

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **203220**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **361148**

(51) Int.Cl.

**B21B 11/00 (2006.01)**

**B21B 37/58 (2006.01)**

**B21B 1/22 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **08.07.2003**

---

(54) **Sposób walcowania, zwłaszcza metali  
oraz klatka walcownicza do walcowania, zwłaszcza metali**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**10.01.2005 BUP 01/05**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**30.09.2009 WUP 09/09**

(76) Uprawniony i twórca wynalazku:

**Grosman Franciszek, Ruda Śląska, PL**

**Pawlicki Jacek, Katowice, PL**

**Korbel Andrzej, Kraków, PL**

**Bochniak Włodzimierz, Kraków, PL**

**Kiełpiński Ryszard, Katowice, PL**

**Tomecki Lucjan, Mysłowice, PL**

(74) Pełnomocnik:

**Zieliński Stefan, Rzecznik Patentowy**

---

**PL 203220 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób walcowania, zwłaszcza metali oraz klatka walcownicza do walcowania, zwłaszcza metali. Rozwiązania techniczne według wynalazku przeznaczone są do stosowania sposobu walcowania na zimno lub na gorąco zwłaszcza metali i ich stopów znajdujące zastosowanie szczególnie w przemyśle hutniczym do walcowania wzdłużnego.

Znany jest powszechnie sposób walcowania metali i ich stopów polegający na tym, że pomiędzy równoległe usytuowanymi walcami obracającymi się względem swoich osi przepuszcza się wlewki, blachy lub taśmy z metali i w efekcie, czego uzyskuje się wyrób o zmniejszonej grubości w zależności od wielkości szczeliny między walcami oraz wielkości nacisku i zużytej energii.

Znany jest z polskiego opisu patentowego wynalazku nr 168177 sposób walcowania metali polegający na tym, że podczas walcowania dokonuje się wzajemnego przesuwu walców lub ich części, korzystnie wzdłuż osi walca, przy czym częstotliwość ruchu walców jest większa od 0,2 Hz, a amplituda wzajemnego przesunięcia jest mniejsza niż 100 mm. Pomędzy kolejnymi przesunięciami walców dopuszcza się stosowanie przerw, które są korzystnie nie dłuższe niż 1 sekunda.

Znany jest również z polskiego opisu patentowego wynalazek nr 174482 sposób walcowania płaskich wyrobów metalowych, zwłaszcza blach, taśm i folii, według którego podczas walcowania wymusza się zmianę położenia osi wzdłużnych walców, usytuowanych w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku walcowania poprzez nadanie walcom lub jednemu z walców ruchu wahadłowego o charakterze rewersyjno-cyklicznym, korzystnie walcowi o kształcie kulistym lub zbliżonym do kulistego względem drugiego walca, którego część robocza posiada kształt kompatybilny względem walca pierwszego.

Znany jest również z polskiego opisu patentowego nr 79071 sposób walcowania metali na zimno i na gorąco, zwłaszcza metali trudno obrabialnych na przykład stali berylowych, wolframu, cyrkonu, uranu i innych. Sposób walcowania według tego wynalazku polega na tym, że walcowany metal w czasie przesuwania go w kierunku zgodnym z kierunkiem obrotu walców roboczych jest poddawany wstępnemu naciskowi statycznemu i naciskowi zmiennemu o częstotliwości pulsacji, co najmniej 10 Hz i o amplitudzie pulsacji nacisku nie większej od wartości wstępnego nacisku statycznego. Znane są urządzenia do walcowania metali stanowiące klatki walcownicze składające się z pary walców roboczych ułożonych w stojakach o budowie zamkniętej. Obudowy łożysk są umieszczone w oknach stojaków. Dwa stojaki połączone z sobą i ustawione na płytach podstawowych tworzą sztywny kadłub. Odstęp między walcami jest regulowany za pomocą mechanizmów nastawczych, które jednocześnie przejmują siły pochodzące od nacisku metalu i przenoszą je na stojaki. Walce połączone są łącznikami z urządzeniem zasilającym, które to łączniki przenoszą na walce moment obrotowy. Walce robocze mogą być przesuwane prostopadle w kierunku do osi walcowania poprzez urządzenia nastawcze celem ustawienia wielkości szczeliny walcowania. Istnieje także możliwość przesuwu walców w kierunku poosiowym.

Konstrukcja tego typu mechanizmu służąca do poosiowego nastawienia walców znana jest z publikacji W. Dobrucki pt. „Podstawy konstrukcji i eksploatacji walcowni”, Wyd. Śląsk. Katowice 1981 str. 276-278. Po wbudowaniu i ustawieniu walców w klatce walcowniczej mechanizmy te są używane jedynie dorywczo, w znacznych odstępach czasu w celu usunięcia niedokładności spowodowanych na przykład zużywaniem się kołnierzy walców bruzdowych lub walców walcowni rur. Regulację taką przeprowadza się ręcznie. W klatkach walcowniczych o bocznych gładkich mechanizmy te mają za zadanie jedynie ustalenie położenia poosiowego i eliminują ewentualne prześwity w łożyskach poosiowych. Mechanizmy te umieszcza się w pokrywie klatki walcowniczej i w sposób ciągły dociska łożyska poosiowe. Siły z łożyska na mechanizmy przenoszone są za pomocą listw lub ramion kadłubów łożysk walca. W wyniku działania mechanizmu do poosiowego nastawiania walców łożysko poosiowe walca jest dociągnięte do poprzeczki stojaka, co eliminuje luzy i zabezpiecza walcarkę przed dodatkowymi uderzeniami.

Omówione wyżej mechanizmy działają statycznie zgodnie z ich uprzednim nastawieniem na zasadzie dźwigni lub są dociskane śrubami.

Znane jest również z polskiego opisu patentowego wynalazku nr 79071 urządzenie do walcowania metali, które zawiera osadzone w stojakach dwa walce robocze, dolny i górny. Dolny walec roboczy jest wsparty poprzez poduszki łożyskowe na sprężystych członach umieszczonych w stopkach, natomiast przed i za stojakami są umieszczone dodatkowo dwie pary walców, służące do poziomego przesuwania walcowanego materiału. W górnych poduszkach jest zamocowany poziomo w łożyskach osadzonych na czopach górny walec roboczy. Czopy walca górnego są osadzone obrotowo w korbowodzie kinematycznego

wibratora, który zawiera dwie mimośrodowe tarcze nasadzone na wał mimośrodowy. Wał mimośrodowy jest mocowany i łożyskowany w stojaku walcarki i jest zaopatrzony w kłową tarczę, która zabezpieczona jest nakrętką. Taki układ pozwala na dowolną regulację mimośrodowych tulei względem wału mimośrodowego. Wał mimośrodowy napędzany jest przez układ napędowy, który wyposażony jest w regulator obrotów. Dolny roboczy walec jest osadzony na czopach w łożyskowych poduszkach, które poprzez dystansową podkładkę są wsparte na sprężystych członach umieszczonych w stojakach. Stojaki są dodatkowo wyposażone w nastawcze kliny złączone rzymską śrubą, które umożliwiają regulację odległości pomiędzy walcami roboczymi.

Konstrukcja przedstawionych powyżej rozwiązań pozwala na stosowanie przesuwu walców w sposób osiowy jednakże nie pozwalają na realizację tego przesuwu w sposób cykliczny od wartości początkowych zbliżonych do zera do wartości maksymalnych wymaganych przez realizowaną technologię procesu walcowania.

Zagadnieniem technicznym wymagającym rozwiązania jest ulepszenie sposobu walcowania materiałów w warunkach sterowanego przebiegu odkształcenia, zwłaszcza metalu w kotlinie walcowniczej oraz opracowanie konstrukcji klatki walcowniczej do walcowania, zwłaszcza metali dla obniżenia parametrów siłowo-energetycznych z możliwością pełnej kontroli struktury materiału i poziomu właściwości mechanicznych, przy wykorzystaniu zewnętrznego mechanizmu odkształcenia materiału.

Zagadnienie techniczne rozwiązuje sposób walcowania, zwłaszcza metali polegający na przepuszczaniu materiału między obracającymi się walcami w czasie, którego dokonuje się wzajemny przesuw walców, korzystnie wzdłuż osi walca, w którym odkształcany materiał w czasie przemieszczania między walcami poddaje się naciskowi walców roboczych oraz co najmniej cyklicznie składowej osiowej sily poprzecznej działającej na odkształcany materiał, przy czym wielkość sily wymuszającej poprzecznie nacisk w stosunku do pionowej sily nacisku na materiał wynosi od 10-50%. Dla stali węglowej konstrukcyjnej sily wymuszająca poprzecznie nacisk w stosunku do pionowej sily nacisku walców roboczych wynosi od 20-40%.

Zagadnienie techniczne rozwiązuje również klatka walcownicza do walcowania zwłaszcza metali składająca się ze stojaków budowy zamkniętej z łożyskowanych w nich walców roboczych.

Klatka walcownicza wyposażona jest w dwa walce robocze łożyskowane w łożyskach osadzonych w oprawach, które montowane są w stojakach walcarki. Walce robocze z jednej strony zakończone są płetwą a z drugiej strony zakończone są czopem walcowym, na którym osadzone jest łożysko wzdłużne dwukierunkowe. Obudowa łożyska wzdłużnego dwukierunkowego osadzona jest w kamieniu ślizgowym zabudowanym w jarzmie. Jarzmo jest osadzone wahadłowo na czopach, przy czym na drugim końcu jarzma osadzony jest kamień ślizgowy, w którym umieszczony jest obrotowy mimośrodowy wał z mimośrodową tuleją.

Na wale mimośrodowym osadzone są mimośrodowe pierścienie połączone z mimośrodową tuleją kołkami ustalającymi, a mimośrodowy wał połączony jest poprzez sprzęgło z motoreduktorem.

Stojaki klatki walcowniczej od góry połączone są poprzeczką, w której osadzone są nakrętki, w które wkręcone są śruby, na których nasadzone są koła zębate zazębione z sobą kołem zębatym pośrednim a układ ten stanowi napęd mechanizmu ustalającego wielkość szczeliny pomiędzy walcami roboczymi. Oprawy łożysk walców roboczych, które osadzone są w stojakach klatki walcowniczej połączone są ze sobą trzpieniami, które rozprężane są sprężynami. Trzpień zainstalowane są w uchwytych, które mocowane są na zewnętrznej powierzchni opraw.

Rozwiązanie według wynalazku pozwala na zmniejszenie nacisków jednostkowych walcowania, redukcję liczby gniotów jednostkowych, obniżenie temperatury wsadu do walcowania oraz wyeliminowanie bądź znaczne zmniejszenie liczby zabiegów międzyoperacyjnych a między innymi wyżarzania i trawienia.

Naciski jednostkowe walcowania dla stali węglowej konstrukcyjnej na zimno, w podwyższonej temperaturze i na gorąco są dwukrotnie niższe niż w znanych rozwiązaniach ze stanu techniki.

Stosowanie sposobu według wynalazku pozwala także na znaczne ograniczenie energochłonności procesu technologicznego walcowania, zmniejszenie ilości odpadów technologicznych oraz zużycia wody. Wzrost trwałości walców roboczych a zwłaszcza poszerzenie zakresu możliwości kształtowania struktury walcowanego materiału i własności użytkowych wyrobów. Otrzymany tym sposobem wyrób charakteryzuje się lepszą strukturą, jednorodnością oraz korzystniejszymi własnościami mechanicznymi w porównaniu z wyrobami konwencjonalnymi. Ponadto niższy jest globalny efekt umocnienia odkształconego materiału, co pozwala na powodzenie dalszych zabiegów obróbki plastycznej na zimno bez konieczności stosowania obróbki cieplnej.

Urządzenie według wynalazku jest urządzeniem uniwersalnym pozwalającym na prowadzenie procesu walcowania w sposób tradycyjny, w którym to walce robocze wykonują tylko ruch obrotowy jak również takie, w których walce robocze oprócz ruchu obrotowego wykonują równocześnie cykliczne ruchy poosiowe. Powyższe realizowane jest poprzez działanie układu mimośrodowego z oddzielnym napędem, który oddziałuje poprzez jarzmo na walce robocze.

Przedmiot wynalazku przedstawiono w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 - przedstawia klatkę walcowniczą w przekroju pionowym wzdłuż osi walców, fig. 2 - przedstawia klatkę walcowniczą w przekroju pionowym w poprzek osi walców i przez oś stojaka wzdłuż linii A-A uwidocznionej na fig. 1, fig. 3 - przedstawia mechanizm ruchu poosiowego walców klatki walcowniczej w przekroju poziomym wzdłuż linii B-B uwidocznionej na fig. 1, fig. 4 przedstawia mechanizm ruchu poosiowego walców klatki walcowniczej w przekroju pionowym wzdłuż linii C-C uwidocznionej na fig. 1, fig. 5 przedstawia napęd mechanizmu ruchu poosiowego walców klatki walcowniczej o przekroju pionowym wzdłuż linii D-D przedstawionej na fig. 1 a fig. 6 przedstawia schemat kinematyczny walcarki z osiowym cyklicznym ruchem walców roboczych.

Klatka walcownicza według wynalazku składa się ze stojaków 1 osadzonych i umocowanych w płycie 2 fundamentowej a od góry połączonych ze sobą poprzeczką 3. W stojakach 1 montowane są oprawy 4 w których osadzone są łożyska 5 walców 6 poziomych. W poprzeczce 3 łączącej od góry stojaki 1 osadzone są nakrętki 7, w których wkręcone są śruby, 8 na których od góry nasadzone są koła 9 zębate. Koła 9 zębate sprzężone są z kołem 10 zębatym nasadzonym na osi 11. Układ składający się z kół zębatych 9 osadzonych na śrubach 8 oraz koła zębatego 10 osadzonego na osi ii współpracuje z sobą i pozwala na właściwe ustawienie szczeliny między walcami 6. Oprawy 4 górnych i dolnych łożysk 5 walca 6 są połączone z sobą od zewnętrznej strony stojaków i trzpieniami 12, które rozprężone są sprężynami 13. Trzpienie 12 zainstalowane są w uchwytych 14 mocowanych do zewnętrznej powierzchni opraw 4 łożysk 5 walców 6. Walce 6 robocze osadzone w łożyskach 5 są z jednej strony zakończone płetwą 15 wystającą na zewnątrz stojaka 1, która połączona jest z niewidocznym na rysunku łącznikiem przenoszącym napęd z urządzenia napędowego. Z drugiej strony walce 6 zakończone są czopem 16 walcowym, na którym osadzone jest łożysko 17 wzdłużne dwukierunkowe. Obudowa 18 łożyska 17 osadzona jest w kamieniu 19 ślizgowym, który zabudowany jest w jarzmie 20. Jarzmo 20 zabudowane jest wahadłowo na czopach 21 mocowanych do korpusu mechanizmu ruchu poosiowego walców.

Na drugim końcu jarzma 20 osadzony jest kamień 22 ślizgowy, w którym obraca się wał 23 mimośrodowy z tuleją mimośrodową 24. Tuleja 24 mimośrodową jest nastawna względem wału 23 mimośrodowego. Na wale mimośrodowym 23 osadzone są dwa pierścienie 25 mimośrodowe połączone kołkami 26 z tuleją 24 mimośrodową. Wał 23 mimośrodowy połączony jest poprzez sprzęgło 27 z motoreduktorem 28. Mechanizm ruchu poosiowego mocowany jest śrubami 29 do korpusu płyty fundamentowej 2.

W czasie procesu walcowania walce 6 robocze wykonują normalne obroty robocze wokół osi a oprócz tego wykonują cykliczne ruchy poosiowe jak to przedstawiono na fig. 6. Ruchy poosiowe walców roboczych 6 realizowane są w przeciwnych kierunkach. W węźle mechanizmu ruchu poosiowego składowe poziome cyklicznych oddziaływań walców roboczych dynamicznie się równoważą.

Realizacja ruchu poosiowego walców wymuszana jest poprzez wahadłowo zabudowane na czopach 21 jarzmo 20, które oddziałuje na przemian na walce robocze 6 przesuując je wzdłuż ich osi.

Jarzmo 20 wprowadzane jest w ruch poprzez układ mimośrodowy składający się z wału 23 mimośrodowego oraz tulei 24 mimośrodowej, które cyklicznie poruszają jarzmem 20. Ten cykliczny ruch jarzma 20 przenoszony jest na obudowy 18 łożysk 17 i poprzez łożysko 17 wzdłużne dwukierunkowe na walce 6 robocze. Wielkość ruchu poosiowego walców 6 roboczych jest regulowana poprzez zmianę położenia tulei 24 mimośrodowej na wale 23 mimośrodowym.

Tuleja 24 mimośrodową jest nastawna względem wału 23 mimośrodowego w wyniku, czego mimośród wypadkowy może się zmieniać od wartości zerowej do sumy mimośródów cząstkowych. Pozwala to na płynną regulację wychyłu jarzma 20, a tym samym płynny i bezstopniowy przesuw osiowy walców 6 roboczych.

Przedmiot wynalazku w zakresie sposobu walcowania metali w powiązaniu z działaniem klatki walcowniczej jest bliżej wyjaśniony w przykładach wykonania.

P r z y k ł a d I. Płaskownik o wymiarach: wysokość początkowa  $h_0 = 20$  mm i szerokość pasma  $b_0 = 180$  mm ze stali węglowej konstrukcyjnej do ulepszania cieplnego o znaku 15, zawierającej 0,16% wagowych C, 0,45% wagowych Mn oraz 0,26% wagowych Si o twardości według HB w stanie surowym

maksimum 1402,35 MPa o własnościach mechanicznych w stanie normalizowanym: fizyczna granica plastyczności  $R_e = 225,55$  MPa, wytrzymałość na rozciąganie  $R_m = 431,49$  MPa, pole przekroju po odkształceniu  $A_3 = 27\%$  i przewężenie (wytrzymałość zmęczeniowa)  $Z = 55\%$ , podgrzewa się do temperatury  $1100^\circ\text{C}$ . W tej temperaturze gorący płaskownik ma naprężenie uplastyczniające  $\sigma_p = 160$  MPa. Gorący płaskownik kieruje się między poziome walce 6, mające średnicę  $d_w = 200$  mm. Walce wykonują obroty robocze wokół osi przy prędkości walcowania  $V_w = 6$  m/s i naciskają uchwycony płaskownik siłą nacisku  $P_g = 288$  kN. Jednocześnie walce 6 wykonują ruchy poprzeczne w przeciwnych kierunkach i naciskają z siłą poprzeczną  $T_g = 111$  kN. Przemieszczenie poosiowe walców  $\underline{6}$  wynosi 4 mm, a częstotliwość wahań poprzecznych walców  $\underline{6}$  0,5 Hz. Wysokość po pierwszym przepuszczeniu  $h_1 = 16$  mm, a szerokość  $b_1 = 180$  mm. Gniot procentowy liczony według wzoru  $\Sigma_h = \frac{h_0 - h_1}{h_0}$  po pierwszym prze-

puszczeniu wynosi 20%. Dalsze przepusty prowadzi się przy takim samym gnioście albo nieco mniejszym albo większym regulując czasem trwania każdego przepustu przy utrzymaniu szerokości pasma w kolejnych przepustach:  $b_0 = b_1 = \dots b_n = 180$  mm przy pionowej sile nacisku  $P_g = 288$  kN oraz sile poprzecznej  $T_g = 111$  kN w poszczególnych przepustach aż do osiągnięcia założonej końcowej grubości. Utrzymuje się temperaturę poddanego walcowaniu płaskownika ze stali węglowej powyżej  $900^\circ\text{C}$ . W końcowej fazie stosuje się także gniot wygładzający.

P r z y k ł a d II. Płaskownik ze stali węglowej jak w przykładzie I podgrzewa się do temperatury  $480^\circ\text{C}$ . W tej temperaturze podgrzany płaskownik ma naprężenie uplastyczniające  $\sigma_p = 400$  MPa. Podgrzany płaskownik kieruje się między poziome walce  $\underline{6}$  mające średnicę  $d_w = 200$  mm. Walce 6 wykonują obroty robocze wokół osi i cykliczne ruchy poprzeczne w przeciwnych kierunkach. Prędkość walcowania wynosi  $V_w = 6$  m/s. Pionowa siła nacisku  $P_p = 720$  kN a siła poprzeczna nacisku  $T_p = 276$  kN. Płaskownik po pierwszym przepuszczeniu ma wysokość  $h_1 = 16$  mm, co daje 20% zgniotu. W kolejnych przepustach pionowa siła nacisku  $P_g = 720$  kN a siła poprzeczna  $T_p = 276$  kN. Temperaturę płaskownika w poszczególnych przepustach utrzymuje się w granicach  $450-480^\circ\text{C}$ .

P r z y k ł a d III. Płaskownik ze stali węglowej jak w przykładzie I w temperaturze pokojowej ma naprężenie uplastyczniające  $\sigma_p = 700$  MPa. Płaskownik kieruje się między poziome walce  $\underline{6}$  mające średnicę  $d_w = 200$  mm. Walce  $\underline{6}$  wykonują obroty robocze wokół osi i cykliczne ruchy poprzeczne w przeciwnych kierunkach. Walcowanie płaskownika na zimno prowadzi się z prędkością  $V_w = 6$  m/s. Pionowa siła nacisku  $P_p = 1250$  kN a siła poprzeczna nacisku  $T_z = 480$  kN. Płaskownik po pierwszym przepuszczeniu ma wysokość  $h_1 = 16$  mm. W kolejnych przepustach pionowa siła nacisku  $P_z = 1250$  kN a siła poprzeczna nacisku  $T_z = 480$  kN.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób walcowania, zwłaszcza metali polegający na przepuszczaniu materiału między obracającymi się walcami w czasie, którego dokonuje się wzajemny przesuw walców, korzystnie wzdłuż osi walca, **znamienny tym**, że odkształcany materiał w czasie przemieszczania między walcami poddaje się naciskowi walców roboczych oraz co najmniej cyklicznie składowej osiowej sily poprzecznej działającej na odkształcany materiał, przy czym wielkość sily wymuszającej poprzecznie nacisk w stosunku do pionowej sily nacisku na materiał wynosi od 10-50%.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że dla stali węglowej konstrukcyjnej siła wymuszająca poprzecznie nacisk w stosunku do pionowej sily nacisku walców roboczych wynosi od 20-40%.

3. Klatka walcownicza do walcowania, zwłaszcza metali składająca się ze stojaków budowy zamkniętej z łożyskowanych w nich walców roboczych, **znamienna tym**, że walce (6) robocze łożyskowane w łożyskach (5) osadzone w oprawach (4) montowane w stojakach (1) z jednej strony zakończone są płetwą (15) a z drugiej strony zakończone są czopem (16) walcowym, na którym osadzone jest łożysko (17) wzdłużne dwukierunkowe, którego obudowa (18) osadzona jest w kamieniu (19) ślizgowym zabudowanym w jarzmie (20), które zabudowane jest wahadłowo na czopach (21), przy czym na drugim końcu jarzma (20) osadzony jest kamień (22) ślizgowy, w którym umieszczony jest obrotowy wał (23) mimośrodowy z tuleją (24) mimośrodową.

4. Klatka według zastrz. 3, **znamienna tym**, że na wale (23) mimośrodowym osadzone są pierścienie (25) mimośrodowe połączone z tuleją (24) mimośrodową kołkami (26).

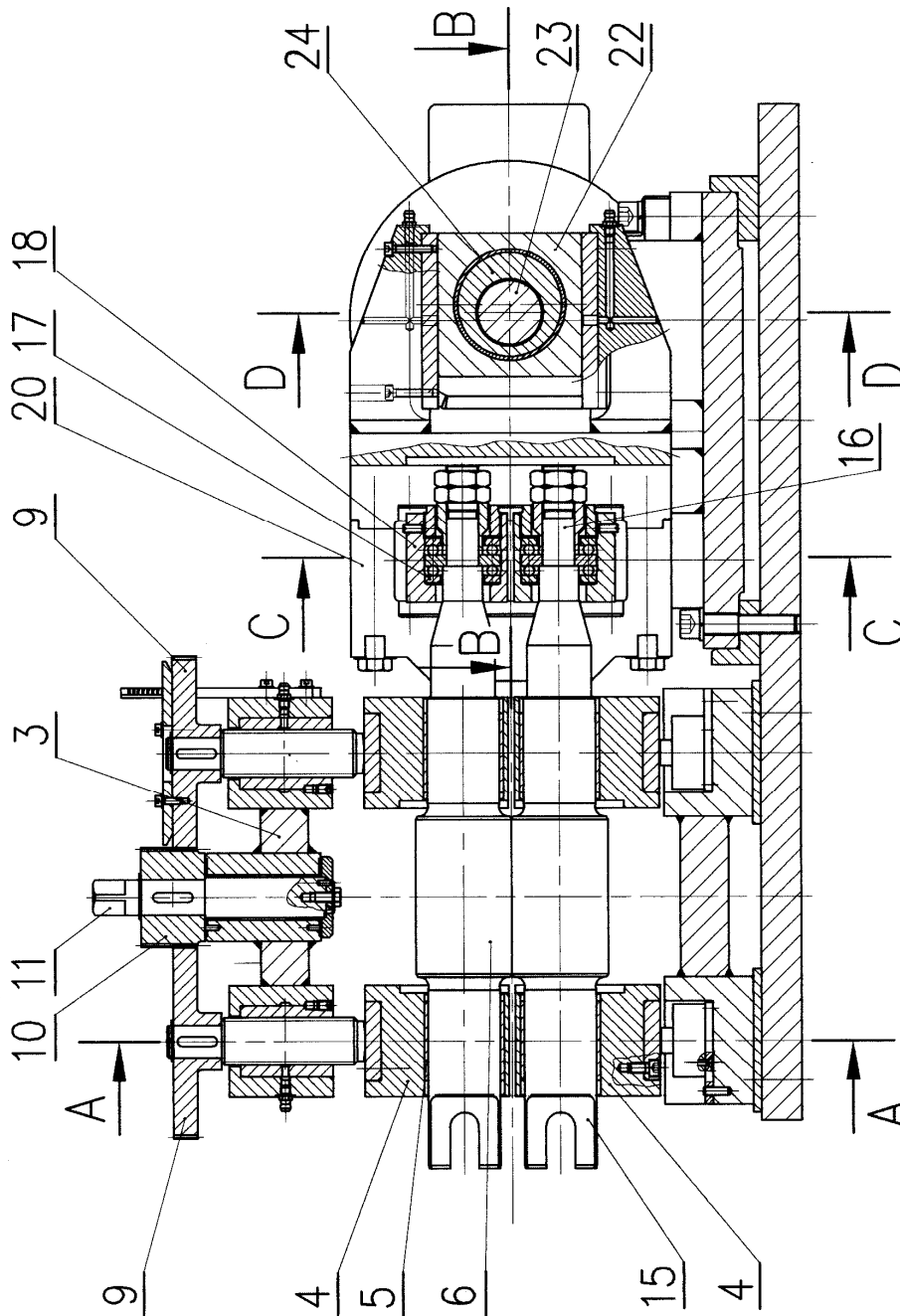
5. Klatka według zastrz. 4, **znamienna tym**, że wał (23) mimośrodowy połączony jest poprzez sprzęgło (27) z motoreduktorem (28).

6. Klatka według zastrz. 3, **znamienna tym**, że stojaki (1) połączone są od góry poprzeczką (3), w której osadzone są nakrętki (7) z wkręconymi śrubami (8) na których od góry nasadzone są koła (9) zębate, które są zazębione i współpracują z kołem (10) zębatym nasadzonym na osi (11).

7. Klatka według zastrz. 3, **znamienna tym**, że oprawy (4) łożysk (5) są połączone z sobą trzpieniami (12), które rozprężone są sprężynami (13).

8. Klatka według zastrz. 7, **znamienna tym**, że trzpień (12) zainstalowane są w uchwytach (14), które mocowane są na zewnętrznej powierzchni opraw (4).

### Rysunki



RYS. 1

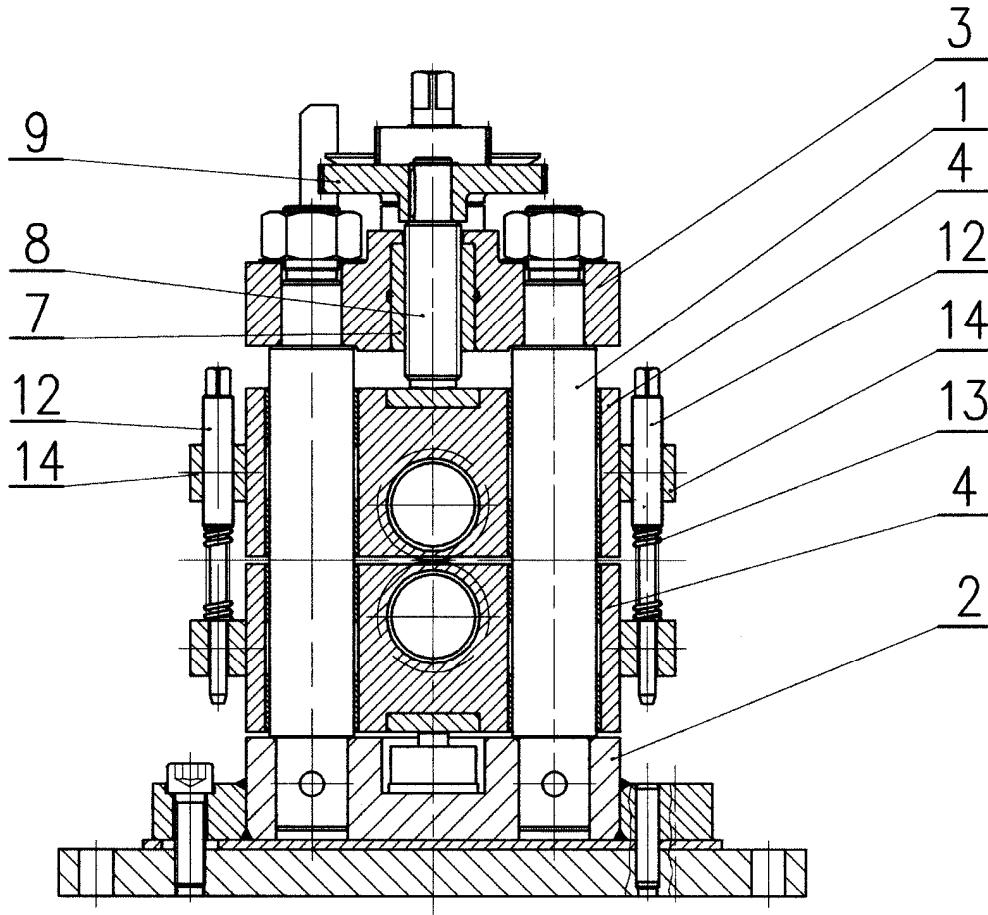


Fig. 2

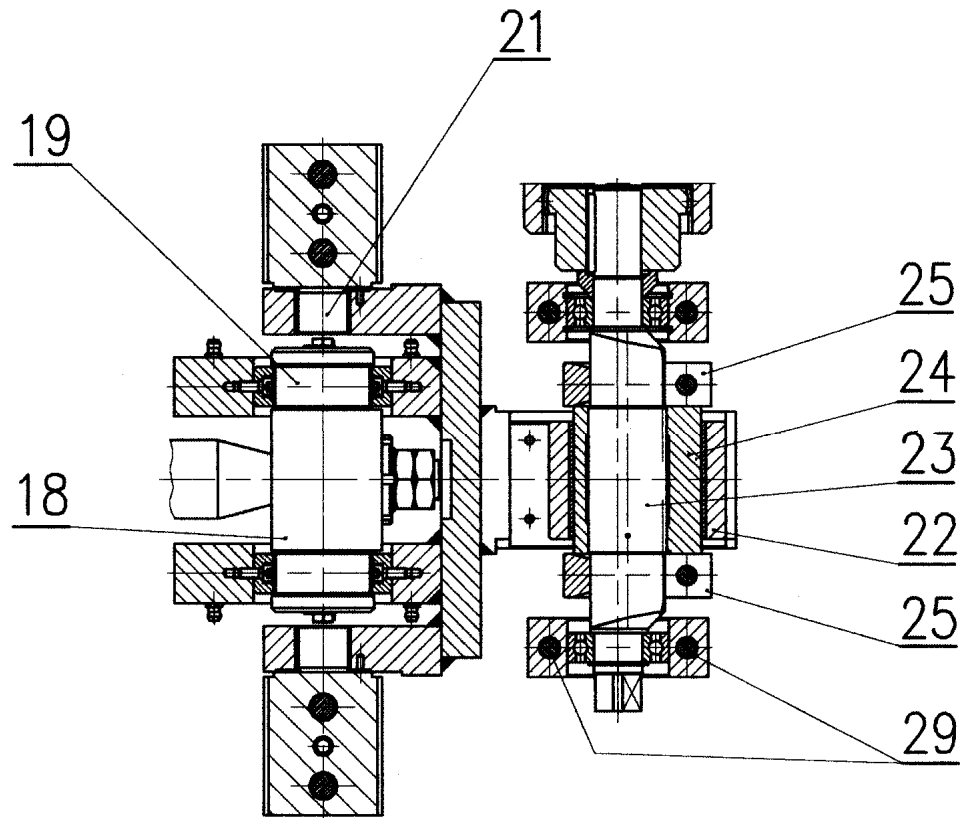


Fig. 3



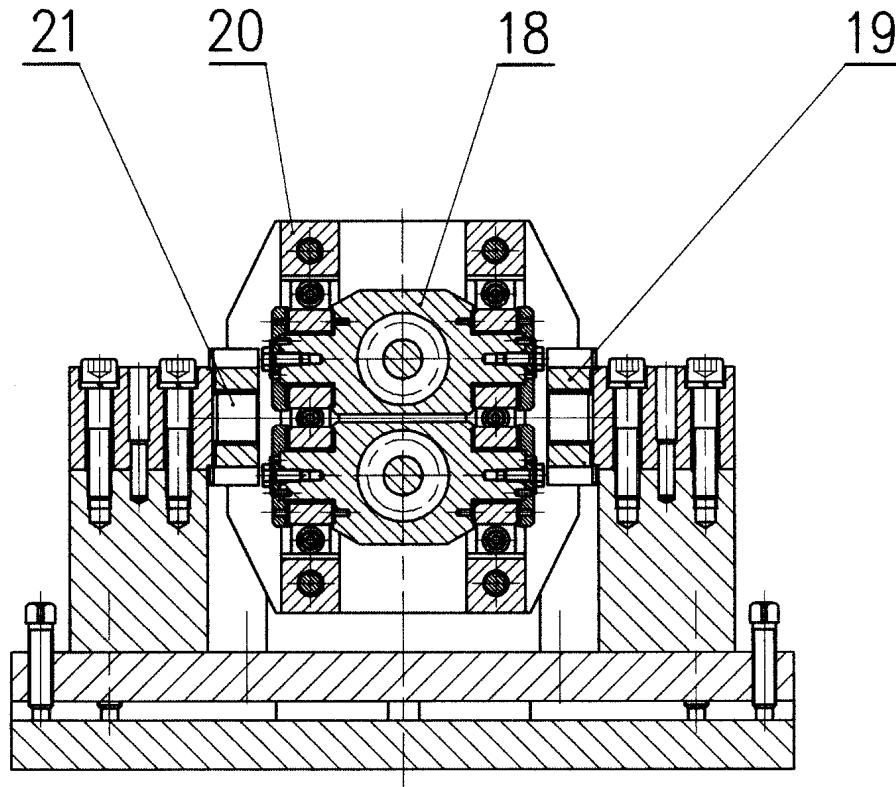


Fig. 4

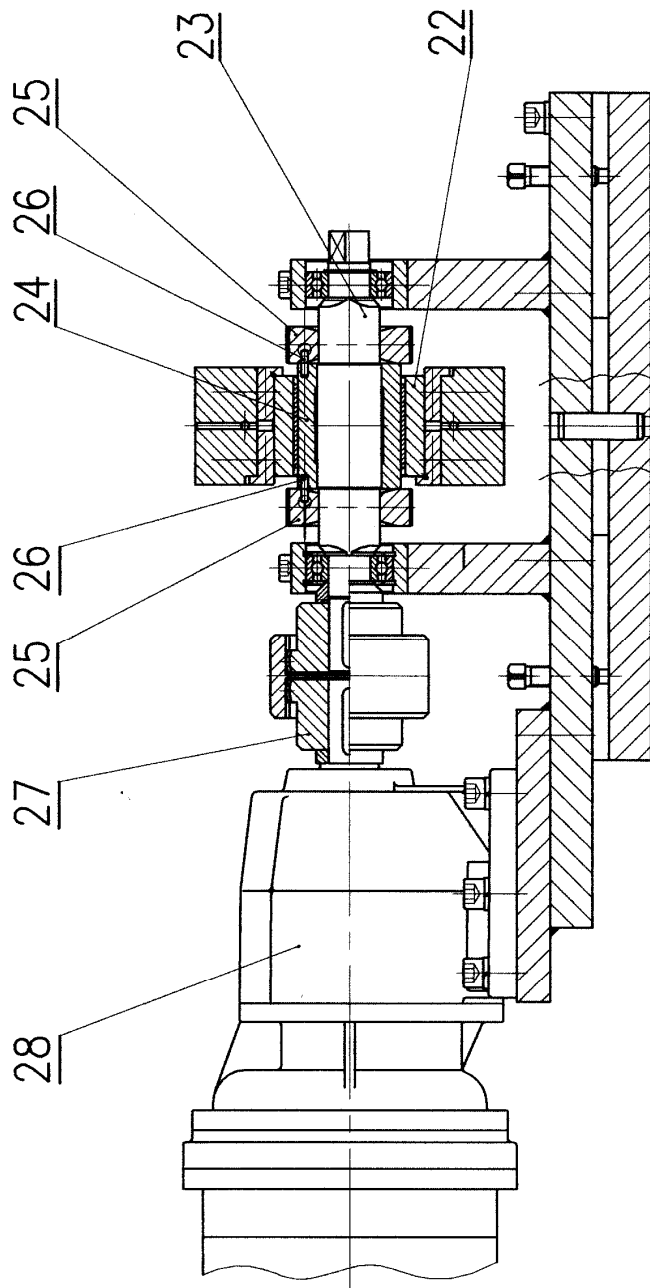
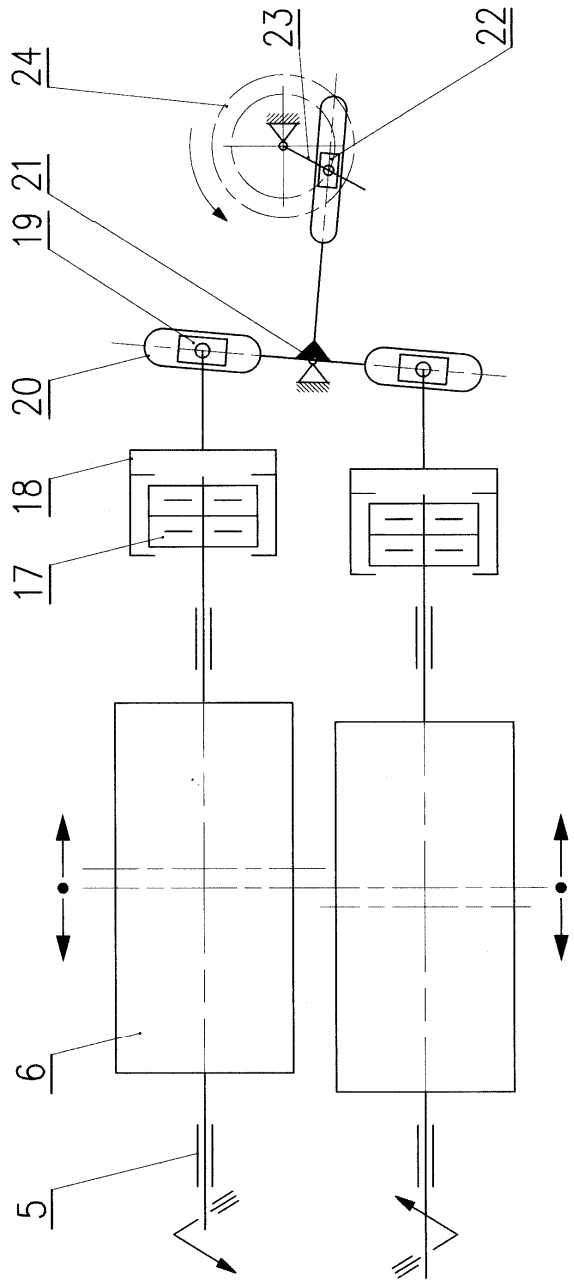


Fig. 5



RYS. 6

