



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11)831255

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 26.07.79 (21) 2836460/22-02 (51) М. Кл.<sup>3</sup>

с присоединением заявки № -

В 21 В 37/08

(23) Приоритет -

Опубликовано 23.05.81. Бюллетень № 19

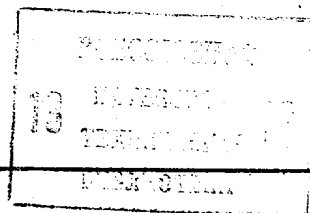
(53) УДК 621.774.  
.352 (088.8)

Дата опубликования описания 23.05.81

(72) Авторы  
изобретения

В.А.Ивоботенко и А.Н.Плахов

(71) Заявитель



(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕЙ  
ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ ТРУБ

1

Изобретение относится к продольной непрерывной прокатке труб без оправки на трубосварочных агрегатах с редуционными станами и преимущественно, к контролирующим устройствам этих станов.

Известны устройства для косвенного определения средней толщины стенки прокатываемых труб на основании замеров толщины заготовки и вытяжки трубы в стане [1].

Недостатком известных устройств является то, что они не учитывают динамики распределенного по длине трубы воздействия клетей стана, число которых весьма значительно.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является устройство, содержащее датчики перемещения заготовки и готовой трубы, блок определения вытяжки трубы в стане, измеритель толщины заготовки, блок запаздывания, задатчики ширины заготовки и среднего диаметра готовой трубы и два вычислительных блока. Первый вычислительный блок определяет значение толщины стенки готовой трубы на выходе редуционного стана, так как информация о толщине заготовки на вход этого вычислительного бло-

2

ка поступает с блока запаздывания в момент нахождения измеренного сечения заготовки на выходе редуционного стана. Этот вычислительный блок используется для целей измерения. Второй вычислительный блок используется для целей регулирования и определяет ожидаемое значение средней толщины стенки, так как информация о толщине заготовки на вход этого вычислительного блока поступает с другого выхода блока запаздывания с упреждением относительно момента выхода за меренного сечения заготовки из стана.

Регулирование толщины стенки труб в редуционных станах осуществляется одновременным изменением скоростей валков всех рабочих клетей редуционного стана. Качественного регулирования толщины стенки готовой трубы можно добиться подбором для каждого конкретного типоразмера труб величины упреждения при определении известным устройством ожидаемого значения толщины стенки труб [2].

Недостатком известного устройства является то, что значение толщины стенки готовой трубы, вычисленное первым вычислительным блоком во вре-

5

10

15

20

25

30

мя переходного процесса в стане, когда регулятором осуществляется отработка сигналов рассогласования вызванных изменениями толщины штрипсовой заготовки, отличается от фактической толщины стенки готовых труб. Это различие между фактическим и вычислительным устройством значениями толщины стенки готовой трубы объясняется следующим. При появлении сигнала рассогласования регулятор осуществляет согласованное изменение скоростей вращения валков всех рабочих клетей стана. При этом переходные процессы в приводах каждой клетки начинаются одновременно (и одновременно заканчиваются), и измеренная первым вычислительным блоком устройства величина толщины стенки готовой трубы с момента начала переходного процесса начинает изменяться обратно пропорционально изменению суммарной вытяжки трубы в стане. В связи с тем, что вытяжка распределена по рабочим клетям стана, а сами клетки удалены от выхода стана на различные расстояния, суммарный результат изменения вытяжки трубы во всех клетях на готовой трубе скажется только тогда, когда сечение проката, находившееся в момент начала регулирования в валках первой клетки, дойдет до выхода редуционного стана. В результате ошибка в определении устройством фактической толщины стенки готовой трубы зависит от компоновки конкретного стана (величины межклетевых расстояний и числа клетей), технологии прокатки данного типоразмера труб и выбранных значений упреждения и постоянной времени регулирования. При прочих равных условиях величина этой ошибки тем больше, чем больше темп и величина изменения толщины заготовки, следовательно, ошибка принимает наибольшее значения при прохождении через стан стыков рулонов штрипсовой заготовки.

Цель изобретения - повышение точности измерения устройством толщины стенки готовых труб в переходных процессах.

Поставленная цель достигается тем, что устройство, содержащее блок запаздывания, измеритель толщины заготовки и датчик перемещения заготовки, подключенные к входам блока запаздывания, датчик перемещения готовой трубы и блок определения вытяжки, подключенный к выходу датчика перемещения заготовки и к выходу датчика перемещения готовой трубы, задатчик ширины заготовки и задатчик среднего между наружным и внутренним диаметра готовой трубы, первый вычислительный блок, входы которого подключены к первому выходу блока запаздывания и к выходам упомянутых задатчиков ширины заго-

товки и среднего между наружным и внутренним диаметра готовой трубы, второй вычислительный блок, входы которого подключены ко второму выходу блока запаздывания и к выходам блока определения вытяжки и задатчиков ширины заготовки и среднего между наружным и внутренним диаметра готовой трубы, снабжено вторым блоком запаздывания, первый вход которого соединен с выходом блока определения вытяжки и второй вход соединен с выходом датчика перемещения готовой трубы, а выход соединен со вторым входом первого вычислительного блока.

На фиг.1 приведена блок-схема предлагаемого устройства; на фиг.2-4 - графики, иллюстрирующие работу предлагаемого устройства.

Устройство содержит (фиг.1) измеритель 1 толщины непрерывной штрипсовой заготовки 2, прокатываемой в формовочно-сварочном 3 и редуционном 4 станах в готовую трубу 5, толщина стенки которой регулируется изменением натяжения трубы в редуционном стане или на межстановой 6, датчик 7 перемещения заготовки и датчик 8 перемещения готовой трубы, блок 9 определения вытяжки, первый блок 10 запаздывания, второй блок 11 запаздывания, задатчик 12 ширины заготовки, задатчик 13 среднего между наружным и внутренним диаметра готовой трубы, первый и второй вычислительные блоки 14 и 15. Выходы вычислительных блоков являются выходами устройства: выход первого вычислительного блока 14 используется для целей измерения, выход второго вычислительного блока 15 - для целей регулирования толщины стенки готовой трубы.

Устройство работает следующим образом.

Информация о толщине заготовки 2 с измерителя 1 вводится в блок 10 запаздывания и продвигается в нем от входа к выходу с помощью сигналов датчика 7 перемещения заготовки синхронно с перемещением по агрегату измеренного участка заготовки. На вход первого выходного вычислительного блока 14 эта информация поступает в момент нахождения замеренного сечения на выходе редуционного стана 4. На вход второго выходного вычислительного блока 15 эта информация поступает с упреждением, т.е. раньше, чем в момент нахождения измеренного сечения заготовки в районе участка регулирования натяжения. С помощью датчиков 7 и 8 перемещения заготовки и готовой трубы и блока 9 определяется суммарная вытяжка трубы в формовочно-сварочном 3 и редуционном 4 станах. Суммарная вытяжка определяется как отношение перемещений

готовой трубы 5 и заготовки 2, измеренных за один и тот же интервал времени. Информация о текущем значении вытяжки непрерывно вводится в выходной вычислительный блок 15 и во второй блок 11 запаздывания. Введенное на вход блока 11 запаздывания значения суммарной вытяжки трубы в стане относится к сечению проката, находящийся в данный момент в валках условной "эквивалентной клетки".

"Эквивалентной клетью" называется гипотетическая клеть, действие которой эквивалентно действию участка стана, на котором осуществляется регулирование натяжения трубы. Расположение "эквивалентной клетки" в линии проката таково, что кривые изменения толщины стенки готовой трубы в процессе регулирования последней только "эквивалентной клетью" или реальным станом - идентичны. Место нахождения "эквивалентной клетки" в линии проката при прокатке данного типоразмера труб в условиях конкретного агрегата может быть найдено расчетным путем или экспериментально.

Синхронно с перемещением по агрегату сечения проката от "эквивалентной клетки" до выхода стана информация о величине вытяжки продвигается в блок 11 запаздывания от его входа к выходу с помощью сигналов датчика 8 перемещения готовой трубы. На вход вычислительного блока 14, соединенного с выходом блока 11 запаздывания, эта информация поступает в момент нахождения упомянутого сечения проката на выходе редуционного стана 4.

Кроме информации о толщине заготовки и о величине суммарной вытяжки, на выходные вычислительные блоки 14 и 15 через задатчики 12 и 13 поступают постоянные для данных типоразмеров заготовки и трубы значения ширины штрипса и среднего между наружным и внутренним диаметра готовой трубы.

Выходной вычислительный блок 14 определяет фактическое значение толщины стенки готовой трубы 5, а выходной вычислительный блок 15 - ожидаемое значение толщины стенки трубы, которая может быть получена при текущем значении вытяжки из заготовки, находящейся в данный момент в районе участка регулирования натяжения. Использование нового элемента - второго блока запаздывания выгодно отличает предлагаемое устройство от известного, так как позволяет существенно уменьшить ошибку определения устройством толщины стенки готовой трубы в процессе ее автоматического регулирования. Преимущества предлагаемого устройства по сравнению с известным

могут быть проиллюстрированы графиками, приведенными на фиг. 2-4. При построении этих графиков принято, что в течение переходных процессов регулятор толщины стенки труб обеспечивает линейное во времени изменение скоростей приводов клетей, а, следовательно, и суммарной вытяжки трубы в стане. Если сигнал управления, обуславливающий уменьшение толщины стенки трубы, поступает на вход схемы регулирования в момент  $t_0$ , суммарная вытяжка трубы в стане линейно увеличивается от значения  $\lambda_1$  до значения  $\lambda_2$  (график 1 на фиг. 2) в течение всего переходного процесса в приводах клетей  $t_{прив} = t_3 - t_0$ , определяемого установленными параметрами регулятора.

При имеющихся место в процессе регулирования относительно небольших величинах изменения вытяжки  $\Delta \lambda / \lambda_2 - \lambda_1 \leq 0,15 \lambda_1$  практически линейно изменяется в этом интервале времени  $(t_0 - t_3)$  величина, обратная вытяжке, а, следовательно, и толщина стенки готовой трубы ( $S'$ ) (график 2 на фиг. 2), вычисляемая первым выходным вычислительным блоком известного устройства по формуле

$$S' = \frac{b \cdot h}{\pi (d - S_2)} \cdot \frac{1}{\lambda'}$$

где  $b$  и  $h$  - ширина и толщина штрипсовой заготовки;  
 $d$  и  $S_2$  - заданные программой прокатки наружный диаметр и толщина стенки готовой трубы.

В связи с распределением управляющего воздействия на все рабочие клетки стана, значение толщины стенки готовой трубы на выходе редуционного стана изменяется в соответствии с кривой (3) на фиг. 2. На этой кривой моменту  $t_0$  соответствует начало переходного процесса, моментам  $t_1$  и  $t_4$  - поступление на выход редуционного стана сечений проката в момент  $t_0$ , находившихся соответственно в валках последней и первой для прокатки труб данного типоразмера рабочих клетей, а моментам  $t_6$  и  $t_8$  - поступление на выход редуционного стана сечений проката, находившихся в момент окончания переходного процесса в приводах в валках соответственно последней и первой рабочих клетей стана.

С достаточной степенью точности кривая (3) может быть аппроксимирована ломанной (4), на которой моментам  $t_2$  и  $t_7$  соответствует поступление на выход редуционного стана сечения проката, находившегося в валках "эквивалентной клетки" соответственно в моменты начала  $t_0$  и окончания  $t_3$  переходного процесса в приводах.

График (4) является повторением графика (2), полученным смещением

последнего по оси абсцисс на время  $(t_2 - t_0)$  транспортировки проката от "эквивалентной клетки" до выхода редуционного стана.

При изменении скорости проката время  $(t_2 - t_0)$  меняется, но путь, пройденный готовой трубой данного типоразмера за это время, остается неизменным.

Для контроля (отсчета) этого пути в предлагаемом устройстве используется датчик перемещения готовой трубы, с помощью которого осуществляется передвижение информации о вытяжке во втором блоке запаздывания. Следовательно, график (4) на фиг. 2 является графиком изменения толщины стенки готовой трубы, определенной первым вычислительным блоком предлагаемого устройства. Как видно из приведенных графиков, ошибка измерения фактического значения толщины стенки готовой трубы предлагаемым устройством существенно меньше, чем в известном. Для случая, приведенного на фиг. 2 и соответствующего изменению уставки регулятора, характер изменения фактической (график 3), и вычисленных известным (график 2) и предлагаемым (график 4) устройствами толщин стенок готовой трубы практически одинаков. Иначе обстоит дело при стабилизации толщины стенки, т.е. при автоматическом регулировании с неизменной уставкой. Пусть сигнал рассогласования обусловлен, например, скачкообразным изменением толщины заготовки на стыке двух соседних рулонов штрипса. На фиг. 3 приведены график (1) изменения толщины заготовки, из которой прокатывается труба, находящаяся на выходе стана, графики (2) и (3') - фактической толщины стенки готовых труб на выходе стана, прокатываемых с автоматическим регулированием и графики (4) и (5) - толщины стенки готовых труб на выходе стана, вычисленной известным устройством.

Графики (2) и (4) построены для случая, когда ожидаемое значение толщины стенки трубы в известном устройстве вычисляется без упреждения ( $t_{упр} = 0$ ), т.е. в момент подхода измеренного сечения заготовки к выходу редуционного стана, а графики (3) и (5) - для случая, когда упреждение выбрано равным  $t_{упр} = t_0 - t_0' = t_2 - t_0$ .

Как видно из этих графиков, правильный выбор упреждения позволяет вдвое уменьшить максимальные отклонения фактической толщины стенки трубы от заданного уставкой регулятора значения  $(S_1)$  при прохождении через стан стыка двух соседних рулонов заготовки

$$(S_2' - S_1) = (S_3 - S_1) = \frac{(S_2 - S_1)}{2}$$

Однако вычисленное для этого случая известным устройством, максимальное отклонение толщины стенки готовой трубы (график 5 на фиг. 3) от заданного уставкой регулятора значения по модулю оказывается вдвое больше фактических

$$(S_3 - S_1) = 2(S_2' - S_1) = 2(S_2 - S_1)$$

Разность ординат графиков (5) и (3) на фиг. 3 представляет собой ошибку измерения известным устройством толщины стенки готовой трубы. Для большей наглядности на фиг. 4 приведены графики изменения вычисленной предлагаемым устройством (1), фактической - (2) и вычисленной известным устройством - (3) толщины стенки готовой трубы на выходе стана при прохождении через него стыка двух соседних рулонов заготовки.

Приведенные графики показывают, что предлагаемое устройство позволяет существенно уменьшить ошибку измерения фактической толщины готовой трубы в периоды регулирования (практически регулирование происходит непрерывно).

Если информация о толщине стенки готовых труб, получаемая с выхода первого вычислительного блока известного устройства, будет использоваться для выбора и коррекции уставок регулирования, то отмеченная ошибка измерения при прокатке на минусовых допусках обусловит необходимость завышать уставку регулирования на время переходного процесса при прохождении через стан зоны сварного стыка двух соседних рулонов заготовки ( $t_0 = t_0'$ ). Предлагаемое устройство позволяет избежать этого, и тем самым снизить среднюю толщину стенки труб относительно уровня, обеспечиваемого известным, ориентировочно на 0,15%. В условиях современных высокопроизводительных агрегатов это дает технико-экономический эффект порядка 50 тыс. руб. в год на один агрегат.

Кроме того, предлагаемое устройство позволяет получать достоверную информацию о характере изменения фактической толщины стенки готовых труб, и может быть использовано в качестве датчика для учета количества и качества готовой продукции в автоматической системе управления производством (АСУП).

#### Формула изобретения

Устройство для определения средней толщины стенки труб, содержащее блок запаздывания, измеритель толщины заготовки и датчик перемещения заготовки, подключенные к входам блока запаздывания, датчик перемещения готовой трубы и блок определения вытяжки, подключенный к выходу датчика

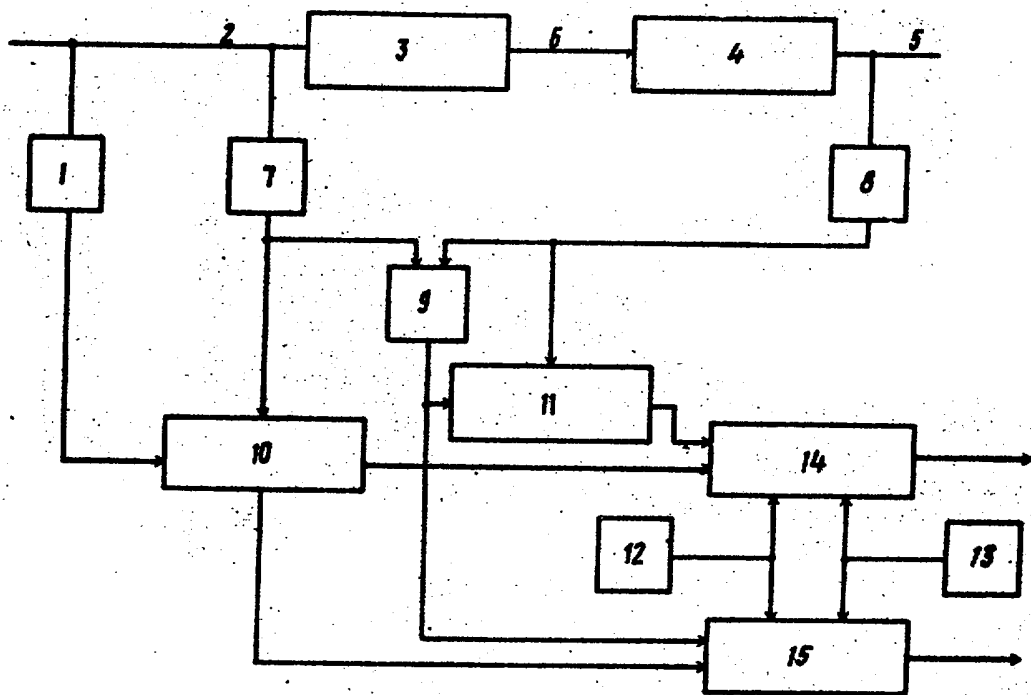
перемещения заготовки и к выходу датчика перемещения готовой трубы, задатчик ширины заготовки и задатчик среднего между наружным и внутренним диаметра готовой трубы, первый вычислительный блок, входы которого подключены к первому выходу блока запаздывания и к выходам задатчиков ширины заготовки и среднего между наружным и внутренним диаметра готовой трубы, второй вычислительный блок, входы которого подключены ко второму выходу блока запаздывания и к выходам блока определения вытяжки и задатчиков ширины заготовки и среднего между наружным и внутренним диаметра готовой трубы, отличающееся тем, что, с целью повышения точ-

ности измерения толщины, стенки готовых труб в переходных процессах, оно дополнительно содержит второй блок запаздывания, первый вход которого соединен с выходом блока определения вытяжки и второй вход соединен с выходом датчика перемещения готовой трубы, а выход соединен со вторым входом первого вычислительного блока.

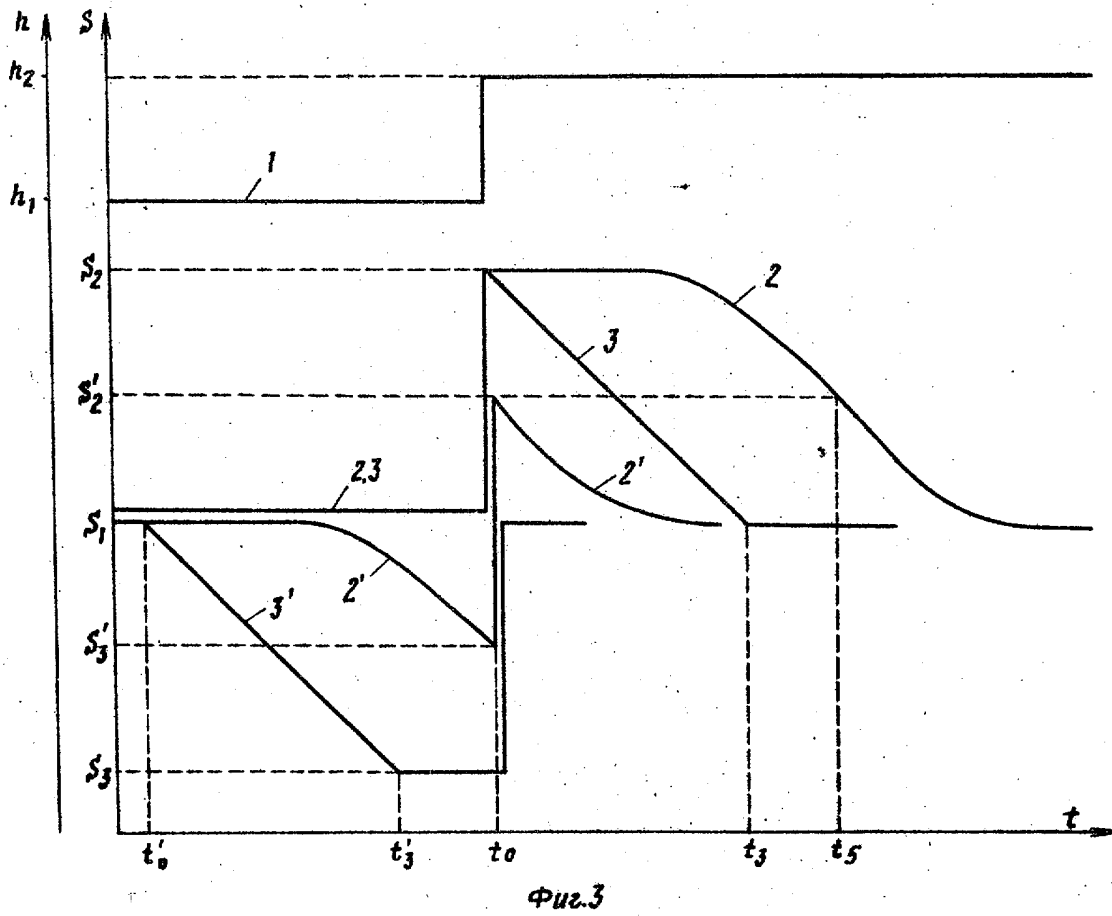
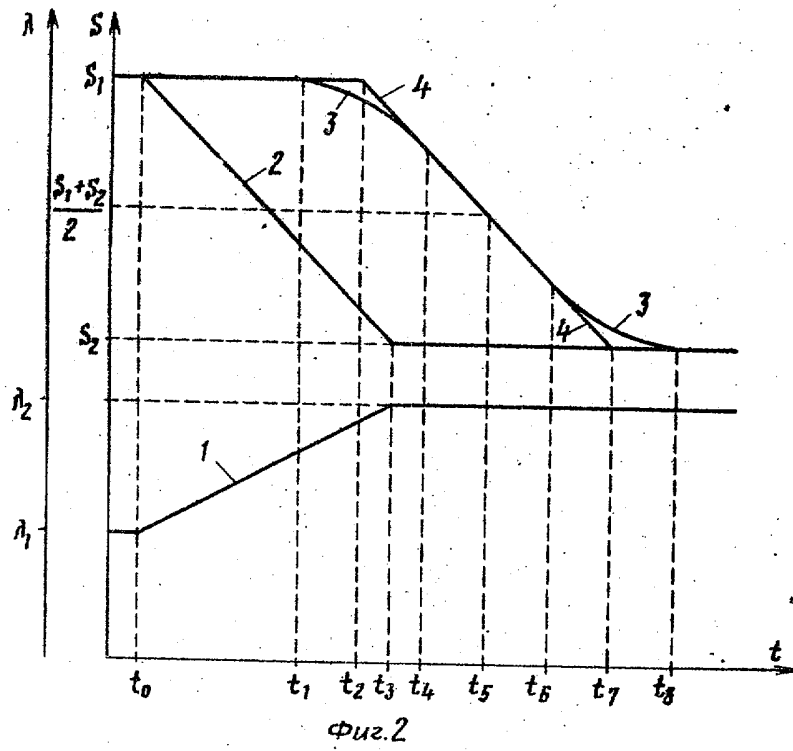
Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

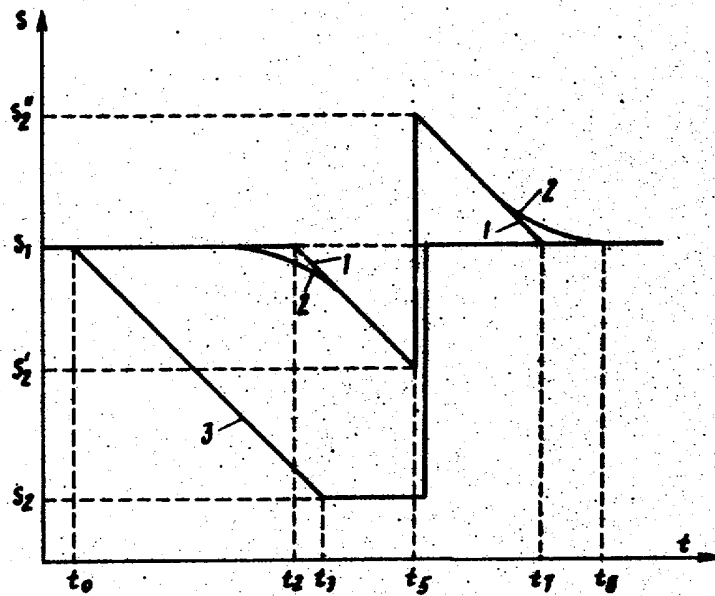
1. Патент Японии № 48-34875, кл. 12 С 234 I, 1977.

2. Авторское свидетельство СССР № 571696, кл. В 21 В 17/00, 1977.



Фиг. 1





Фиг. 4

Составитель А. Абросимов  
 Редактор Г. Волкова Техред М. Коштура Корректор Г. Решетник

Заказ 3462/49 Тираж 888 Подписное  
 ВНИПИ Государственного комитета СССР  
 по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4