



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО СССР
(ГОСПАТЕНТ СССР)

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4893595/27

(22) 10.10.90

(46) 23.02.93. Бюл. № 7

(71) Белорусский политехнический институт
(72) В.А. Гулецкий, А.М. Карвацкий и А.В. Ку-
сяк

(56) Авторское свидетельство СССР
№ 214287, кл. В 24 В 39/00, 1968.

Чистосердов П.С. Комбинированные
инструменты для отделочно-упрочняющей
обработки. Минск, Беларусь, 1977, с. 79-80,
рис. 36 "б".

(54) СПОСОБ КОМБИНИРОВАННОЙ ЧИ-
СТОВОЙ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ И ИНСТ-
РУМЕНТ ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Использование: обработка металлов
давлением, поверхностное упрочнение,
обработка малопластичных материалов.
Сущность изобретения: резание и поверх-
ностное пластическое деформирование осу-
ществляют инструментом, который
устанавливают под углом к оси обрабаты-
ваемой детали, которой сообщают вращение,
а инструменту — движение подачи. Перед
подрезанием инструмент устанавливают
под углом, по величине равным углу самопо-
дачи, но противоположным ему по знаку.
При обработке пластическим деформиро-
ванием инструмент устанавливают под углом
самоподачи. Величина подачи и угол φ на-

2

клона инструмента связаны между собой со-
отношением

$$\varphi_1 = \arccos \sqrt{1 - \frac{S_p^2}{b^2}}$$

где S_p — максимально допустимая величина
подачи при обработке резанием, мм; b —
расстояние между крайними точками кон-
такта инструмента и обрабатываемого
отверстия, мм. Инструмент для осуществ-
ления описанного способа содержит оп-
равку, сепаратор с деформирующими
ступенчатыми роликами; опорный элемент,
средство для подрезки припуска и регулиро-
вочный узел. Первая и вторая ступени ро-
ликов, расположенные со стороны,
противоположной хвостовику, выполнены в
виде прямого и обратных конусов, сопря-
женных большими основаниями. Средство
для подрезки припуска расположено в зоне
сопряжения и выполнено в виде режущей
кромки. На поверхности роликов за режу-
щей кромкой выполнен переходной пояска.
Узел регулировки имеет сменное упорное
кольцо и опорный элемент. Опорный эле-
мент выполнен конусным, из двух частей,
одна из которых установлена неподвижно,
а другая смонтирована с возможностью ре-
гулировочного осевого перемещения. Пред-
ложены варианты выполнения переходного
пояска. 2 с.п. ф-лы, 2 з.п. ф-лы. 11 ил.

Изобретение относится к обработке ме-
таллов давлением и может быть использова-
но для обработки поверхностей в деталях,
преимущественно, из малопластичных ма-
териалов многороликовым инструментом.

Цель изобретения — повышение произ-
водительности и качества обработки.

Способ осуществляется следующим об-
разом. Ступенчатому коническому ролику
при прямом ходе инструмента (фиг. 1,2) со-

общают движение подачи, а детали – вращательное движение. При входе ролика в отверстие за счет разности диаметра инструмента и диаметра отверстия ролики начинают вращаться вокруг своей оси. Так как ролики развернуты в направлении, противоположном углу самоподачи (фиг.2), то при вращении роликов за счет подачи инструмента происходит их перемещение в осевом направлении. Благодаря этому, а также наличию заостренной передней кромки "Б" перехода ступенек ролика и углу γ_1 происходит срезание или подрезание роликом верхней части поверхностного слоя отверстия. Угол γ_1 выбирается в пределах $50-70^\circ$, т.к. при малых углах γ_1 затруднен процесс резания, а при углах $\gamma_1 > 70-75^\circ$ ухудшаются условия обработки. Передняя кромка перехода ступенек ролика CD (фиг.3), срезая или подрезая поверхностный слой отверстия (фиг.4) перемещает его на линию (фиг.5). Предыдущий ролик сдвигает стружку кромкой с C'D' на линию m1n1, а последующий ролик кромкой C'D' сдвинет стружку на линию m2n2. Подача на ролик в зависимости от угла поворота ролика φ_1 выбрана такой, чтобы достигалось перекрытие каждым последующим роликом, (т.е. его режущей кромкой) следа от кромки предыдущего ролика для предотвращения попадания отделившейся стружки под ролик. Обработку указанным способом желательно вести с направленным потоком СОЖ, удаляющим стружку. После осуществления прямого хода инструмента и выхода ролика из отверстия, ролик разворачивается таким образом (фиг. 6,7), что вступает в работу задняя часть ролика. В результате поворота обеспечивается требуемый задний угол α_2 и натяг i . Меняется подача ролика на противоположную, происходит обратный ход инструмента. Во время обратного хода происходит ППД отверстия, т.к. кромка В ролика закруглена и ролик установлен под благоприятным для процесса ППД углом самоподачи. На фиг. 3 представлена схема обработки поверхности отверстия, по которой рассчитаем подачу на ролик для прямого хода инструмента. Порядок расчета следующий (формулы даются применительно к схеме обработки – "деталь вращается, инструмент совершает движение подачи, сепаратор с роликами является ведомым"):

а) выбираем (из экспериментальных или справочных данных) подачу на ролик S_p' или на оборот детали S' при обратном ходе инструмента. В случае использования значения S_p' переход к S осуществляем по следующей формуле:

$$S_p' = \frac{S'}{Z} \cdot \frac{2(D-d)}{(D-2d)} \quad \text{или}$$

$$S = \frac{S_p' \cdot Z \cdot (D-2d)}{2(D-d)}$$

где Z – количество роликов, D – диаметр отверстия; d – диаметр ролика.

б) определяем подачу на один оборот сепаратора при обратном ходе инструмента

$$S_c' = S_p' \cdot z$$

в) определяем угол φ при обратном ходе инструмента

$$S_c' = \pi D t g \varphi \quad \text{или} \quad \varphi = \arctg \frac{S_c'}{\pi D}$$

Если есть соответствующие данные по выбору угла самоподачи, φ , то можно обойтись без выполнения пунктов а), б), в).

г) переходим к расчету прямого хода инструмента с учетом того, что $|\varphi| = |\varphi_1|$ и определяем расстояние между точками С и D (см. фиг. 4 сечение В-В)

$$OK = \frac{d}{2} t$$

t – припуск на обработку

$$CD = 2 \cdot KD = 2 \cdot \sqrt{OD^2 - OK^2} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2} - t\right)^2}$$

После преобразований, обозначив расстояние между С и D буквой b , получим $b = CD = 2 \cdot \sqrt{t(d-t)}$

д) решаем систему уравнений с целью определения допустимой подачи на ролик при прямом ходе инструмента

$$x^2 + y^2 = b^2 \quad \text{– уравнение окружности}$$

$\frac{x}{S_p \cdot t g \theta} + \frac{y}{S_p} = 1$ – уравнение прямой, проходящей через точку С, где θ – угол наклона винтовой линии, образующейся при обработке отверстия.

$$\theta = \arctg \frac{\pi D}{S}$$

где D – диаметр отверстия; S – подача на оборот детали.

Из второго уравнения выражаем Y и подставляем в первое уравнение

$$Y = S_p - \frac{X}{t g \theta}$$

$$X^2 + \left(S_p - \frac{X}{\operatorname{tg} \theta} \right)^2 = b^2.$$

После раскрытия скобок получаем квадратное уравнение:

$$S_p^2 + S_p \left(-\frac{2X}{\operatorname{tg} \theta} \right) + \left(-\frac{X^2}{\operatorname{tg}^2 \theta} + X^2 - b^2 \right) = 0.$$

Его дискриминант

$$D = \left(\frac{2X}{\operatorname{tg} \theta} \right)^2 - 4 \left(-\frac{X^2}{\operatorname{tg}^2 \theta} + X^2 - b^2 \right)$$

Искомое значение S_p (нас интересует лишь положительное значение S_p):

$$S_p = \frac{\frac{2X}{\operatorname{tg} \theta} + \sqrt{D}}{2}$$

После упрощений получим

$$S_p = \frac{X}{\operatorname{tg} \theta} + \sqrt{b^2 - X^2}.$$

X (отрезок C_2D фиг.3) – координата точки C по оси X (другими словами это проекция кромки CD , повернутой на угол φ_1 на ось X).

Т.к. из фиг. 3 следует, что $\angle CDC_2 = \varphi_1$, то

$$\varphi_1 = \arccos \frac{C_2D}{CD} = \arccos \frac{X}{b} \text{ или}$$

$$X = b \cdot \cos \varphi_1.$$

Подставляя значение X в выражение продольно й подачи, получаем

$$S_p = b \left(\frac{\cos \varphi_1}{\operatorname{tg} \theta} + \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_1} \right).$$

Вышеприведенный расчет характерен для первого варианта, когда $|\varphi| = |\varphi_1|$. В случае же, когда φ_1 устанавливается независимо от φ , то порядок может быть несколько иным, а именно – вначале определяется необходимая подача S_p при прямом ходе, а уже по подаче определяется угол установки роликов при прямом ходе φ_1

$$\varphi_1 = \arccos \frac{S_p \operatorname{tg} \theta + \sqrt{b^2 - S_p^2}}{b \left(\frac{1}{\operatorname{tg}^2 \theta} + 1 \right)}$$

Т.к. при прямом ходе инструмента, вследствие малого угла разворота ролика и условия перекрытия следов ролика, используются небольшие продольные подачи, то угол стремится к 90° , а $\operatorname{tg} \theta$ – к бесконечности. Например, при подаче при прямого хода $S = 0,1$ мм/об и $D = 60$ мм, $\theta = \operatorname{arctg} \frac{\pi 60}{0,1} = 89,97^\circ$. Поэтому при делении на $\operatorname{tg} \theta$

получаются очень малые величины, которыми можно с достаточной для практических расчетов точностью пренебречь. В итоге получаем выражение:

$$S_p = b \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_1}.$$

Цель изобретения – расширение технологических возможностей за счет радиального и углового регулирования роликов, повышения качества и точности обработки и уменьшения габаритов за счет размещения средства для подрезки непосредственно на деформирующем ролике.

Предлагаемый инструмент поясняется графически фиг.8, где представлен общий вид инструмента. Инструмент состоит из установленной в инструментодержателе 1 оправки 2, на которой по резьбе установлена регулировочная втулка 3. Инструмент содержит конические ступенчатые ролики 4, установленные в сепараторе 5 и опирающиеся на опорный конус, состоящий из двух частей, одна из которых 6 неподвижна, а вторая 7 имеет возможность осевого перемещения благодаря тяге 8, которая связана со втулкой 9, на которой сидит часть 7 посредством штифта 10. Штифт 10 перемещается в пазу оправки 2. Для регулирования хода тяги 8 служат ограничители 11. От выпадания из пазов сепаратора 5 ролики 4 предохраняются крышкой 12. Передняя кромка перехода ступенек ролика выполнена заостренной. Раскатка работает следующим образом. С помощью регулировочной втулки 3 раскатка устанавливается на требуемый размер. Тяга 8 связана с приводным механизмом, например, с пневмо-(гидро)-цилиндром. Устанавливается необходимый задний угол α_1 и положение тяги фиксируется правым ограничителем 11. Ролик 4 расположен под углом φ_1 , противоположным по знаку углу самоподачи при прямом ходе инструмента, что обеспечивается тем, что пазы сепаратора 5 (фиг. 9) выполнены под требуемым углом. Детали сообщаются вращательное, а инструменту – движение подачи (рассчитанное по формулам). При входе инструмента в отверстие ролики 4 осуществляют срезание припуска, при этом осевая

сила воспринимается опорным кольцом 13, которое жестко связано с сепаратором 5 и упорным подшипником 14. После осуществления прямого хода и выхода роликов из отверстия, тяга 8 перемещается влево и ее штифт 15 упирается в левый ограничитель 11. За счет этого устанавливается требуемый задний угол α_2 , необходимый для осуществления процесса ППД задней частью ролика. Деталь продолжает вращаться в ту же сторону, а направление продольной подачи меняется на противоположное. При обратном ходе ролик уже под углом самоподачи осуществляет ППД стенок отверстия. В этом случае осевая сила воспринимается опорным кольцом 16, упорным подшипником 17 и прижимом 18, связанным резьбой с сепаратором 5. Необходимо отметить, что при обратном ходе инструмента возможен случай, когда заостренная кромка Б (фиг.9) после поворота ролика будет непосредственно контактировать с опорным конусом 6. Чтобы повысить стойкость как ролика, так и опорного конуса у передней кромки перехода ступенек ролика выполнен цилиндрический (конический) пояс 19. В этом случае при повороте ролика с конусом 6 будет контактировать не заостренная режущая кромка В, а место перехода пояска 19 и основного конуса ролика 4. Кроме того, при установке заднего угла ролика при обратном ходе инструмента, не всегда автоматически обеспечивается оптимальный натяг под ППД. Это приводит к снижению точности и качества обработки деталей. Чтобы устранить этот недостаток опорное кольцо 16 (фиг.8) выполнено с возможностью регулирования своего положения в осевом направлении (например, опорное кольцо 16 устанавливается для обратного хода за счет диска 20, который может быть сменным и разной толщины (комплект дисков). Устанавливая перед обработкой детали необходимый зазор между опорным кольцом 16 и торцом цапфы ролика 4, можно в каждом конкретном случае выбрать оптимальный натяг под обработку ППД при обратном ходе инструмента. При описании конструкции не были упомянуты следующие позиции: 21 крышка защитная, 22 – стопорное кольцо.

Пример. Обработку проводят на модернизированном токарно-винторезном станке ИК62. Данные заготовки: материал – СЧ18, внутренний диаметр 60 мм, длина 100 мм. Данные раскатки: материал роликов ШХ-15, количество роликов – 10, диаметр роликов – 9 мм, угол роликов – 60°.

передняя кромка перехода ступенек ролика выполнена заостренной.

Предварительная обработка – зенкерование ($H9, R_a=3,2$ мкм). Производство среднесерийное.

Сравниваем два варианта дальнейшей обработки отверстия: 1 вариант: развертывание (получаем $R_a = 0,8$ мкм). Неполное штучное время, учитывающего трудоемкость обработки

$$T_{нш1} = 5,5 \text{ мин} \cdot 0,8 = 4,4 \text{ мин.},$$

где 0,8 – поправочный коэффициент для чугуна.

Раскатывание (обычное, получаем $R_a=0,4-0,1$ мкм)

$$T_{нш2} = 6,5 \text{ мин} \cdot 0,8 = 5,2 \text{ мин}$$

Общее

$$T_{нш} (1 \text{ вариант}) = 4,4 + 5,2 = 9,6 \text{ мин.}$$

2 вариант: после зенкерования следует раскатывание предложенным способом с использованием прямого и обратного ходов (получаем $R_a=0,4-0,1$ мкм). Чтобы сравнить раскатывание по первому и второму вариантам, расчет обратного хода при раскатывании по 2 варианту будет вести с той же подачей, что и в 1 варианте, а именно $S' = 0,8$ мм/об. (7 с. 41). Расчет начинаем с установления величины самоподачи для обратного хода инструмента. Применительно к нашей схеме обработки (деталь вращается, инструмент перемещается вдоль оси детали, сепаратор является ведомым) вычисляем подачу на один оборот сепаратора

$$S_c' = S_p' \cdot z = S' \cdot \frac{(2D - d)}{(D - 2d)}$$

$$= 0,8 \cdot \frac{2(60 - 9)}{(60 - 18)} = 1,943 \text{ мм/об}$$

Определяем угол самоподачи φ

$$\varphi = \arctg \frac{S_c'}{\pi D} = \arctg \frac{1,943}{\pi \cdot 60} = 0,59^\circ$$

Переходим к расчету прямого хода инструмента $|\varphi_1| = |\varphi| = 0,59^\circ$. Принимая $2t=0,2$ мм считаем величину b

$$b = 2 \sqrt{t(d - t)} = 2 \sqrt{0,1(9 - 0,1)} = 1,8867962$$

Вычисляем допустимую подачу

$$S_p = b \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_1} = 1,8867962 \cdot$$

$$\cdot \sqrt{1 - \cos^2(0,59^\circ)} \approx 0,02 \text{ мм/об.}$$

Подача на оборот детали

$$S = \frac{S_p \cdot Z \cdot (D - 2d)}{2(D - d)} =$$

$$= \frac{0,02 \cdot 10(60 - 18)}{2(60 - 9)} \approx 0,08 \text{ мм/об.}$$

Если подсчитать основные технологическое время для прямого хода, то оно будет следующим

$$t_0 = \frac{L + (l_1 + l_2)}{S \cdot n} \quad (7)$$

Взяв $(l_1 + l_2)$ равны 15 мм, а $n=500$ об/мин, получаем

$$t_0 = \frac{100 + 15}{0,08 \cdot 500} \approx 2,9 \text{ мин.}$$

Сравним первый и второй варианты обработки отверстия: раскатывание по первому варианту сравнимо по режимам обработки с обратным ходом предлагаемого способа (второй вариант). Увеличение неполного штучного времени для раскатывания по второму варианту по сравнению с раскатыванием по первому варианту произойдет за счет прямого хода (резания), причем на величину основного технологического времени, т.к. время на установку инструмента и другое вспомогательное время уже учтены. Поэтому общее $T_{нш}$ (2 вариант) $= 5,2 + 2,9 = 8,1$ мин. Таким образом, за счет исключения дополнительной обработки отверстия другим инструментом в данном случае — развертывания) повышается производительность обработки, выраженная в уменьшении трудоемкости

$$T_{нш} (2 \text{ вариант}) < T_{нш} (1 \text{ вариант}).$$

Формула изобретения

Способ комбинированной чистовой обработки отверстий, заключающийся в последовательном подрезании припуска и поверхностном пластическом деформировании, при котором инструмент устанавливают под углом к оси обрабатываемой детали, которой сообщают вращательное движение, а инструменту — движение подачи, отличающийся тем, что, с целью повышения производительности и качества обработки преимущественно при обработке малопластичных материалов, перед подрезанием инструмент устанавливают под углом, по величине равным углу самоподдачи, но противоположным ему по знаку, а при обработке пластическим деформированием инструмент устанавливают под углом самоподдачи, изменяют направление подачи ин-

Здесь необходимо отметить, что приведенный пример дает практически максимальное время обработки для прямого хода инструмента, т.к. угол φ_1 близок к своему минимальному значению $0,59^\circ$ — это $0^\circ 35'$. В случае же применения более высокого значения φ_1 подача возрастает и время обработки уменьшится. Кроме того, т.к. при прямом ходе инструмента производится частичное ППД стенок отверстия, то для обратного хода можно несколько увеличить режимы обработки по сравнению со справочными. Это тоже сократит время на обработку и еще более повысит производительность предлагаемым способом. В приведенном примере используется исходная шероховатость $R_a=3,2$ мкм. Предлагаемый способ позволяет обрабатывать поверхности и с более грубой исходной шероховатостью, например, при исходной $R_a=8$ мкм обработки предложенным способом достигается шероховатость $R_a=0,45-0,65$ мкм. Традиционный способ обработки отверстий раскатками не позволяет получить такой параметр шероховатости поверхности без дополнительной обработки другим инструментом при исходном $R_a=8$ мкм, т.к. пластические возможности чугуна ограничены. Таким образом, с помощью заявленных объектов можно сократить затраты на подготовку исходной поверхности перед раскатыванием, т.е. осуществить одним инструментом черновую и чистовую обработку поверхности детали, что повышает производительность обработки.

струмента на противоположное, при этом величина подачи и угол наклона инструмента φ_1 связаны между собой следующим соотношением:

$$\varphi_1 = \arccos \sqrt{1 - \frac{S_p^2}{b^2}}$$

где S_p — максимально допустимая величина подачи на инструмент при обработке резанием, мм;

b — расстояние между крайними точками контакта инструмента и обрабатываемого отверстия, мм.

2. Инструмент для комбинированной чистовой обработки отверстий, содержащий оправку, размещенные на оправке сепаратор с деформирующими ступенчатыми роликами, опорный элемент, средство для подрезки припуска и регулировочный узел,

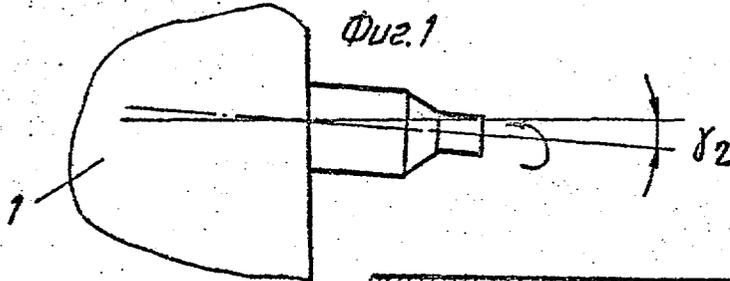
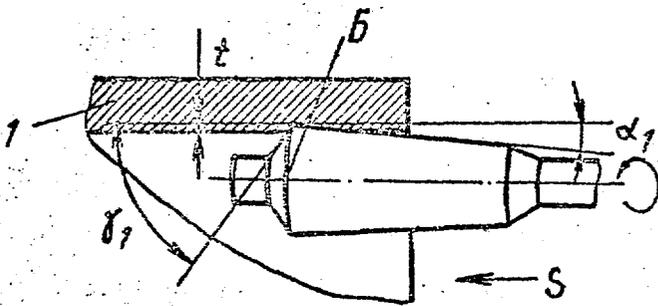
отличающийся тем, что, с целью повышения качества и точности обработки и уменьшения габаритов за счет размещения средства для подрезки непосредственно на деформирующем ролике, расширения технологических возможностей за счет радиального и углового регулирования роликов, первая и вторая ступени роликов, расположенные со стороны, противоположной хвостовику, выполнены соответственно в виде прямого и обратного конусов, сопряженных большими основаниями, а средство для подрезки припуска расположено в зоне упомянутого сопряжения ступеней и выполнено в виде режущей кромки, при этом на рабочей поверхности роликов последовательно за режущей кромкой выполнен пере-

Прямой ход

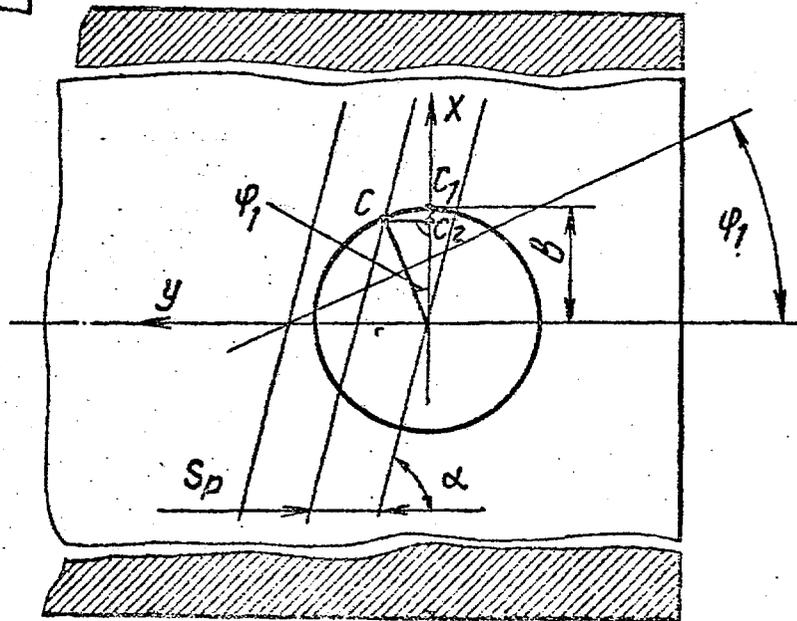
ходный поясок, а узел регулирования выполнен в виде сменного упорного кольца, размещенного на сепараторе со стороны режущей кромки рычага, и опорного элемента, выполненного конусным, из двух последовательно установленных на оправке частей, одна из которых установлена неподвижно, а другая – смонтирована с возможностью регулировочного осевого перемещения.

3. Инструмент по п. 2, отличающийся тем, что переходный поясок выполнен цилиндрическим.

4. Инструмент по п. 2, отличающийся тем, что переходный поясок выполнен коническим.

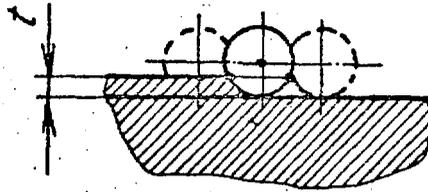


Фиг. 2

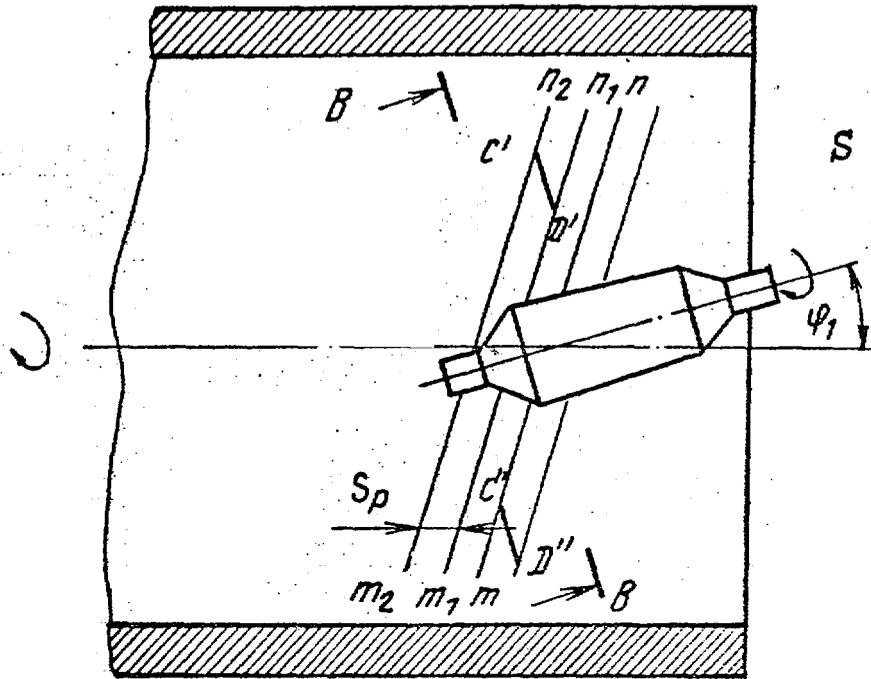


Фиг. 3

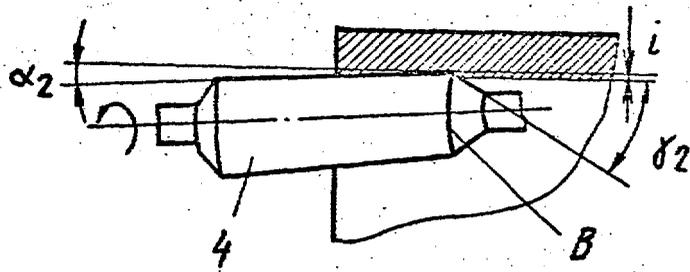
B-B повернуто



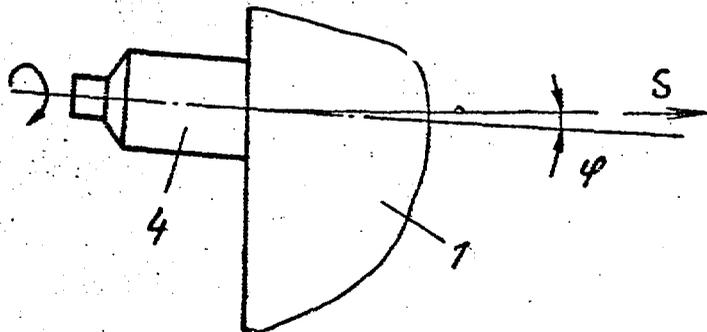
Фиг. 4



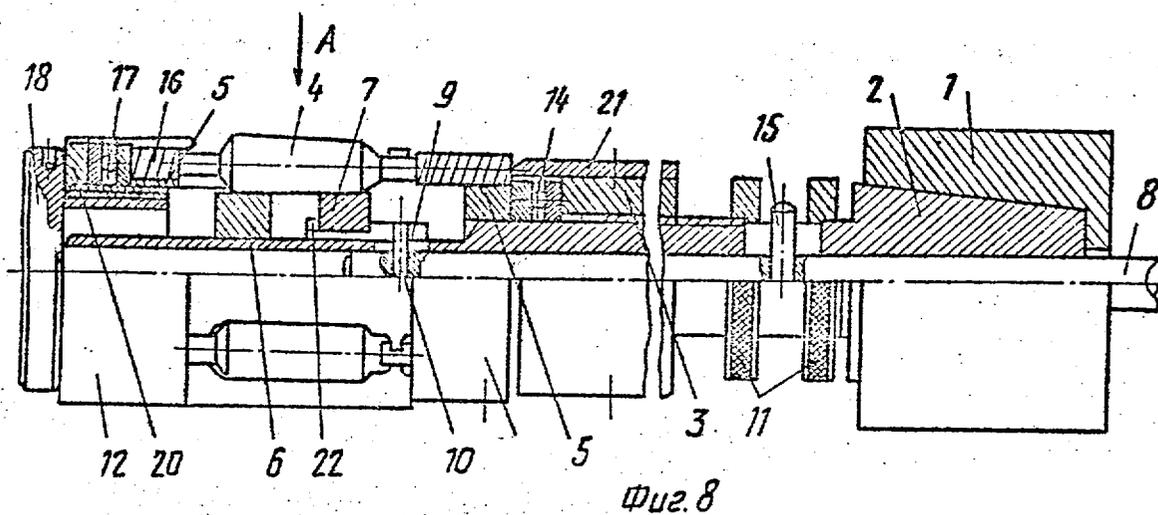
Обратный ход Фиг. 5



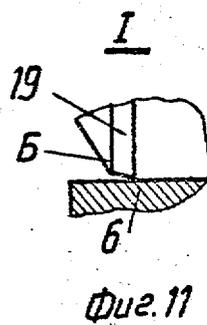
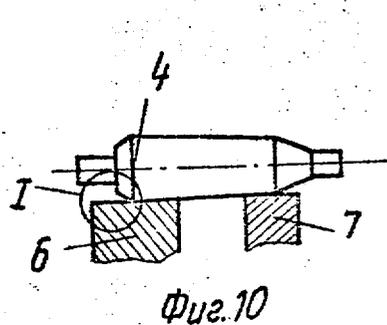
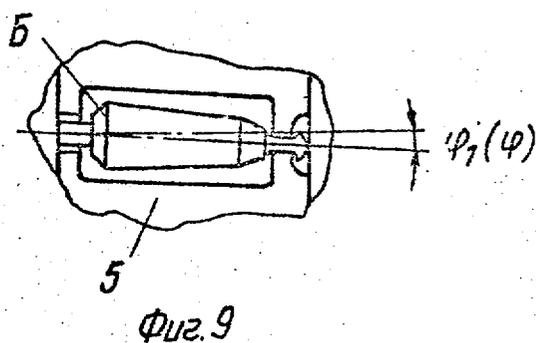
Фиг. 6



Фиг. 7



Вид А



Редактор Т.Шагова

Составитель В.Шаброва
Техред М.Моргентал

Корректор С.Лисина

Заказ 620

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101