

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 244840 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **434407**

(22) Data zgłoszenia: **2020.06.22**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.12.27 BUP 39/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.03.11 WUP 11/2024**

(51) MKP:

B21B 1/00 (2006.01)

B21J 1/04 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA LUBELSKA, Lublin, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:
JANUSZ TOMCZAK, Kalinówka, PL
ZBIGNIEW PATER, Turka, PL
TOMASZ BULZAK, Lublin, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Paulina Pater, Lublin, PL

(54) Tytuł:

Sposób wytwarzania półwyrobów

PL 244840 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania półwyrobów, zwłaszcza półwyrobów drążonych osi kolejowych.

Dotychczas znanych i stosowanych jest szereg metod wytwarzania odkuwek stopniowanych osi i wałów w tym osi kolejowych pełnych i drążonych, które ze względu na duże wymiary kształtowanych półwyrobów realizowane są metodami kucia swobodnego i półswobodnego. Szczegółowo procesy kucia ciężkich odkuwek w kształcie stopniowanych wałów i osi opisano w książce Wasiunyk W. „Kucie matrycowe” Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1987 r. Przedstawione w książce procesy kucia osi składają się z kilku operacji, takich jak: spęczanie, wydłużanie, odsądzanie, odcinanie naddatków technologicznych, a w przypadku osi drążonych dochodzi również operacja dziurowania wsadu. Procesy realizowane są na prasach kuźniczych hydraulicznych z zastosowaniem wsadów w postaci wlewków. Pomimo dużej uniwersalności i prostej konstrukcji narzędzi kucie stopniowanych osi dla kolejnictwa obarczone jest dużym nakładem robocizny oraz dużymi stratami materiału.

Znane są również procesy walcowania poprzeczno-klinowego odkuwek stopniowanych osi i wałów. Do najczęściej spotykanych metod walcowania poprzeczno-klinowego odkuwek zalicza się walcowanie z wykorzystaniem narzędzi płaskich, które podczas procesu przemieszczają się w przeciwnych kierunkach oraz walcowanie z wykorzystaniem klinowych narzędzi w kształcie walców, obracających się w zgodnym kierunku. Szczegółowo procesy walcowania poprzeczno-klinowego odkuwek zostały opisane w monografii autorstwa Pater 2. pt. „Walcowanie poprzeczno-klinowe”, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2009 r. Cechą charakterystyczną odkuwek kształtowanych w procesach walcowania poprzeczno-klinowego jest ich symetria osiowa oraz prostoliniowość osi. Ograniczeniem zastosowania WPK odkuwek stopniowanych osi i wałów jest ich wielkość. Obecnie nie spotyka się tego typu procesów, które umożliwiałyby walcowanie odkuwek o średnicach powyżej 100 mm i długościach przekraczających 1000 mm.

Znane i stosowane są również procesy kucia drążonych odkuwek stopniowanych osi i wałów na kowarkach. Procesy kucia na kowarkach opisano w monografii Tomczak J. pt. „Studium procesów obciskania obrotowego odkuwek drążonych”, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2016 r. Kucie odkuwek drążonych na kowarkach realizowane jest na trzpieniu w wyniku cyklicznego uderzania bijaków w materiał, który jest obracany i przemieszczany przez strefę oddziaływania narzędzi – bijaków. Technologia ta charakteryzuje się dużą wydajnością oraz możliwością kucia odkuwek o różnym kształcie. Wymaga jednak stosowania złożonych konstrukcyjnie maszyn i urządzeń.

Celem wynalazku jest efektywne wytwarzanie półwyrobów drążonych osi kolejowych w procesie walcowania skośnego, w trakcie którego kształtowane są jednocześnie zewnętrzne stopnie odkuwki oraz powierzchnia otworu.

Istotą sposobu wytwarzania półwyrobów według wynalazku jest to, że półfabrykat w kształcie odcinka rury o średnicy początkowej równej największej średnicy stopni półwyrobu i długości początkowej mniejszej od długości półwyrobu nagrzewa się do temperatury w zakresie od 1000°C do 1280°C, następnie nagrzany półfabrykat umieszcza się w tylnym obrotowym uchwycie, znajdującym się w strefie wejściowej przestrzeni roboczej trzech stożkowych walców oraz w tulei wprowadzającej, następnie wprowadza się do otworu półfabrykatu stopniowany trzpień, po czym wprawia się trzy stożkowe walce w ruch obrotowy w tym samym kierunku i z jednakowymi prędkościami, po czym przemieszcza się stopniowany trzpień w kierunku stożkowych walców do położenia, w którym skrajny czop stopniowanego trzpienia znajduje się między powierzchniami walcowymi stożkowych walców, następnie wprawia się tylny obrotowy uchwyt w ruch postępowy ze stałą prędkością w kierunku stożkowych walców i przemieszcza się półfabrykat w kierunku obracających się stożkowych walców, następnie doprowadza się do styku skrajnego końca półfabrykatu z powierzchniami stożkowymi stożkowych walców, i wprawia się półfabrykat wraz z tylnym obrotowym uchwytem w ruch obrotowy w kierunku przeciwnym do kierunku obrotów stożkowych walców i zgniata się skrajny koniec półfabrykatu, przez co redukuje się przekrój poprzeczny skrajnego stopnia na półfabrykacie oraz kalibruje się powierzchnię ukształtowanego skrajnego stopnia na półfabrykacie walcowymi powierzchniami stożkowych walców, jednocześnie kształtuje się powierzchnię otworu skrajnego stopnia przy pomocy skrajnego czopa stopniowanego trzpienia, następnie wprawia się trzy stożkowe walce w ruch postępowy w kierunkach promieniowych z jednakowymi prędkościami i stopniowo odsuwa się trzy stożkowe walce od osi walcowanego półfabrykatu i kształtuje się stożkowy stopień, następnie chwyta się przednim obrotowym uchwytem, który znajduje się w strefie wyjściowej za ukształtowany stopień na półfabrykacie, po czym przemieszcza się stopniowany trzpień

ze stałą prędkością w kierunku stożkowych walców do położenia, w którym środkowy czop stopniowanego trzpienia znajduje się między powierzchniami walcowymi stożkowych walców, następnie wprawia się stożkowe walce w ruch postępowy z jednakowymi prędkościami w kierunku osi półfabrykatu i jednocześnie przemieszcza się przedni obrotowy uchwyt wraz z półfabrykatem ze stałą prędkością w kierunku osiowym, oddalając go od trzech stożkowych walców i zagłębia się powierzchnie walcowe w półfabrykat, po czym zatrzymuje się stożkowe walce w ruchu postępowym, pozostawiając ich ruch obrotowy i jednocześnie wprawia się przedni obrotowy uchwyt z półfabrykatem w ruch postępowy ze stałą prędkością, w kierunku osiowym i oddala się przedni obrotowy uchwyt z półfabrykatem od trzech stożkowych walców i redukuje się stożkowymi powierzchniami stożkowych walców przekrój półfabrykatu i kształtuje się środkowy stopień na półfabrykacie o średnicy mniejszej od średnicy początkowej półfabrykatu oraz kalibruje się powierzchnię środkowego stopnia powierzchniami walcowymi stożkowych walców i jednocześnie kształtuje się powierzchnię wewnętrzną środkowego stopnia przy pomocy środkowego czopa stopniowanego trzpienia, następnie wprawia się trzy stożkowe walce w ruch postępowy w kierunku promieniowym i odsuwa się trzy stożkowe walce z jednakowymi prędkościami od osi walcowanego półfabrykatu i jednocześnie przemieszcza się przedni, obrotowy uchwyt z półfabrykatem ze stałą prędkością zgodnie z kierunkiem walcowania, oddalając przedni obrotowy uchwyt od stożkowych walców, następnie przesuwa się osiowo stopniowany trzpień między stożkowymi walcami do położenia, w którym skrajny czop stopniowanego trzpienia znajduje się między powierzchniami walcowymi stożkowych walców, następnie wprawia się stożkowe walce w ruch postępowy z jednakowymi prędkościami w kierunku osi półfabrykatu i jednocześnie przemieszcza się przedni, obrotowy uchwyt wraz z półfabrykatem ze stałą prędkością zgodnie z kierunkiem walcowania, oddalając przedni obrotowy uchwyt od stożkowych walców i zagłębia się powierzchnie walcowe stożkowych walców w półfabrykat i kształtuje się stożkowy stopień, następnie zatrzymuje się stożkowe walce w ruchu postępowym, pozostawiając ich ruch obrotowy i jednocześnie wprawia się przedni obrotowy uchwyt z półfabrykatem w ruch postępowy ze stałą prędkością, zgodnie z kierunkiem walcowania i redukuje się stożkowymi powierzchniami stożkowych walców przekrój półfabrykatu i kształtuje się skrajny stopień na półfabrykacie oraz kalibruje się powierzchnię skrajnego stopnia powierzchniami walcowymi stożkowych walców, jednocześnie kształtuje się powierzchnię wewnętrzną skrajnego stopnia przy pomocy skrajnego czopa stopniowanego trzpienia i uzyskuje się półwyrob w kształcie wielostopniowego wałka drążonego.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że pozwala na walcowanie półwyrobów drążonych w kształcie wielostopniowych odkuwek osi i wałów z jednoczesnym kształtowaniem powierzchni otworu przy pomocy trzpienia. Kolejnym korzystnym skutkiem wynalazku jest możliwość walcowania zarówno odkuwek drążonych, jak i odkuwek pełnych o różnym kształcie obwiedni przy pomocy jednego zestawu walców roboczych. W trakcie walcowania narzędzia odkształcają materiał stopniowo dzięki czemu wielkości sił nacisku narzędzi są kilkukrotnie mniejsze w stosunku do procesów kucia lub walcowania poprzeczno-klinowego.

Wynalazek, został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok narzędzi z przodu w początkowym etapie procesu walcowania, fig. 2 – przekrój A-A poprowadzony w płaszczyźnie pionowej przez oś walcowania, fig. 3 – widok z przodu narzędzi podczas walcowania stopnia skrajnego z zaznaczoną płaszczyzną przekroju B-B, fig. 4 – przekrój B-B poprowadzony w płaszczyźnie pionowej przez oś walcowania, fig. 5 – widok z przodu narzędzi w początkowym etapie walcowania centralnego stopnia odkuwki z zaznaczoną płaszczyzną przekroju C-C, fig. 6 – przekrój C-C poprowadzony w płaszczyźnie pionowej przez oś walcowania, fig. 7 – widok z góry podczas walcowania stopnia centralnego, fig. 8 – widok z przodu narzędzi podczas walcowania stopnia centralnego z zaznaczoną płaszczyzną przekroju D-D, fig. 9 – przekrój D-D poprowadzony w płaszczyźnie pionowej przez oś walcowania, fig. 10 – widok z przodu narzędzi po ukształtowaniu centralnego stopnia z zaznaczoną płaszczyzną przekroju E-E, fig. 11 – przekrój E-E poprowadzony w płaszczyźnie pionowej przez oś walcowania, fig. 12 – widok z przodu narzędzi w początkowym etapie walcowania skrajnego stopnia z zaznaczoną płaszczyzną przekroju F-F, fig. 13 – przekrój F-F poprowadzony w płaszczyźnie pionowej przez oś walcowania, fig. 14 – widok z przodu narzędzi po ukształtowaniu skrajnego stopnia z zaznaczoną płaszczyzną przekroju G-G, fig. 15 – przekrój G-G poprowadzony w płaszczyźnie pionowej przez oś walcowania, fig. 16a – kształt wsadu, fig. 16b – kształt półwyrobu po walcowaniu w walcie skośnej.

Sposób wytwarzania półwyrobów, zwłaszcza półwyrobów drążonych osi kolejowych polegał tym, że półfabrykat 10 w kształcie odcinka rury o długości początkowej L_0 równej 1900 mm i średnicy początkowej do równej 220 mm oraz grubości ścianki go równej 35 mm nagrzano w nagrzewnicy indukcyjnej do temperatury 1180°C. Następnie nagrzaną półfabrykat 10 przemieszczono przy pomocy suwnicy do walcarki skośnej i umieszczono półfabrykat 10 w tylnym obrotowym uchwycie 4, który znajdował się w strefie wejściowej I do przestrzeni roboczej trzech stożkowych walców 1a, 1b i 1c oraz w tulei wprowadzającej 9. W kolejnym etapie wprowadzono do otworu półfabrykatu 10 stopniowany trzpień 6. Następnie wprowadzono trzy stożkowe walce 1a, 1b i 1c w ruch obrotowy w tym samym kierunku i z jednakowymi prędkościami n_1 , które wynosiły 15 obr/min. Przy czym trzy stożkowe walce 1a, 1b i 1c rozmieszczone były symetrycznie na obwodzie walcowanego półfabrykatu 10 co 120° i miały jednakowe średnice zewnętrzne D równe 300 mm oraz charakteryzowały się kątem rozwarcia powierzchni stożkowych α równym 40° i podczas walcowania były skrócone względem osi walcowania pod jednakowymi kątami γ , które wynosiły 5°. Po czym przemieszczono stopniowany trzpień 6 w kierunku stożkowych walców 1a, 1b i 1c do położenia, w którym skrajny czop 8 stopniowanego trzpienia 6 znajdował się między powierzchniami walcowymi 3a, 3b i 3c stożkowych walców 1a, 1b i 1c. Następnie wprowadzono tylny obrotowy uchwyt 4 w ruch postępowy ze stałą prędkością V_{u1} , która wynosiła 30 mm/s w kierunku stożkowych walców 1a, 1b i 1c i przemieszczono półfabrykat 10 w kierunku obracających się stożkowych walców 1a, 1b i 1c. Następnie w wyniku styku skrajnego końca półfabrykatu 10 z powierzchniami stożkowymi 2a, 2b i 2c stożkowych walców 1a, 1b i 1c wprowadzono półfabrykat 10 wraz z tylnym obrotowym uchwytem 4 w ruch obrotowy w kierunku przeciwnym do kierunku obrotów stożkowych walców 1a, 1b i 1c i zgniatano skrajny koniec półfabrykatu 10, redukując przekrój poprzeczny skrajnego stopnia 11a na półfabrykacie 10 do średnicy d_1 , która wynosiła 140 mm oraz skrajnego stopnia jednocześnie kalibrowano powierzchnię ukształtowanego skrajnego stopnia 11a na półfabrykacie 10 walcowymi powierzchniami 3a, 3b i 3c stożkowych walców 1a, 1b i 1c. W tym samym czasie ukształtowano powierzchnię otworu skrajnego stopnia 11a przy pomocy skrajnego czopa 8 stopniowanego trzpienia 6. Następnie wprowadzono trzy stożkowe walce 1a, 1b i 1c w ruch postępowy w kierunkach promieniowych z jednakowymi prędkościami V_{r1} , które wynosiły 5 mm/s i stopniowo odsunięto trzy stożkowe walce 1a, 1b i 1c od osi walcowanego półfabrykatu 10 w wyniku czego kształtowano stożkowy stopień 11b. Następnie uchwycono przednim obrotowym uchwytem 5 za ukształtowany skrajny stopień 11a na półfabrykacie 10 i przemieszczono stopniowany trzpień 6 ze stałą prędkością V_{t1} , która wynosiła 20 mm/s w kierunku stożkowych walców 1a, 1b i 1c do położenia, w którym środkowy czop 7 stopniowanego trzpienia 6 znajdował się między powierzchniami walcowymi 3a, 3b i 3c stożkowych walców 1a, 1b i 1c. Następnie wprowadzono stożkowe walce 1a, 1b i 1c w ruch postępowy z jednakowymi prędkościami V_{r2} , które wynosiły 5 mm/s w kierunku osi półfabrykatu 10 i jednocześnie przemieszczono przedni obrotowy uchwyt 5 wraz z półfabrykatem 10 ze stałą prędkością V_{u3} , wynoszącą 10 mm/s w kierunku osiowym, oddalając go od trzech stożkowych walców 1a, 1b i 1c i zagłębiono powierzchnie walcowe 3a, 3b i 3c w półfabrykat 10. Po czym zatrzymano stożkowe walce 1a, 1b i 1c w ruchu postępowym, pozostawiając ich ruch obrotowy i jednocześnie wprowadzono przedni obrotowy uchwyt 5 z półfabrykatem 10 w ruch postępowy ze stałą prędkością V_{u2} , która wynosiła 50 mm/s, w kierunku osiowym, oddalając go od trzech stożkowych walców 1a, 1b i 1c i zredukowano stożkowymi powierzchniami 2a, 2b i 2c stożkowych walców 1a, 1b i 1c przekrój półfabrykatu 10 w wyniku czego ukształtowano środkowy stopień 11c na półfabrykacie 10 o średnicy d_2 , która wynosiła 180 mm oraz skalibrowano powierzchnię środkowego stopnia 11b powierzchniami walcowymi 3a, 3b i 3c stożkowych walców 1a, 1b i 1c. Jednocześnie w tym samym czasie ukształtowano powierzchnię wewnętrzną środkowego stopnia 11b przy pomocy środkowego czopa 7 stopniowanego trzpienia 6. Następnie wprowadzono trzy stożkowe walce 1a, 1b i 1c w ruch postępowy w kierunku promieniowym i odsuwano trzy stożkowe walce 1a, 1b i 1c z jednakowymi prędkościami V_{r1} , które wynosiły 5 mm/s od osi walcowanego półfabrykatu 10 i jednocześnie przemieszczono przedni, obrotowy uchwyt 5 z półfabrykatem 10 ze stałą prędkością V_{u3} , która wynosiła 10 mm/s zgodnie z kierunkiem walcowania, oddalając przedni obrotowy uchwyt 5 od stożkowych walców 1a, 1b i 1c. Następnie przemieszczono osiowo stopniowany trzpień 6 ze stałą prędkością V_{t2} , która wynosiła 20 mm/s i odsunięto stopniowany trzpień 6 między stożkowymi walcami 1a, 1b i 1c do położenia, w którym skrajny czop 8 stopniowanego trzpienia 6 znajdował się między powierzchniami walcowymi 3a, 3b i 3c stożkowych walców 1a, 1b i 1c. Po czym wprowadzono stożkowe walce 1a, 1b i 1c

w ruch postępowy z jednakowymi prędkościami $Vr2$, które wynosiły 5 mm/s w kierunku osi półfabrykatu 10 i jednocześnie przemieszczono przedni, obrotowy uchwyt wraz z półfabrykatem 10 ze stałą prędkością $Vu3$, która wynosiła 10 mm/s zgodnie z kierunkiem walcowania, oddalając przedni obrotowy uchwyt 5 od stożkowych walców 1a, 1b i 1c i zagłębiono powierzchnie walcowe 3a, 3b i 3c stożkowych walców 1a, 1b i 1c w półfabrykat 10 w wyniku czego ukształtowano stożkowy stopień 11d. Następnie zatrzymano stożkowe walce 1a, 1b i 1c w ruchu postępowym, pozostawiając ich ruch obrotowy i jednocześnie wprawiono przedni obrotowy uchwyt 5 z półfabrykatem 10 w ruch postępowy ze stałą prędkością $Vu4$, która wynosiła 20 mm/s, zgodnie z kierunkiem walcowania w wyniku czego zredukowano stożkowymi powierzchniami 2a, 2b i 2c stożkowych walców 1a, 1b i 1c przekrój półfabrykatu 10, kształtując skrajny stopień 11e o średnicy $d1$ równej 140 mm na półfabrykacie 10 oraz jednocześnie skalibrowano powierzchnię skrajnego stopnia 11c powierzchniami walcowymi 3a, 3b i 3c stożkowych walców 1a, 1b i 1c. Jednocześnie ukształtowano powierzchnię wewnętrzną skrajnego stopnia 11e przy pomocy skrajnego czopa 8 stopniowanego trzpienia 6 w wyniku czego otrzymano drążony półwyrób 11 w kształcie wielostopniowego wałka drążonego o długości $L1$ równej 2200 mm, która była większa od długości początkowej Lo półfabrykatu 10, równej 1900 mm.

Wykaz oznaczeń

| | |
|------------|--|
| 1a, 1b, 1c | – stożkowe walce |
| 2a, 2b, 2c | – powierzchnie stożkowe stożkowych walców |
| 3a, 3b, 3c | – powierzchnie walcowe stożkowych walców |
| 4 | – tylny obrotowy uchwyt |
| 5 | – przedni obrotowy uchwyt |
| 6 | – stopniowany trzpień |
| 7 | – środkowy czop stopniowanego trzpienia |
| 8 | – skrajny czop stopniowanego trzpienia |
| 9 | – tuleja wprowadzająca |
| 10 | – półfabrykat |
| 11 | – półwyrób |
| 11a, 11e | – skrajne stopnie półwyrobu |
| 11b, 11d | – stożkowe stopnie półwyrobu |
| 11c | – środkowy stopień półwyrobu |
| 11f, 11g | – największa średnica stopni półwyrobu |
| I | – strefa wejściowa |
| II | – strefa wyjściowa |
| Lo | – długość początkowa półfabrykatu |
| $L1$ | – długość półwyrobu |
| D | – średnica stożkowych walców |
| $d0$ | – średnica początkowa półfabrykatu |
| $d1$ | – średnica skrajnych stopni półwyrobu |
| $d2$ | – średnica środkowego stopnia półwyrobu |
| $g0$ | – grubość początkowa ścianki półwyrobu |
| $Vu1$ | – prędkość ruchu postępowego tylnego obrotowego uchwytu |
| $Vt1$ | – prędkość stopniowanego trzpienia |
| $Vr1$ | – prędkość stożkowych walców w kierunku promieniowym od osi walcowania |
| $Vu2$ | – prędkość ruchu postępowego przedniego obrotowego uchwytu |
| $Vt2$ | – prędkość przemieszczania osiowego stopniowanego trzpienia |
| $Vr2$ | – prędkość stożkowych walców w kierunku promieniowym do osi walcowania |
| $Vu3$ | – prędkość ruchu postępowego w kierunku osiowym przedniego obrotowego uchwytu |
| $Vu4$ | – prędkość ruchu postępowego tylnego obrotowego uchwytu podczas walcowania skrajnego stopnia półwyrobu |
| $n1$ | – prędkość ruchu obrotowego stożkowych walców |
| α | – kąt rozwarcia powierzchni stożkowych, stożkowych walców |
| γ | – kąt skręcenia stożkowych walców |

Zastrzeżenie patentowe

1. Sposób wytwarzania półwyrobów **znamienny tym**, że półfabrykat (10) w kształcie odcinka rury o średnicy początkowej (d_0), równej największej średnicy stopni (11f) i (11g) półwyrobu (11) i długości początkowej (L_0) mniejszej od długości (L_1) półwyrobu (11) nagrzewa się do temperatury w zakresie od 1000°C do 1280°C, następnie nagrzaną półfabrykat (10) umieszcza się w tylnym obrotowym uchwycie (4) znajdującym się w strefie wejściowej (I) przestrzeni roboczej trzech stożkowych walców (1a), (1b) i (1c) oraz w tulei wprowadzającej (9), następnie wprowadza się do otworu półfabrykatu (10) stopniowany trzpień (6), po czym wprawia się trzy stożkowe walce (1a), (1b) i (1c) w ruch obrotowy w tym samym kierunku i z jednakowymi prędkościami (n_1), po czym przemieszcza się stopniowany trzpień (6) w kierunku stożkowych walców (1a), (1b) i (1c) do położenia, w którym skrajny czop (8) stopniowanego trzpienia (6) znajduje się między powierzchniami walcowymi (3a), (3b) i (3c) stożkowych walców (1a), (1b) i (1c), następnie wprawia się tylny obrotowy uchwyt (4) w ruch postępowy ze stałą prędkością (V_{u1}) w kierunku stożkowych walców (1a), (1b) i (1c) i przemieszcza się półfabrykat (10) w kierunku obracających się stożkowych walców (1a), (1b) i (1c), następnie doprowadza się do styku skrajnego końca półfabrykatu (10) z powierzchniami stożkowymi (2a), (2b) i (2c) stożkowych walców (1a), (1b) i (1c), i wprawia się półfabrykat (10) wraz z tylnym obrotowym uchwytem (4) w ruch obrotowy w kierunku przeciwnym do kierunku obrotów stożkowych walców (1a), (1b) i (1c) i zgina się skrajny koniec półfabrykatu (10), przez co redukuje się przekrój poprzeczny skrajnego stopnia (11a) na półfabrykacie (10) oraz kalibruje się powierzchnię ukształtowanego skrajnego stopnia (11a) na półfabrykacie (10) walcowymi powierzchniami (3a), (3b) i (3c) stożkowych walców (1a), (1b) i (1c), jednocześnie kształtuje się powierzchnię otworu skrajnego stopnia (11a) przy pomocy skrajnego czopa (8) stopniowanego trzpienia (6), następnie wprawia się trzy stożkowe walce (1a), (1b) i (1c) w ruch postępowy w kierunkach promieniowych z jednakowymi prędkościami (V_{r1}) i stopniowo odsuwa się trzy stożkowe walce (1a), (1b) i (1c) od osi walcowanego półfabrykatu (10) i kształtuje się stożkowy stopień (11b), następnie chwyta się przednim obrotowym uchwytem (5), który znajduje się w strefie wyjściowej (II) za ukształtowany skrajny stopień (11a) na półfabrykacie (10), po czym przemieszcza się stopniowany trzpień (6) ze stałą prędkością (V_{t1}) w kierunku stożkowych walców (1a), (1b) i (1c) do położenia, w którym środkowy czop (7) stopniowanego trzpienia (6) znajduje się między powierzchniami walcowymi (3a), (3b) i (3c) stożkowych walców (1a), (1b) i (1c), następnie wprawia się stożkowe walce (1a), (1b) i (1c) w ruch postępowy z jednakowymi prędkościami (V_{r2}) w kierunku osi półfabrykatu (10) i jednocześnie przemieszcza się przedni obrotowy uchwyt (5) wraz z półfabrykatem (10) ze stałą prędkością (V_{u3}) w kierunku osiowym, oddalając go od trzech stożkowych walców (1a), (1b) i (1c) i zagłębia się powierzchnie walcowe (3a), (3b) i (3c) w półfabrykat (10), po czym zatrzymuje się stożkowe walce (1a), (1b) i (1c) w ruchu postępowym, pozostawiając ich ruch obrotowy i jednocześnie wprawia się przedni obrotowy uchwyt (5) z półfabrykatem (10) w ruch postępowy ze stałą prędkością (V_{u2}), w kierunku osiowym i oddala się przedni obrotowy uchwyt (5) z półfabrykatem (10) od trzech stożkowych walców (1a), (1b) i (1c) i redukuje się stożkowymi powierzchniami (2a), (2b) i (2c) stożkowych walców (1a), (1b) i (1c) przekrój półfabrykatu (10) i kształtuje się środkowy stopień (11c) na półfabrykacie (10) o średnicy (d_2) mniejszej od średnicy początkowej (d_0) półfabrykatu (10) oraz kalibruje się powierzchnię środkowego stopnia (11c) powierzchniami walcowymi (3a), (3b) i (3c) stożkowych walców (1a), (1b) i (1c) i jednocześnie kształtuje się powierzchnię wewnętrzną środkowego stopnia (11c) przy pomocy środkowego czopa (7) stopniowanego trzpienia (6), następnie wprawia się trzy stożkowe walce (1a), (1b) i (1c) w ruch postępowy w kierunku promieniowym i odsuwa się trzy stożkowe walce (1a), (1b) i (1c) z jednakowymi prędkościami (V_{r1}) od osi walcowanego półfabrykatu (10) i jednocześnie przemieszcza się przedni, obrotowy uchwyt (5) z półfabrykatem (10) ze stałą prędkością (V_{u3}) zgodnie z kierunkiem walcowania, oddalając przedni obrotowy uchwyt (5) od stożkowych walców (1a), (1b) i (1c), następnie przesuwają się osiowo stopniowany trzpień (6) między stożkowymi walcami (1a), (1b) i (1c) do położenia, w którym skrajny czop (8) stopniowanego trzpienia (6) znajduje się między powierzchniami walcowymi (3a), (3b) i (3c) stożkowych walców (1a), (1b) i (1c), następnie wprawia się stożkowe walce (1a), (1b) i (1c) w ruch postępowy z jednakowymi prędkościami (V_{r2}) w kierunku osi półfabrykatu (10) i jednocześnie przemieszcza się

przedni, obrotowy uchwyt (5) wraz z półfabrykatem (10) ze stałą prędkością ($Vu3$) zgodnie z kierunkiem walcowania, oddalając przedni obrotowy uchwyt (5) od stożkowych walców (1a), (1b) i (1c) i zagłębia się powierzchnie walcowe (3a), (3b) i (3c) stożkowych walców (1a), (1b) i (1c) w półfabrykat (10) i kształtuje się stożkowy stopień (11d), następnie zatrzymuje się stożkowe walce (1a), (1b) i (1c) w ruchu postępowym, pozostawiając ich ruch obrotowy i jednocześnie wprawia się przedni obrotowy uchwyt (5) z półfabrykatem (10) w ruch postępowy ze stałą prędkością ($Vu4$), zgodnie z kierunkiem walcowania i redukuje się stożkowymi powierzchniami (2a), (2b) i (2c) stożkowych walców (1a), (1b) i (1c) przekrój półfabrykatu (10) i kształtuje się skrajny stopień (11e) na półfabrykacie (10) oraz kalibruje się powierzchnię skrajnego stopnia (11e) powierzchniami walcowymi (3a), (3b) i (3c) stożkowych walców (1a), (1b) i (1c), jednocześnie kształtuje się powierzchnię wewnętrzną skrajnego stopnia (11e) przy pomocy skrajnego czopa (8) stopniowanego trzpienia (6) i uzyskuje się półwyrób (11) w kształcie wielostopniowego wałka drażonego.

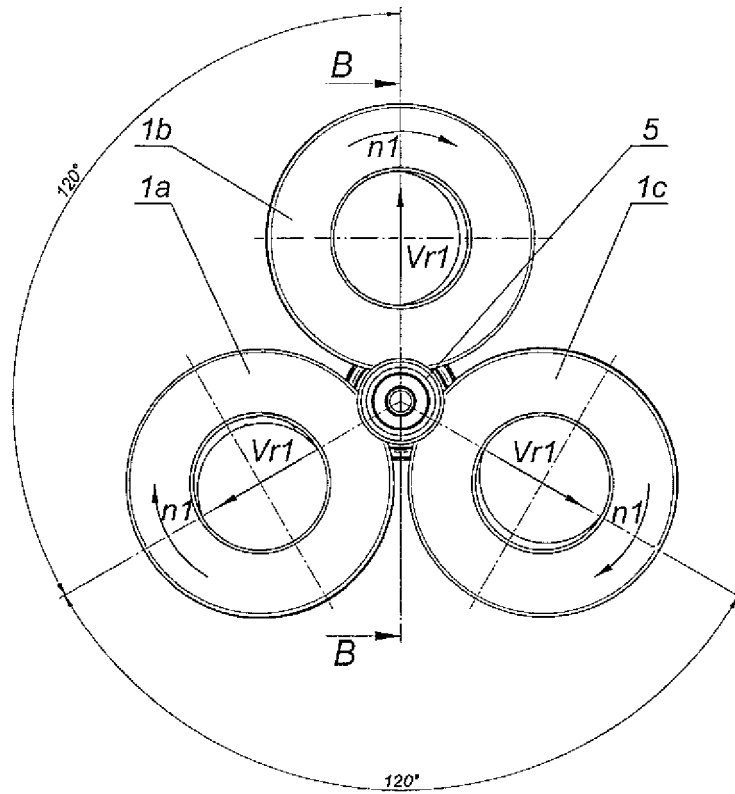


Fig. 3

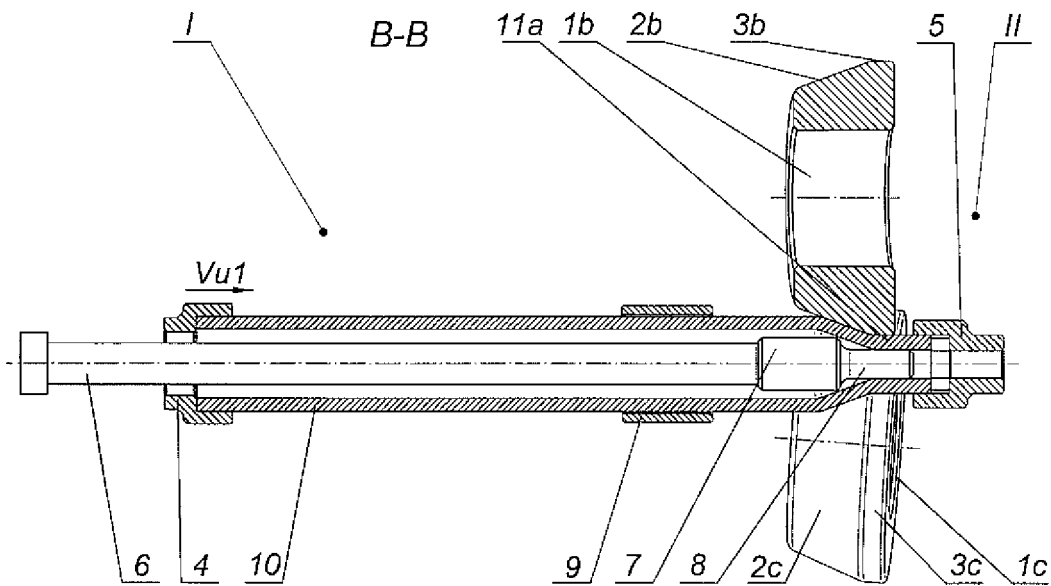


Fig. 4

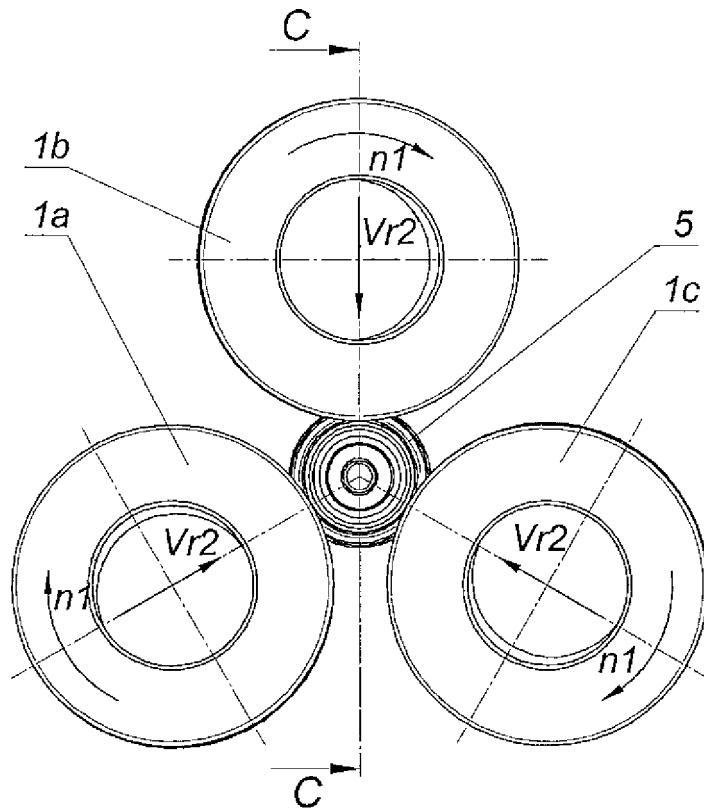


Fig. 5

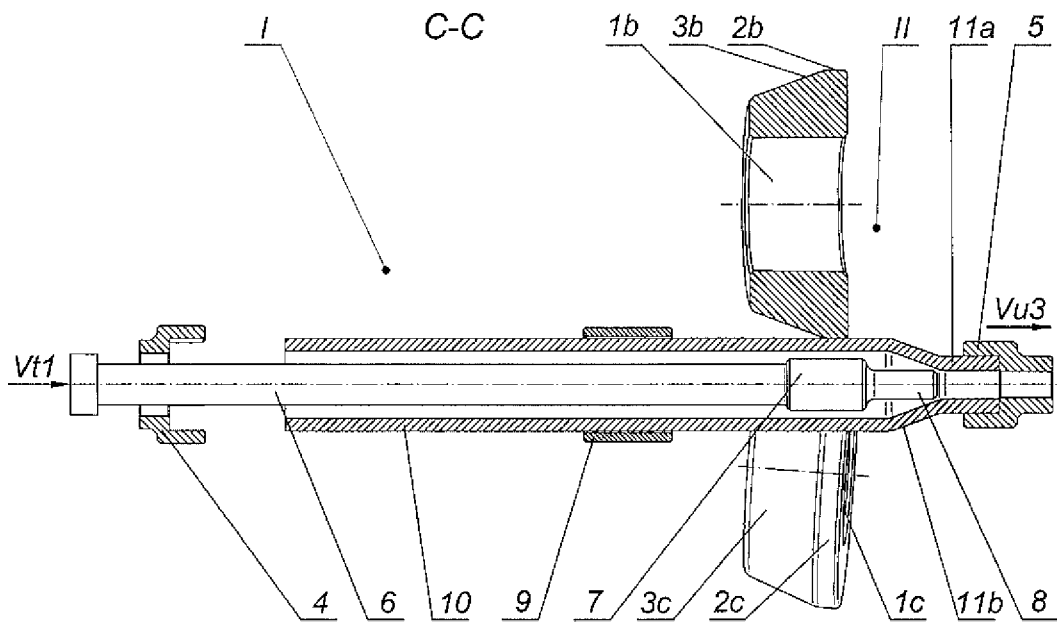


Fig. 6

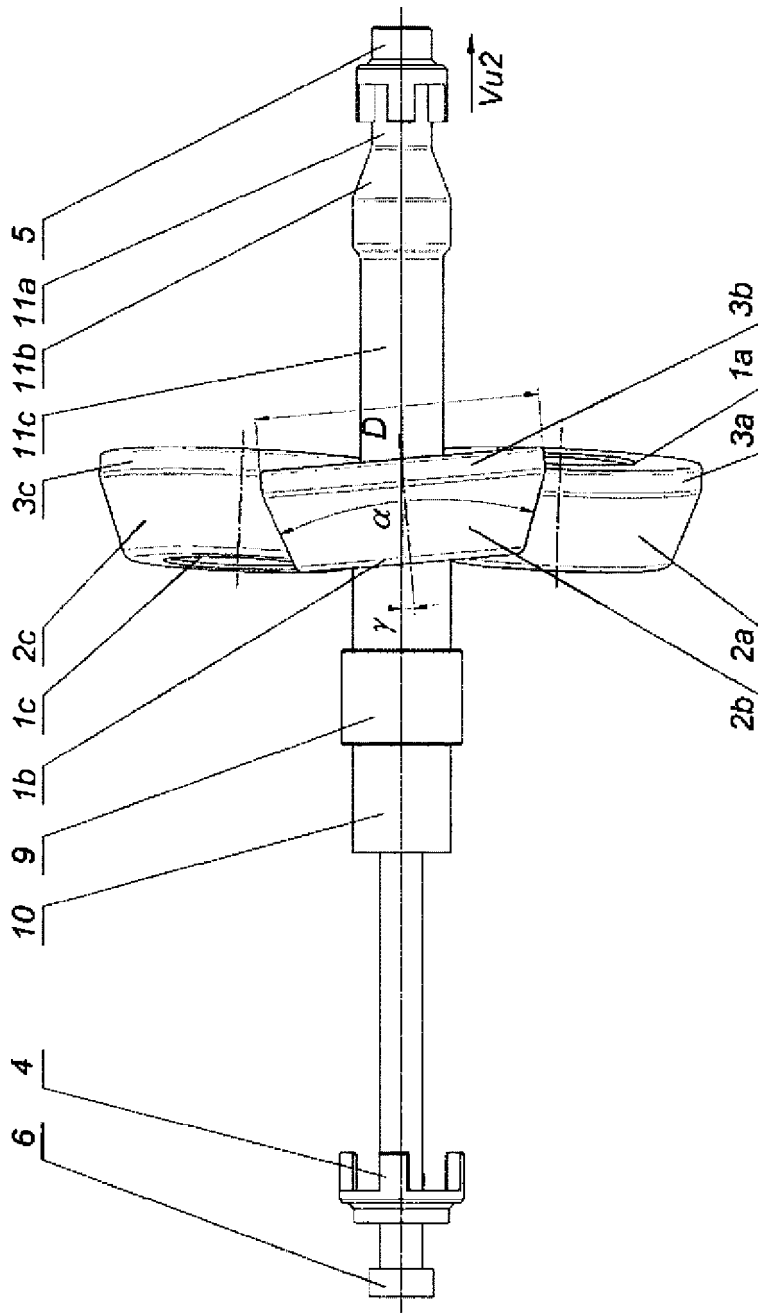


Fig. 7

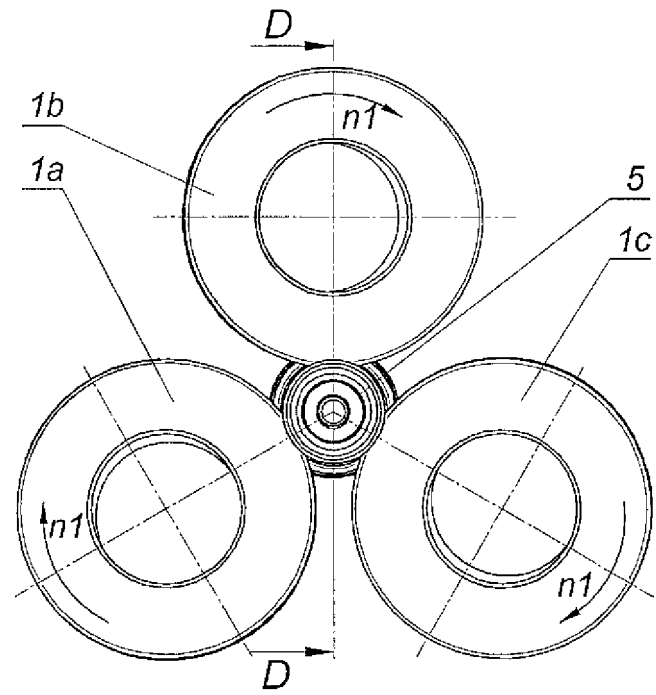


Fig. 8

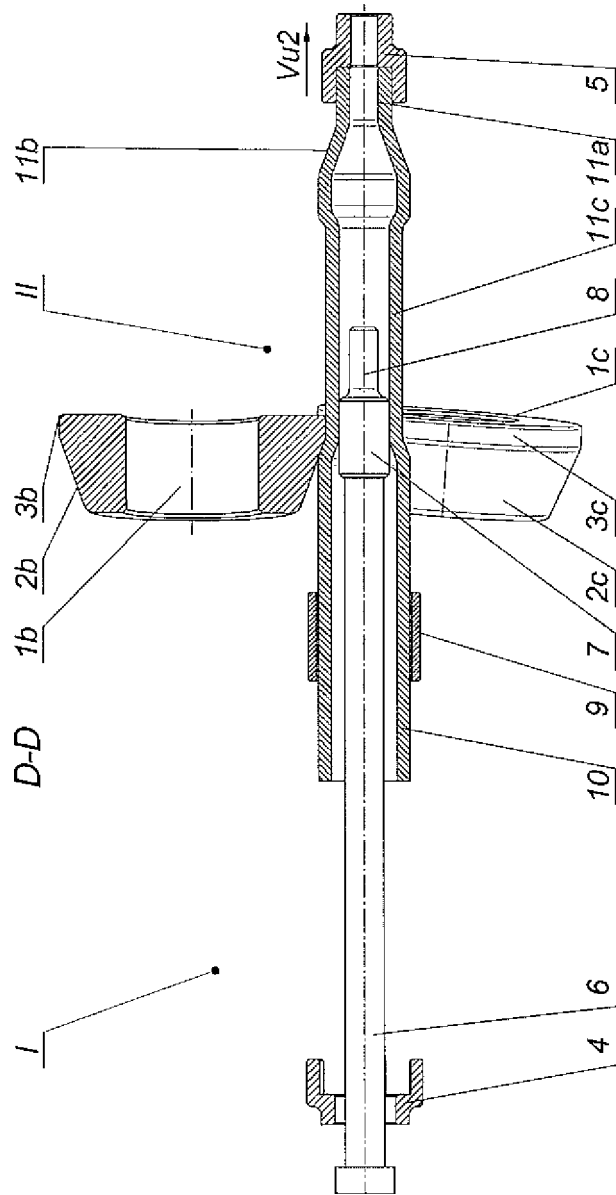


Fig. 9

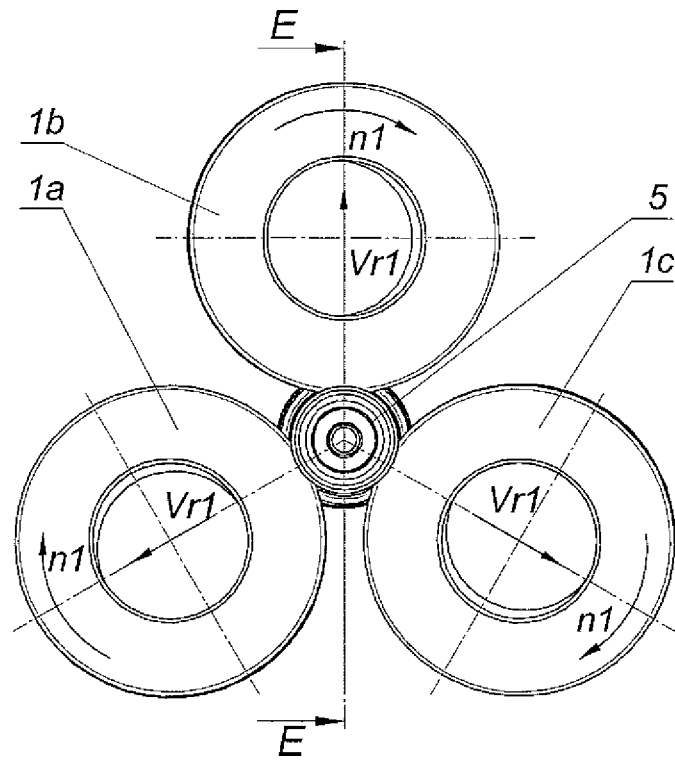


Fig. 10

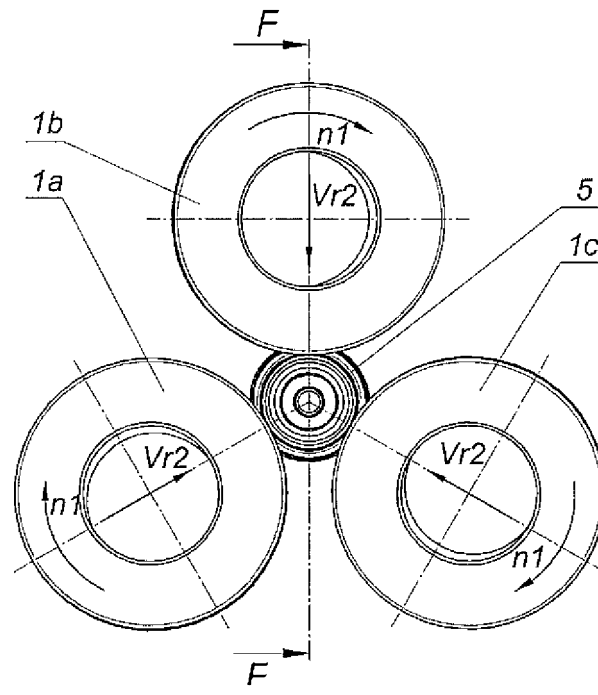


Fig. 12

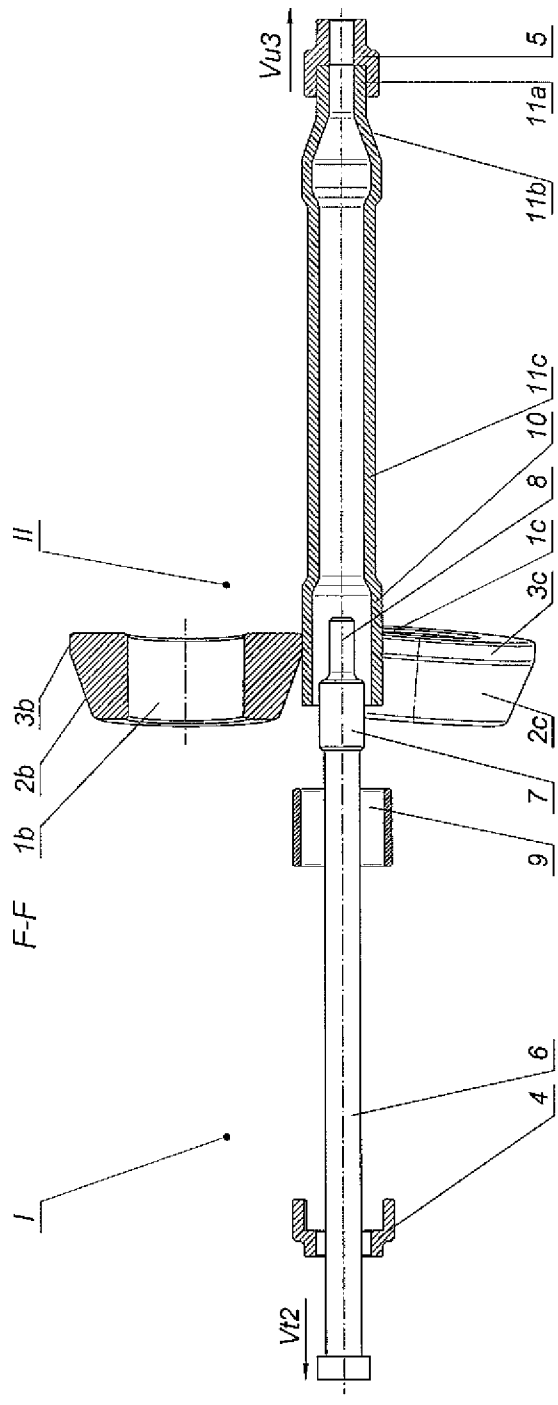


Fig. 13

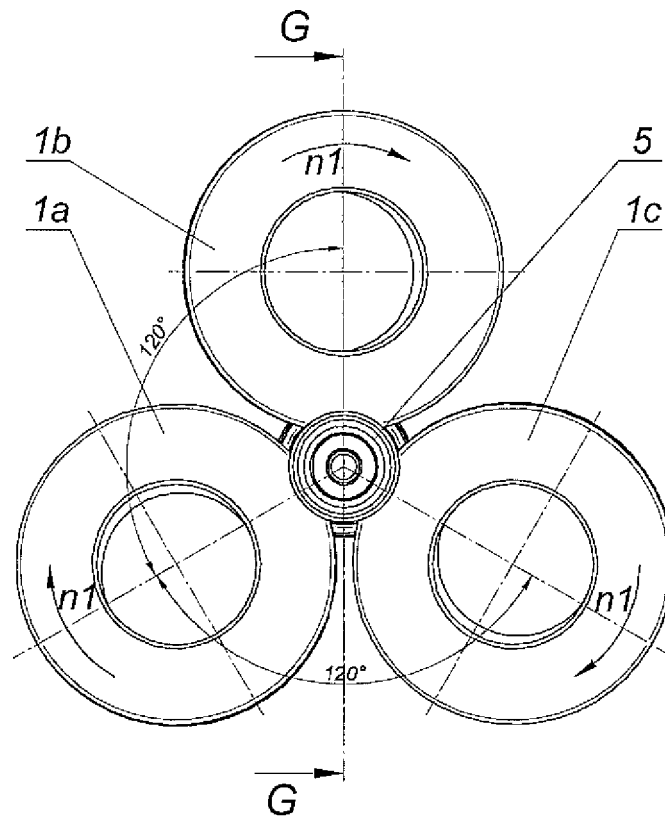


Fig. 14

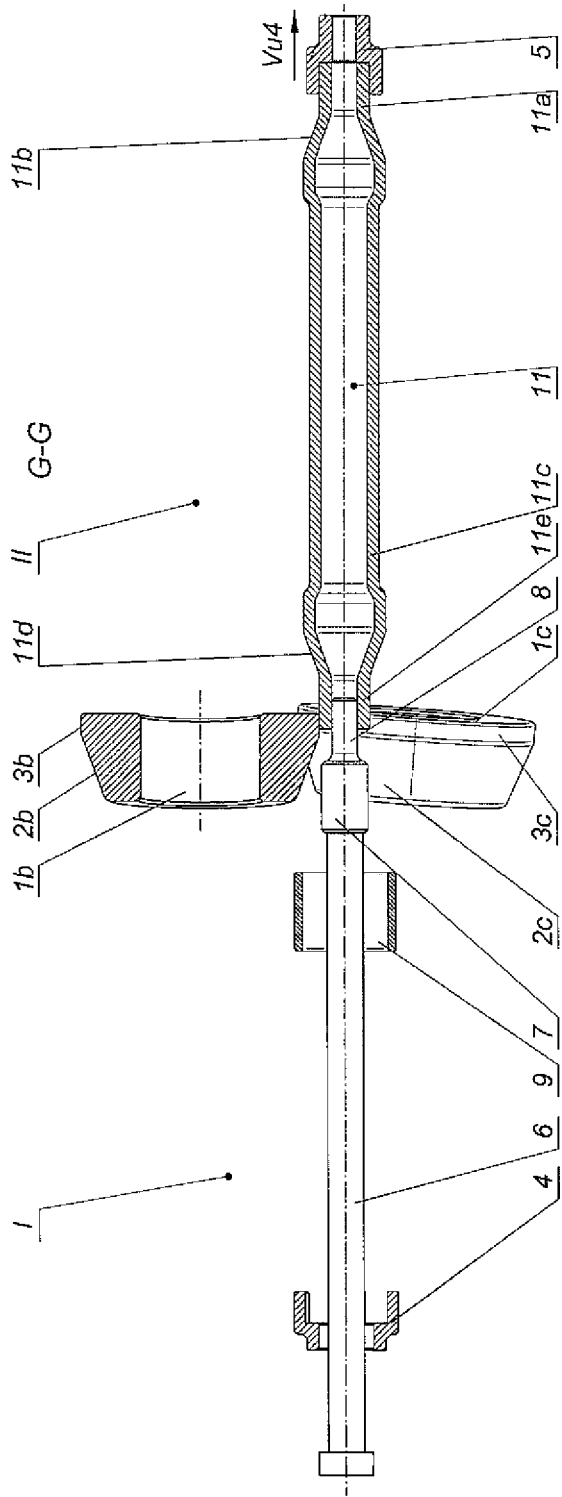


Fig. 15

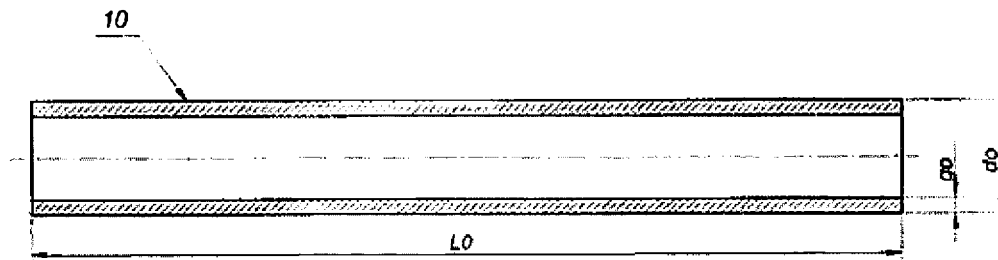


Fig. 16a

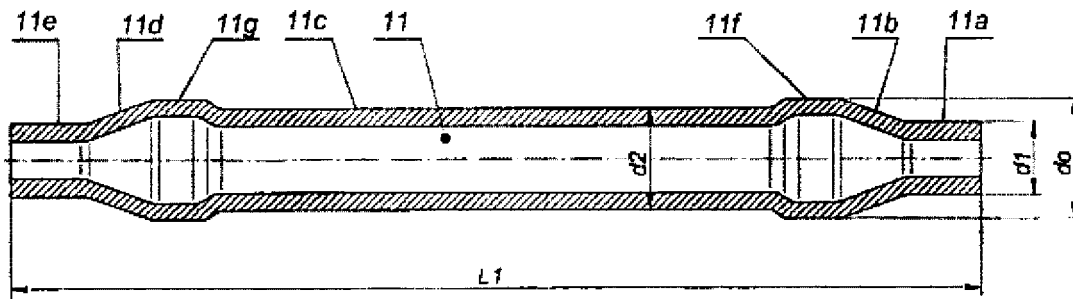


Fig. 16b