

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **228587**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **420346**

(51) Int.Cl.

B21H 1/14 (2006.01)

B21H 8/02 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **30.01.2017**

(54)

Narzędzia i sposób do walcowania skośnego odkuwek kul

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

09.10.2017 BUP 21/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

30.04.2018 WUP 04/18

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA LUBELSKA, Lublin, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

ZBIGNIEW PATER, Turka, PL

JANUSZ TOMCZAK, Kalinówka, PL

TOMASZ BULZAK, Lublin, PL

(74) Pełnomocnik:

rzech. pat. Tomasz Milczek

PL 228587 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku są narzędzia i sposób do walcowania skośnego odkuwek kul.

Dotychczas znanych i stosowanych jest szereg metod wytwarzania kul, które wykorzystuje się w młynach kulowych lub łożyskach tocnych. Do najczęściej spotykanych zalicza się odlewanie, kucie matrycowe oraz walcowanie. Kule odlewa się ze stali zlewnej odlewanej do form trwałych wykonanych z metalu, tak zwanych kokili. Kucie matrycowe kul realizowane jest na ogół na prasach ciernych, z wykorzystaniem materiału wsadowego w postaci prętów ze stali o zwiększonej zawartości węgla i manganu. Bezpośrednio po procesie kucia na prasach mimośrodowych wykonuje się okrawanie wypływki. Największą wydajność przy wytwarzaniu kul uzyskuje się stosując proces walcowania skośnego. Informacje na temat walcowania skośnego kul przedstawione są w książce autorstwa Dobrucki W. „Zarys obróbki plastycznej metali”, Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1975 r. Opisany w książce proces umożliwia na kształtowanie w czasie jednego obrotu walców jednej odkuwki kuli. W trakcie jednej minuty otrzymuje się 160 kul o średnicy około \varnothing 30 mm lub 40 kul o średnicy około \varnothing 120 mm. Kule walcowane są w walcarkach skośnych wyposażonych w dwa walce z naciętymi po linii śrubowej pojedynczymi bruzdami, na długości wynoszącej na ogół 3,5 zwoju. Osie walców są nachylone ukośnie względem osi materiału wsadowego – pręta pod kątem od 3° do 7° . Podczas walcowania walce obracają się w tym samym kierunku, materiał zaś obraca się w przeciwnym kierunku. Aby otrzymać dobre wyniki walcowania, średnica wsadu powinna wynosić około 0,97 średnicy gotowych kul. Natomiast średnica walców powinna być od 5 do 6 razy większa od średnicy walcowanych kul.

Znana jest również konstrukcja narzędzia do walcowania skośnego kul, którą opisano w książce autorstwa Sypniewski R. „Walcownictwo i ciągarstwo”, Państwowe Wydawnictwo Szkolnictwa Zawodowego, Warszawa 1969 r. Przedstawione w książce narzędzia umożliwiają walcowanie kul na gorąco z pręta stalowego o średnicy wynoszącej około 0,95 średnicy walcowanej kuli. Narzędzia mają kształt stopniowych walców, na których powierzchniach roboczych wykonane są śrubowe wykroje o kształcie odpowiadającym zarysowi walcowanej kuli. Wystające na powierzchni roboczej walców obrzeża bruzd stopniowo przewężają połączenia między poszczególnymi walcowanymi kulami, kalibrując ich średnicę i oddzielając je od siebie. Ostatnie kołnierze wykroi, umieszczonych na narzędziach odcinają szyjkę powstałą po rozdzieleniu kul. Cechą charakterystyczną opisanych narzędzi jest zmienna wartość skoku śrubowego wykroju, wynikająca z konieczności podziału wsadu na stałe objętości równe objętości walcowanej kuli i łączącego mostka. Utrudnia to w znacznym stopniu prawidłowy dobór kształtu wykroju oraz wykonawstwo narzędzi.

Znane jest również narzędzie do walcowania skośnego kul, które zostało opisane w polskim patencie nr 221686. Narzędzie ma kształt stopniowego walca, w skład którego wchodzi czop napędowy, czopy łożyskowe oraz walec roboczy. Na walcu roboczym wykonany jest jednozwojny wykrój śrubowy, który podzielony jest na trzy strefy: wcinania, kształtowania oraz kalibrowania i rozcinania. Cechą charakterystyczną narzędzia jest to, że śrubowe występy w strefie wcinania mają kształt klina, a powierzchnia wejściowa ma kształt stożka. Opisane narzędzie umożliwia walcowanie kul ze wsadu w postaci pręta, którego średnica jest równa średnicy walcowanej kuli lub nieznacznie większa od średnicy kuli.

Cechą charakterystyczną obecnie znanych i stosowanych metod walcowania skośnego odkuwek kul jest to, że odkuwki kształtowane są w wyniku redukcji przekroju poprzecznego przez kołnierze robocze walców. Powoduje to, konieczność stosowania wsadu o średnicy zbliżonej do średnicy kuli lub większej od niej. Natomiast nie spotyka się procesów walcowania skośnego kul z wykorzystaniem materiału wsadowego o średnicy znacznie mniejszej od średnicy kuli.

Celem wynalazku jest walcowanie skośnego odkuwek kul o średnicy większej do 20% od średnicy pręta – półfabrykatu.

Istotą narzędzi do walcowania skośnego odkuwek kul w kształcie walców, posiadających występy śrubowe jest to, że mają cztery strefy, gdzie w pierwszej strefie wcinania, położonej na walcach od strony wejściowej półfabrykatu znajduje się śrubowy występ, o klinowych powierzchniach bocznych, przy czym powierzchnie boczne śrubowego występu są symetryczne względem siebie i są pochylone pod jednakowym kątem. Wysokość śrubowego występu stopniowo zwiększa się od powierzchni walca o stałej średnicy do średnicy śrubowego występu, natomiast długość strefy wcinania równa jest skokowi śrubowego występu, przy czym skok śrubowego występu jest większy od średnicy walcowanej kuli. Następnie za strefą wcinania znajduje się strefa kształtowania, w której znajduje się śrubowy występ o wklęsłych powierzchniach bocznych, przy czym promień wklęsłych powierzchni bocznych równy jest połowie średnicy walcowanej kuli, zaś skok śrubowego występu w strefie kształtowania stopniowo

zmniejsza się od wartości początkowej, równej skokowi na początku strefy kształtowania do wartości końcowej na końcu w strefy kształtowania, która jest równa średnicy walcowanej kuli. Natomiast wysokość śrubowego występu w strefie kształtowania jest stała i równa średnicy walca w strefie kształtowania, następnie za strefą kształtowania znajduje się strefa rozcinania, w której znajduje się śrubowy występ o wklęsłych powierzchniach bocznych, przy czym promień wklęsłych powierzchni bocznych równy jest połowie średnicy walcowanej kuli, zaś skok śrubowego występu w strefie rozcinania jest równy średnicy walcowanej kuli, natomiast wysokość śrubowego występu w strefie rozcinania stopniowo zwiększa się do wartości maksymalnej, która równa jest średnicy walca w strefie rozcinania, zaś na śrubowym występie w jego końcowym odcinku znajduje się nóż rozcinający w kształcie występu i o wzrastającej wysokości, którego długość określona jest przez kąt nawinięcia noża, przy czym wysokość występu stopniowo zwiększa się do wartości maksymalnej, która równa jest średnicy roboczej walca, następnie za strefą rozcinania znajduje się strefa kalibrowania, w której znajduje się śrubowy występ o wklęsłych powierzchniach bocznych, przy czym wysokość występu śrubowego jest równa średnicy walca w strefie kalibrowania, również skok śrubowego występu w strefie kalibrowania jest stały i jest równy średnicy walcowanej kuli.

Istotą sposobu walcowania skośnego odkuwek kul, w którym walcuje się kule przez dwa obracające się w tym samym kierunku walce jest to, że półfabrykat w kształcie odcinka pręta o średnicy mniejszej od średnicy kształtowanej kuli nagrzewa się do temperatury właściwej dla obróbki plastycznej na gorąco umieszcza się w przestrzeni wejściowej narzędzi, która utworzona jest przez dwa walce robocze oraz dwie prowadnice, następnie zagłębia się śrubowe występy o klinowych powierzchniach bocznych w półfabrykat i kształtuje się na obwodzie półfabrykatu w odległości od jego powierzchni czołowej pierścieniowy rowek, którym oddziela się od półfabrykatu stałą objętość materiału, równą objętości walcowanej kuli, następnie spęcza się stopniowo oddzielną pierścieniowym rowkiem część materiału przy pomocy wklęsłych powierzchni bocznych śrubowych występow od długości równej skokowi śrubowego występu na początku strefy kształtowania do długości na końcu strefy kształtowania, która równa jest średnicy walcowanej kuli na końcu strefy kształtowania i jednocześnie kształtuje się pierścieniowy rowek o sferycznych powierzchniach bocznych, następnie w strefie rozcinania zagłębia się w materiał śrubowe występy o wklęsłych powierzchniach bocznych i redukuje się średnicę pierścieniowego rowka, a następnie zagłębia się w pierścieniowy rowek występy i odcina się walcowaną kulę, po czym oddzielną kulę kalibruje się między wklęsłymi powierzchniami śrubowych występow.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że pozwala na plastyczne kształtowanie kul bezpośrednio z półfabrykatu w kształcie pręta, którego średnica jest znacznie mniejsza od średnicy walcowanej kuli. W rezultacie możliwe jest walcowanie szerokiego zakresu wymiarów kul z wykorzystaniem półfabrykatów o tej samej średnicy. Wynalazek charakteryzuje się dużą wydajnością wytwarzania kul w stosunku do uzyskiwanej w procesach kucia matrycowego i odlewania. Sposób ten jest uniwersalny i może być stosowany do wszystkich metali i stopów przeznaczonych do obróbki plastycznej.

Wynalazek, został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok walca z przodu, fig. 2 – widok walca z boku, fig. 3 – widok izometryczny walca, fig. 4 – widok z przodu walców oraz półfabrykatu w początkowym etapie procesu walcowania, fig. 5 – widok z góry walców, prowadnic oraz półfabrykatu w początkowym etapie procesu walcowania, fig. 6 – widok z przodu walców, półfabrykatu i ukształtowanych kul po wykonaniu przez walce pięciu obrotów, fig. 7 – widok izometryczny walców wraz z półfabrykatem w początkowym etapie procesu walcowania, zaś fig. 8 – zmiany kształtu półfabrykatu podczas walcowania, gdzie a – oznacza stan początkowy półfabrykatu, b – kształtowany półfabrykat po wykonaniu przez walce 1 obrotu, c – kształtowany półfabrykat po wykonaniu przez walce 2 obrotów, d – kształtowany półfabrykat po wykonaniu przez walce 3 obrotów oraz e – kształtowany półfabrykat i odwalcowaną kulę po wykonaniu przez walce 4 obrotów.

Narzędzia do walcowania skośnego odkuwek kul w kształcie walców posiadają występy śrubowe 3a i 3b, 6a i 6b, 9a i 9b oraz 13a i 13b. Narzędzia podzielone są na cztery strefy I, II, III oraz IV. W pierwszej strefie wcinania I, która położona jest na walcach od strony wejściowej półfabrykatu 2 w odległości L od powierzchni czołowej walca znajduje się śrubowy występ 3a i 3b, o klinowych powierzchniach bocznych 4a i 5a oraz 4b i 5b. Powierzchnie boczne 4a i 5a oraz 4b i 5b śrubowego występu 3a i 3b są symetryczne i pochylone pod jednakowym kątem 2α , zaś wysokość śrubowego występu 3a i 3b stopniowo zwiększa się od powierzchni walca 16a i 16b o stałej średnicy D_w do średnicy D_1 śrubowego występu 6a i 6b. Długość strefy wcinania I równa jest skokowi L_1 śrubowego występu 3a i 3b, a skok L_1 śrubowego występu 3a i 3b jest większy od średnicy D_k walcowanej kuli 18. Następnie za strefą wcinania I znajduje się strefa kształtowania II, w której umieszczone są śrubowe występy

6a i 6b o wklęsłych powierzchniach bocznych 7a i 8a oraz 7b i 8b. Promień R_k wklęsłych powierzchni bocznych 7a i 8a oraz 7b i 8b równy jest połowie średnicy D_k walcowanej kuli 18, a skok L_2 śrubowego występu 6a i 6b w strefie kształtowania II stopniowo zmniejsza się od wartości początkowej, równej skokowi L_1 na początku strefy kształtowania II do wartości końcowej L_3 na końcu w strefy kształtowania II, która jest równa średnicy D_k walcowanej kuli 18. Wysokość śrubowego występu 6a i 6b w strefie kształtowania II jest stała i równa średnicy walca D_1 w strefie kształtowania II. Za strefą kształtowania II znajduje się strefa rozcinania III, w której znajduje się śrubowy występ 9a i 9b o wklęsłych powierzchniach bocznych 10a i 11a oraz 10b i 11b. Promień R_k o wklęsłych powierzchniach bocznych 10a i 11a oraz 10b i 11b równy jest połowie średnicy D_k walcowanej kuli 18, zaś skok L_3 śrubowego występu 9a i 9b w strefie rozcinania III nie zmienia się i jest równy średnicy D_k walcowanej kuli 18. Wysokość śrubowego występu 9a i 9b w strefie rozcinania III stopniowo zwiększa się do wartości maksymalnej, która równa jest średnicy D_2 walca w strefie rozcinania III. Na śrubowym występie 9a i 9b, w jego końcowym odcinku znajduje się nóż rozcinający w kształcie dodatkowego występu 12a i 12b o wzrastającej wysokości, którego długość określona jest przez kąt nawinięcia noża φ . Wysokość dodatkowego występu 12a i 12b stopniowo zwiększa się do wartości maksymalnej, która równa jest średnicy roboczej D walca. Za strefą rozcinania III znajduje się strefa kalibrowania IV, w której znajduje się śrubowy występ 13a i 13b o wklęsłych powierzchniach bocznych 14a i 15a oraz 14b i 15b. Wysokość występu śrubowego 13a i 13b jest stała i odpowiada średnicy walca D_3 w strefie kalibrowania IV. Również skok L_4 śrubowego występu 13a i 13b w strefie kalibrowania IV jest stały i jest równy średnicy D_k walcowanej kuli 18.

Sposób walcowania skośnego odkuwek kul polega na walcowaniu kul przez dwa walce robocze 1a i 1b obracające się w tym samym kierunku. W czasie walcowania półfabrykat 2 w kształcie odcinka pręta o średnicy d mniejszej od średnicy D_k kształtowanej kuli 18, nagrany do temperatury właściwej dla obróbki plastycznej na gorąco umieszczony jest w przestrzeni wejściowej narzędzi, która utworzona jest przez dwa walce 1a i 1b robocze oraz dwie prowadnice 17a i 17b. Następnie zagłębia się śrubowe występy 3a i 3b o klinowych powierzchniach bocznych 4a i 5a oraz 4b i 5b w półfabrykat 2 kształtując na obwodzie półfabrykatu 2 w odległości L_1 od jego powierzchni czołowej pierścieniowy rowek 19, który oddziela od półfabrykatu 2 stałą objętość materiału 20a, równą objętości walcowanej kuli 18. Następnie dochodzi do stopniowego spęczania oddzielonej pierścieniowym rowkiem 19 część materiału 20b przy pomocy wklęsłych powierzchni bocznych 7a i 8a oraz 7b i 8b znajdujących się na śrubowych wystęпах 6a i 6b. Podczas spęczania następuje zmniejszenie długości materiału od długości L_2 , równej skokowi L_1 śrubowego występu 3a i 3b na początku strefy kształtowania II do długości L_3 na końcu strefy kształtowania, która równa jest średnicy D_k walcowanej kuli 18 na końcu strefy kształtowania II. Jednocześnie kształtuje się pierścieniowy rowek 21a o sferycznych powierzchniach bocznych. Następnie w strefie rozcinania III zagłębia się w materiał śrubowe występy 9a i 9b o wklęsłych powierzchniach bocznych 10a i 11a oraz 10b i 11b redukując średnicę pierścieniowego rowka 21b. Następnie zagłębia się w pierścieniowy rowek 21b dodatkowe występy 12a i 12b i odcina się walcowaną kulę 18. W ostatnim etapie oddzieloną kulę 18 kalibruje się między wklęsłymi powierzchniami 14a i 15a oraz 14b i 15b śrubowych występow 13a i 13b.

Przykład wykonania

Nagrany do temperatury około 1150°C półfabrykat 2 w kształcie odcinka pręta o średnicy $\varnothing 50$ mm wprowadzany był do przestrzeni roboczej utworzonej przez dwa walce robocze 1a i 1b o średnicy roboczej $D = 350$ mm oraz dwie prowadnice 17a i 17b. Walce robocze 1a i 1b skrócone były w przeciwnych kierunkach względem osi walcowania pod jednakowymi kątami $\gamma = 4^{\circ}$ i podczas walcowania obracały się w tym samym kierunku z jednakowymi prędkościami $n = 60$ obr/min. Obracające się walce robocze 1a i 1b chwytały półfabrykat 2 śrubowymi wystęпами 3a i 3b, wprawiały go w ruch obrotowy n_w w kierunku przeciwnym do kierunku obrotów walców, jednocześnie przemieszczały półfabrykat w stronę walców. W tym czasie śrubowe występy 3a i 3b o klinowych powierzchniach bocznych 4a i 5a oraz 4b i 5b kształtowały na obwodzie półfabrykatu pierścieniowy rowek 19, który położony był w odległości $L_1 = 73$ mm od powierzchni czołowej półfabrykatu 2. Następnie ograniczona przez pierścieniowy rowek 19 objętość materiału 20a na półfabrykacie 3 była stopniowo spęczana przez powierzchnie boczne 7a i 8a oraz 7b i 8b śrubowych występow 6a i 6b, które zmniejszały swój skok L_2 do wartości równej średnicy walcowanej kuli $D_k = 60$ mm. Po ukształtowaniu powierzchni sferycznych odkuwki kuli 18 przewężano mostek łączący 21b przy pomocy noży rozcinających – występow 12a i 12b i odcinano odkuwki kuli 18 od półfabrykatu 2.

Zastrzeżenia patentowe

1. Narzędzia do walcowania skośnego odkuwek kul w kształcie walców, posiadające występy śrubowe, **znamiennie tym**, że mają cztery strefy (I), (II), (III) oraz (IV), gdzie w pierwszej strefie wcinania (I), położonej na walcach od strony wejściowej półfabrykatu (2) znajduje się śrubowy występ (3a) i (3b), o klinowych powierzchniach bocznych (4a) i (5a) oraz (4b) i (5b), przy czym powierzchnie boczne (4a) i (5a) oraz (4b) i (5b) śrubowego występu (3a) i (3b) są symetryczne względem siebie i pochylone pod jednakowym kątem (2α), zaś wysokość śrubowego występu (3a) i (3b) stopniowo zwiększa się od powierzchni walca (16a) i (16b) o stałej średnicy (D_w) do średnicy (D_1) śrubowego występu (6a) i (6b), natomiast długość strefy wcinania (I) równa jest skokowi (L_1) śrubowego występu (3a) i (3b), przy czym skok (L_1) śrubowego występu (3a) i (3b) jest większy od średnicy (D_k) walcowanej kuli (18), następnie za strefą wcinania (I) znajduje się strefa kształtowania (II), w której znajduje się śrubowy występ (6a) i (6b) o wklęsłych powierzchniach bocznych (7a) i (8a) oraz (7b) i (8b), przy czym promień (R_k) wklęsłych powierzchni bocznych (7a) i (8a) oraz (7b) i (8b) równy jest połowie średnicy (D_k) walcowanej kuli (18), zaś skok (L_2) śrubowego występu (6a) i (6b) w strefie kształtowania (II) stopniowo zmniejsza się od wartości początkowej, równej skokowi (L_1) na początku strefy kształtowania (II) do wartości końcowej (L_3) na końcu w strefy kształtowania (II), która jest równa średnicy (D_k) walcowanej kuli (18), natomiast wysokość śrubowego występu (6a) i (6b) w strefie kształtowania (II) jest stała i równa średnicy walca (D_1) w strefie kształtowania (II), następnie za strefą kształtowania (II) znajduje się strefa rozcinania (III), w której znajduje się śrubowy występ (9a) i (9b) o wklęsłych powierzchniach bocznych (10a) i (11a) oraz (10b) i (11b), przy czym promień (R_k) o wklęsłych powierzchniach bocznych (10a) i (11a) oraz (10b) i (11b) równy jest połowie średnicy (D_k) walcowanej kuli (18), zaś skok (L_3) śrubowego występu (9a) i (9b) w strefie rozcinania (III) jest równy średnicy (D_k) walcowanej kuli (18), natomiast wysokość śrubowego występu (9a) i (9b) w strefie rozcinania (III) stopniowo zwiększa się do wartości maksymalnej, która równa jest średnicy (D_2) walca w strefie rozcinania (III), zaś na śrubowym występie (9a) i (9b) w jego końcowym odcinku znajduje się nóż rozcinający w kształcie występu (12a) i (12b) o wzrastającej wysokości, którego długość określona jest przez kąt nawinięcia noża (φ), przy czym wysokość występu (12a) i (12b) stopniowo zwiększa się do wartości równej średnicy roboczej (D) walca, następnie za strefą rozcinania (III) znajduje się strefa kalibrowania (IV), w której znajduje się śrubowy występ (13a) i (13b) o wklęsłych powierzchniach bocznych (14a) i (15a) oraz (14b) i (15b), przy czym wysokość występu śrubowego (13a) i (13b) równa średnicy walca (D_3) w strefie kalibrowania (IV), również skok (L_4) śrubowego występu (13a) i (13b) w strefie kalibrowania (IV) jest równy średnicy (D_k) walcowanej kuli (18).
2. Sposób walcowania skośnego odkuwek kul, w którym walcuje się kule przez dwa obracające się w tym samym kierunku walce **znamiennie tym**, że półfabrykat (2) w kształcie odcinka pręta o średnicy (d) mniejszej od średnicy (D_k) kształtowanej kuli (18) nagrzewa się do temperatury właściwej dla obróbki plastycznej na gorąco umieszcza się w przestrzeni wejściowej narzędzi, która utworzona jest przez dwa walce (1a) i (1b) robocze oraz dwie prowadnice (17a) i (17b), następnie zagłębia się śrubowe występy (3a) i (3b) o klinowych powierzchniach bocznych (4a) i (5a) oraz (4b) i (5b) w półfabrykat (2) i kształtuje się na obwodzie półfabrykatu (2) w odległości (L_1) od jego powierzchni czołowej pierścieniowy rowek (19), którym oddziela się od półfabrykatu (2) stałą objętość materiału (20a), równą objętości walcowanej kuli (18), następnie spęcza się stopniowo oddzielną pierścieniowym rowkiem (19) część materiału (20b) przy pomocy wklęsłych powierzchni bocznych (7a) i (8a) oraz (7b) i (8b) śrubowych występow (6a) i (6b) od długości (L_2), równej skokowi (L_1) śrubowego występu (3a) i (3b) na początku strefy kształtowania (II) do długości (L_3) na końcu strefy kształtowania, która równa jest średnicy (D_k) walcowanej kuli (18) na końcu strefy kształtowania (II) i jednocześnie kształtuje się pierścieniowy rowek (21a) o sferycznych powierzchniach bocznych, następnie w strefie rozcinania (III) zagłębia się w materiał śrubowe występy (9a) i (9b) o wklęsłych powierzchniach bocznych (10a) i (11a) oraz (10b) i (11b) i redukuje się średnicę pierścieniowego rowka (21 b), a następnie zagłębia się w pierścieniowy rowek (21b) występy (12a) i (12b) i odcina się walcowaną kulę (18), po czym oddzielną kulę (18) kalibruje się między wklęsłymi powierzchniami (14a) i (15a) oraz (14b) i (15b) śrubowych występow (13a) i (13b).

Wykaz oznaczeń

1a, 1b	– walce robocze
2	– półfabrykat
3a, 3b	– występ śrubowy
4a, 4b, 5a, 5b	– klinowe powierzchnie boczne
6a, 6b	– występ śrubowy
7a, 7b, 8a, 8b	– wklęsłe powierzchnie boczne
9a, 9b	– występ śrubowy
10a, 10b, 11a, 11b	– wklęsłe powierzchnie boczne
12a, 12b	– dodatkowy występ
13a, 13b	– występ śrubowy
14a, 14b, 15a, 15b	– wklęsłe powierzchnie boczne
16a, 16b	– powierzchnia walcowa
17a, 17b	– prowadnice
18	– odkuwka kuli
19	– pierścieniowy rowek
20a, 20b	– objętość materiału równa objętości walcowanej kuli
21a, 21b	– pierścieniowy rowek o sferycznych powierzchniach bocznych
I	– strefa wcinania
II	– strefa kształtowania
III	– strefa rozcinania
IV	– strefa kalibrowania
D	– średnica wsadu
Dk	– średnica kuli
D	– średnica robocza walca
Dw	– średnica powierzchni walcowej
D1	– średnica walca w strefie kształtowania
D2	– średnica walca w strefie rozcinania
D3	– średnica walca w strefie kalibrowania
L	– odległość występu klinowego od powierzchni czołowej walca
L1	– skok występów śrubowych w strefie wcinania
L2	– skok występów śrubowych w strefie kształtowania
L3	– skok występów śrubowych w strefie rozcinania
Rk	– promień wklęsłych powierzchni bocznych występów śrubowych
2 α	– kąt wierzchołkowy klinowych powierzchni bocznych
γ	– kąt pochylenia osi walców
φ	– kąt nawinięcia noża
n	– prędkość obrotowa walców
nw	– prędkość obrotowa półfabrykatu
v	– prędkość postępową półfabrykatu.

Rysunki

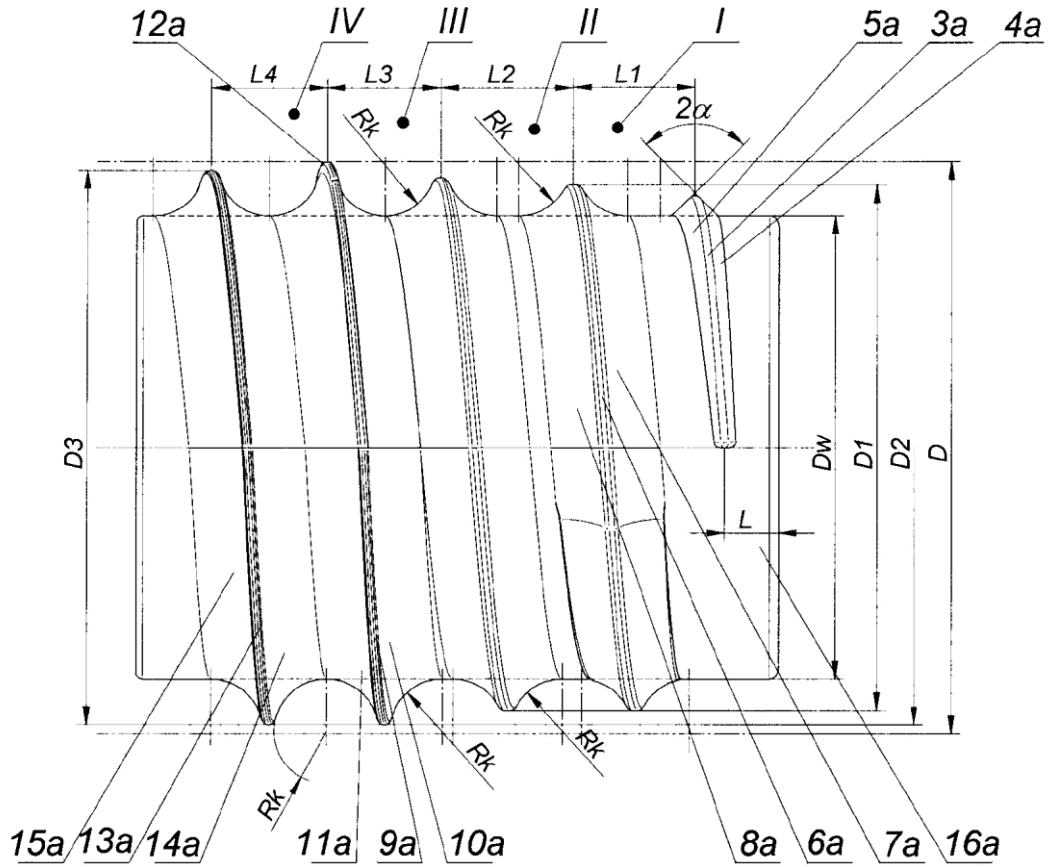


Fig. 1

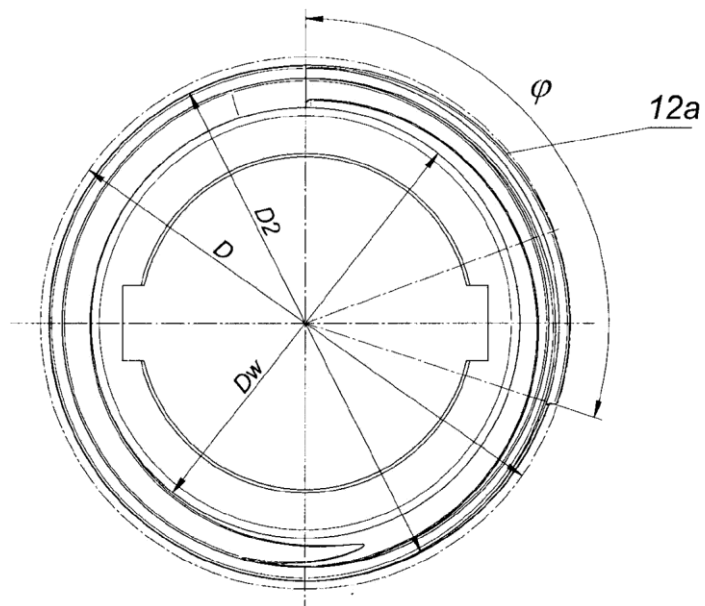


Fig. 2

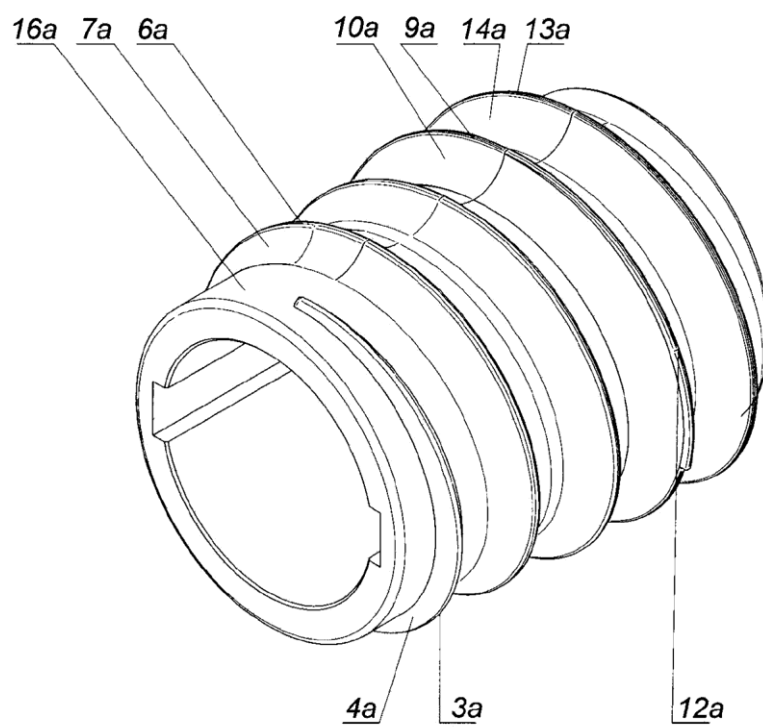


Fig. 3

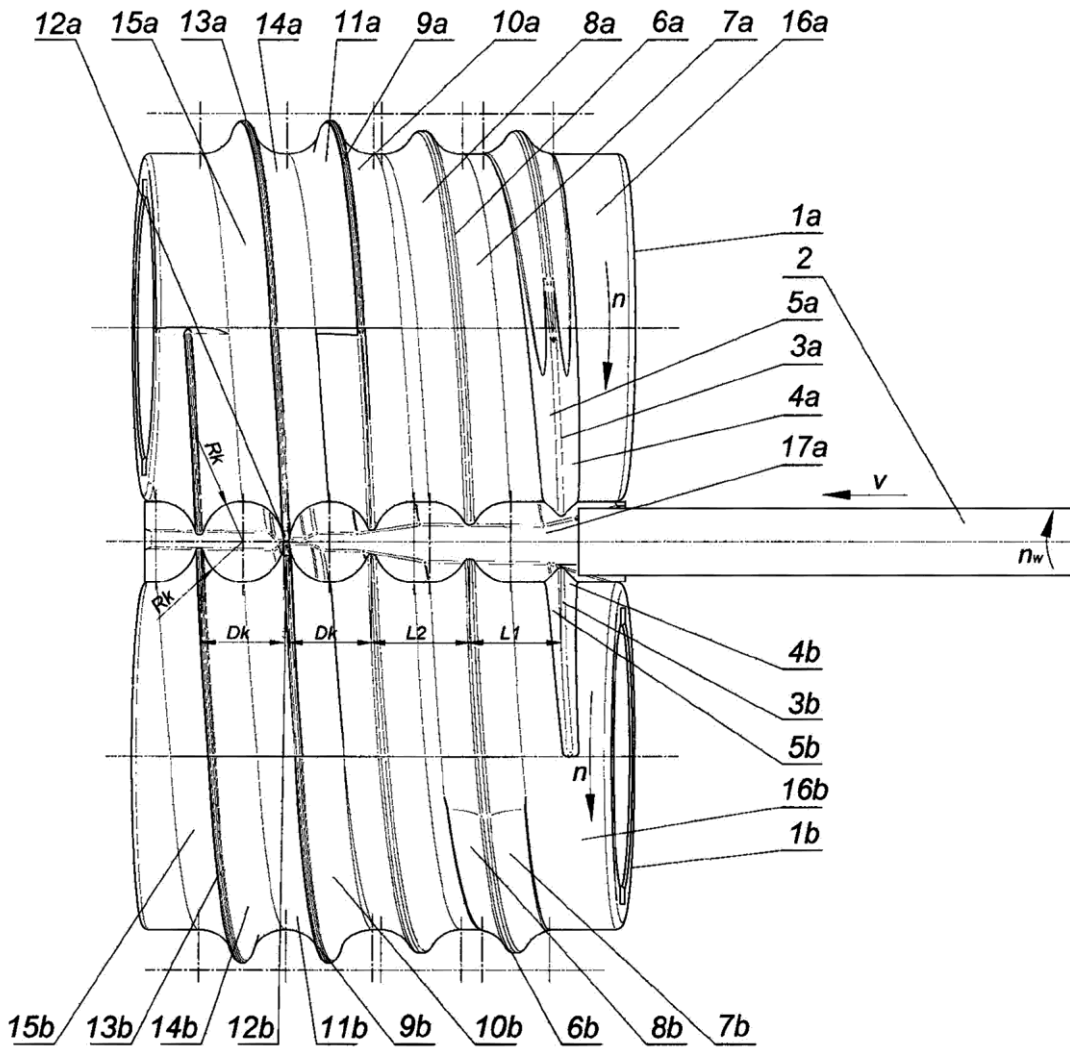


Fig. 4

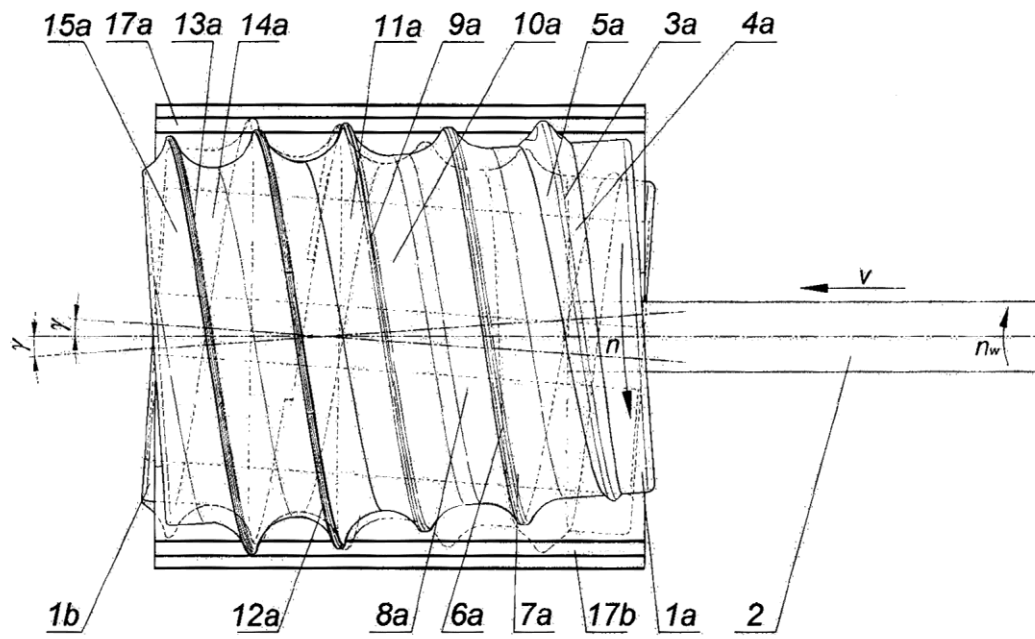


Fig. 5

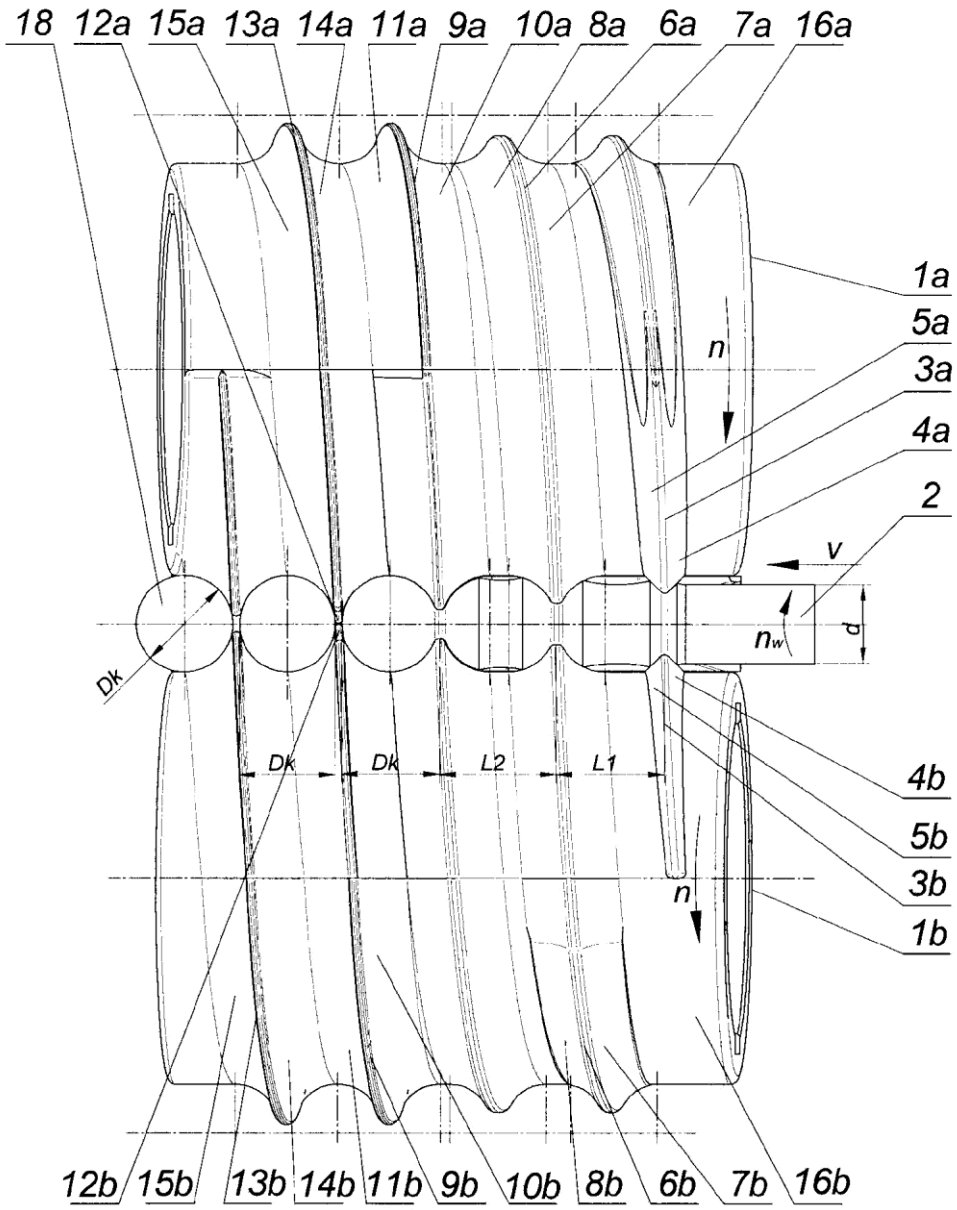


Fig. 6

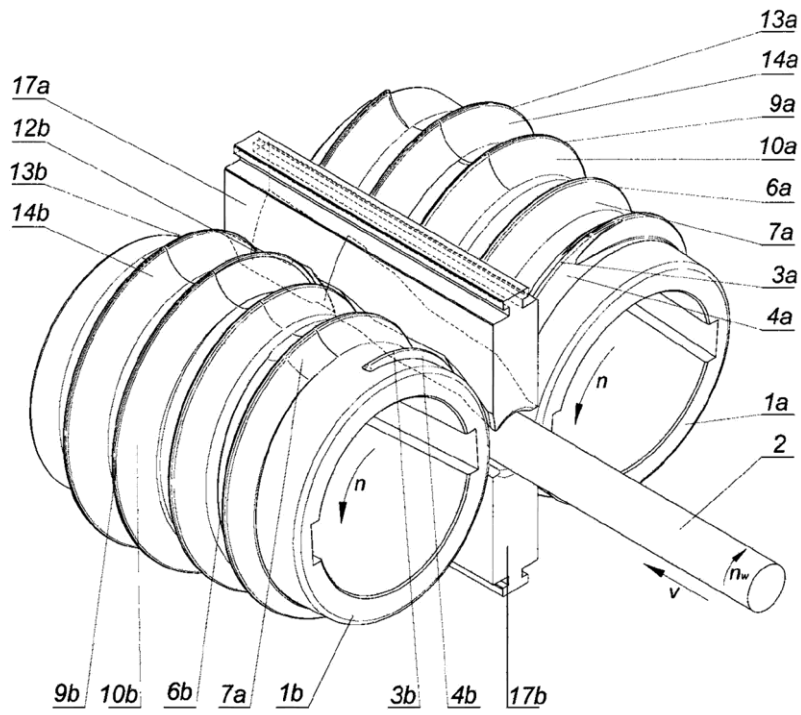


Fig. 7

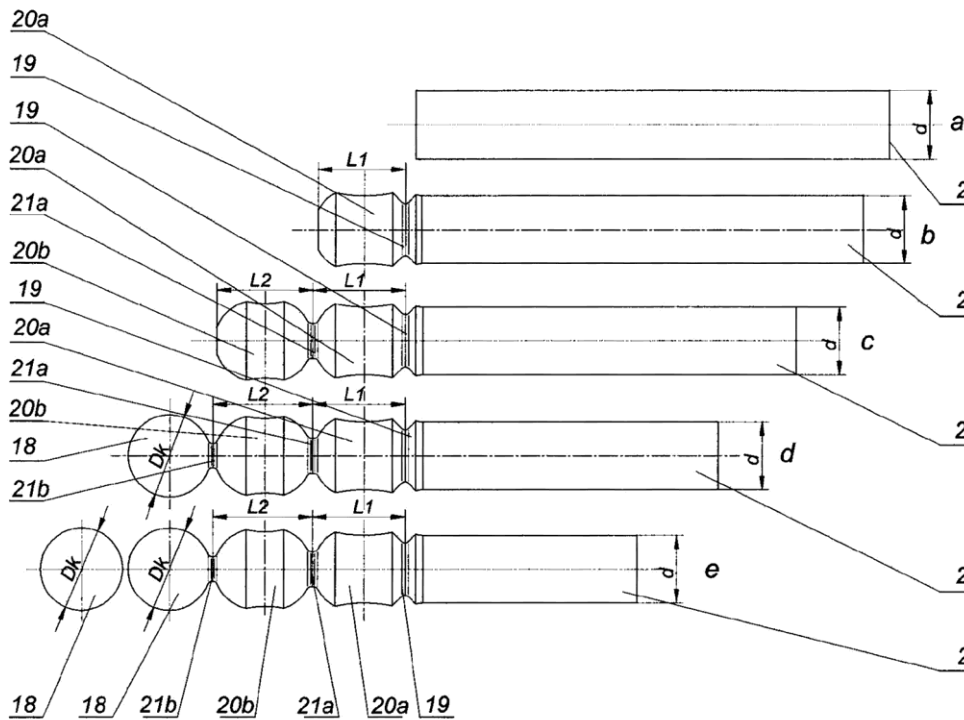


Fig. 8