает надежность его работы.

Источники информации:

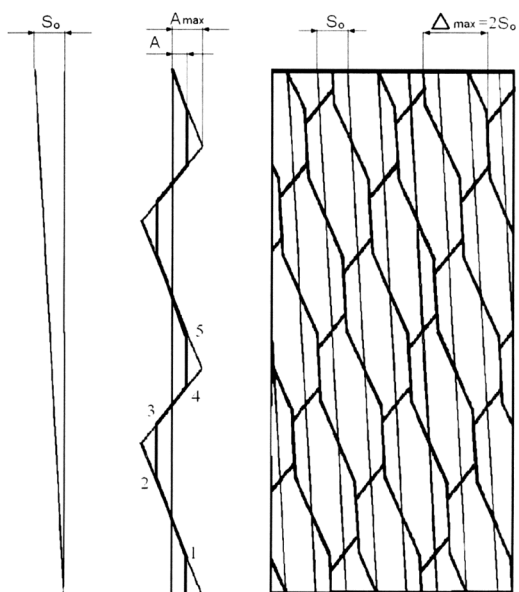
1. А.с. СССР 379322, МПК В 23В 25/02, 1973.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3