

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **221264**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **405298**

(51) Int.Cl.
B23F 1/08 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **10.09.2013**

(54) **Sposób i urządzenie do kształtowania plastycznego uzębień kół zębatych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
16.03.2015 BUP 06/15

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.03.2016 WUP 03/16

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

(72) Twórca(y) wynalazku:
JANUSZ TOMCZAK, Lublin, PL
ZBIGNIEW PATER, Turka, PL
JAROSŁAW BARTNICKI, Lublin, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Tomasz Milczek

PL 221264 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do kształtowania plastycznego uzębień kół zębatych, zwłaszcza uzębień zewnętrznych metodą przepychania obrotowego.

Dotychczas znanych i stosowanych jest szereg metod kształtowania uzębień kół zębatych, które głównie opierają się na procesach obróbki skrawaniem, gdzie otrzymanie zarysu koła zębatego uzyskuje się przez zdjęcie kolejnych warstw materiału. Procesy obróbki mechanicznej uzębień kół zębatych opisano w książce autorstwa Ochęduszek K. „Koła zębate. Wykonanie i montaż” T. 2. WNT, Warszawa 2009. Mechaniczną obróbkę uzębień kół zębatych autor podzielił na dwie grupy w zależności od kształtu narzędzi oraz kinematyki ruchu wyrobu i narzędzia. Pierwsza grupa obejmuje metody kształtowe, które polegają na zastosowaniu narzędzi skrawających o części roboczej posiadającej kształt wrębu zęba obrabianego koła zębatego. Druga grupa obejmuje metody obwiedniowe nacinania uzębień kół zębatych, w których wykorzystuje się współpracę narzędzia z kształtowanym kołem. Zarys zębów powstaje poprzez zazębianie się koła z narzędziem. Do najczęściej spotykanych sposobów obwiedniowej obróbki kół zębatych można zaliczyć między innymi dłutowanie obwiedniowe metodą Maaga, w którym narzędzie ma postać listwy zębatej wykonującej ruch postępowo-zwrotny, natomiast koło wykonuje ruch obrotowy i postępowy w kierunku narzędzia. Innym sposobem obróbki obwiedniowej kół zębatych jest dłutowanie metodą Sunderlanda, w której narzędzie w postaci listwy zębatej wykonuje ruch postępowo-zwrotny oraz postępowy w kierunku koła, natomiast wieniec zębaty wykonuje ruch obrotowy. Znany jest również sposób dłutowania uzębień kół zębatych metodą Fellowsa, w której narzędzie ma kształt koła zębatego wykonującego ruch roboczy postępowo-zwrotny oraz obrotowy. Natomiast obrabiane koło zębate wykonuje ruch obrotowy oraz postępowy w kierunku narzędzia. Szerokie zastosowanie znalazła również obwiedniowa metoda frezowania kół zębatych sposobem Gleasona. W metodzie tej narzędzie ma kształt ślimaka z wyciętymi rowkami wzdłuż osi. W przekroju normalnym ślimak ma kształt zębatki. Narzędzie wykonuje ruch roboczy obrotowy, natomiast kształtowany wieniec zębaty wykonuje ruch obrotowy oraz postępowy w kierunku narzędzia.

Znane są również plastyczne sposoby obróbki kół zębatych, wśród których można wyróżnić procesy kucia oraz walcowania wieńców zębatych. Charakterystyka procesów plastycznego kształtowania kół zębatych opisana jest w literaturze autorstwa Turno A., Romanowski M., Olszewski M. „Obróbka plastyczna kół zębatych” WNT, Warszawa 1973. Opisane w książce procesy kucia kół zębatych stosowane są najczęściej do kształtowania kół stożkowych, talerzowych oraz specjalnych. Proces kucia polega na wywarciu nacisku na wsad narzędziami, które posiadają kształt wewnętrzny odpowiadający kształtowi odkuwki. W wyniku wywieranego nacisku metal wypełnia wykrój narzędzi, dzięki czemu następuje ukształtowanie koła zębatego. Cechą charakterystyczną procesów kucia kół zębatych jest to, że wyroby są odbiciem – negatywem narzędzi. Drugim sposobem kształtowania wieńców zębatych jest proces walcowania, w którym kształt wyrobu jest obwiednią kolejnych punktów zębów obracającego się narzędzia. Kształtowanie następuje stopniowo, a maksymalne naciski niezbędne do ukształtowania zębów są znacznie mniejsze niż przy kuciu. W zależności od kinematyki procesu spotyka się kilka sposobów walcowania uzębień kół zębatych. W procesie walcowania uzębienia na zimno stosuje się trzy rolki nienapędzane. Wstępniaki w postaci pakietu tulei lub pręta mocowane są w uchwycie tokarki i podpierane kłem. Trzy rolki robocze – zębate o stałym rozstawie osi przesuwały się wydłuż materiał, który wykonuje ruch obrotowy i napędza rolki robocze. Inną metodą walcowania uzębienia kół zębatych jest proces walcowania stycznego, który polega na stycznym przemieszczaniu walcowanego koła między dwoma obracającymi się walcami uzębionymi o stałych osiach. Ten sposób stosowany jest przede wszystkim do walcowania uzębienia o niewielkich wymiarach. Znany jest również proces walcowania uzębienia kół trzema rolkami napędzanymi w tym samym kierunku, między którymi znajduje się obrabiany materiał. Według tego układu spotyka się walcowanie przelotowe oraz wgłębne. Proces walcowania w układzie trójrolkowym jest stosowany przede wszystkim do kształtowania na zimno gwintów oraz wielokarbów o niewielkich wymiarach.

Istotą sposobu kształtowania plastycznego uzębienia kół zębatych, zwłaszcza uzębienia zewnętrznego metodą przepychania obrotowego jest to, że półfabrykat w kształcie stopniowego wałka umieszcza się w gnieździe głowicy popychacza, następnie nagrzewa się indukcyjnie przy pomocy induktora powierzchniowe warstwy półfabrykatu na stopniu wałka, na którym kształtuje się uzębienie do temperatury właściwej dla obróbki plastycznej na gorąco dla materiału, z którego wykonany jest półfabrykat, przy czym korzystnie jest aby głębokość nagrzanej warstwy materiału nie była mniejsza od trzech wartości modułu kształtowanego uzębienia, zaś średnica stopnia wałka półfabrykatu, na którym kształtuje się

uzębienie jest mniejsza od średnicy zewnętrznej ukształtowanego uzębienia, po czym uruchamia się ruch obrotowy trzech jednakowych narzędzi w kształcie walców w tym samym kierunku i z taką samą prędkością, następnie wprawia się w ruch postępowy głowicę popychacza ze stałą prędkością w kierunku trzech narzędzi i przemieszcza się półfabrykat w kierunku trzech jednakowych narzędzi, po czym wcina się w stopień wałka półfabrykatu uzębienie trzech wieńców zębatych, które znajdują się na narzędziach, przez co półfabrykat obraca się ze stałą prędkością w kierunku przeciwnym do kierunku obrotów narzędzi i jednocześnie kształtuje się stopniowo uzębienie na stopniu wałka półfabrykatu, przy czym korzystne jest aby stosunek prędkości postępowej głowicy popychacza do prędkości obrotowej półfabrykatu był mniejszy od 20 mm/obr. Trzy jednakowe narzędzia w kształcie walców wprowadza się w ruch obrotowy, a następnie w trakcie kształtowania uzębienia na stopniu wałka półfabrykatu cyklicznie zmienia się kierunek ruchu obrotowego narzędzi. Kształtuje się na zimno uzębienie na stopniu wałka półfabrykatu.

Istotą urządzenia do kształtowania plastycznego uzębień kół zębatych, zwłaszcza uzębień zewnętrznych metodą przepychania obrotowego składającego się z trzech jednakowych narzędzi, nagrzewnicy indukcyjnej, oraz popychacza jest to, że trzy jednakowe narzędzia mają kształt walców, na których znajdują się wieńce zębate, przy czym trzy jednakowe narzędzia rozmieszczone są symetrycznie dookoła osi półfabrykatu, zaś odległości między osiami narzędzi, a osią półfabrykatu są jednakowe i równe są rozstawowi osi hipotetycznej przekładni zębatej utworzonej przez wieńce zębate i wieńce z kształtowanym uzębieniem na stopniu wałka półfabrykatu, przy czym wieńce zębate, umieszczone są na narzędziach i posiadają stożkową część wejściową i wyjściową, które pochylone są pod jednakowymi kątami do osi narzędzi, zaś uzębienie w obszarze stożka wejściowego i wyjściowego ma kształt klina rozszerzającego się od powierzchni czołowych narzędzi w kierunku obszarów centralnych narzędzi, następnie w strefie centralnej wieńców zębatych za stożkową częścią wejściową i wyjściową znajduje się uzębiona część robocza, w której zarys zębów wieńców zębatych odpowiada zarysowi kształtowanego uzębienia, zaś przed narzędziami od strony wejściowej umieszczony jest induktor nagrzewnicy indukcyjnej, zaś przed induktorem znajduje się popychacz z głowicą.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że pozwala na kształtowanie uzębień zewnętrznych metodą walcowania przy wykorzystaniu narzędzi w kształcie walców uzębionych. Ukształtowane plastycznie uzębienia zewnętrznych wieńców zębatych posiadają korzystniejszą strukturę wewnętrzną w stosunku do uzębień wytwarzanych metodami obróbki mechanicznej, dzięki czemu wytrzymałość wytworzonych w ten sposób elementów jest znacznie wyższa. Zastosowanie obrotowych narzędzi kształtujących – walców uzębionych pozwala na kształtowanie jednym kompletem narzędzi uzębionych wieńców zewnętrznych o różnych liczbach zębów w zakresie jednego modułu. Dodatkowo możliwe jest kształtowanie wieńców zewnętrznych z uzębieniami prostymi i śrubowymi oraz innych kształtów na powierzchniach cylindrycznych powtarzających się okresowo, typu wielowypusty, wielokarby, gwinty. Wynalazek jest uniwersalny i może być stosowany do kształtowania uzębień na wałkach ze wszystkich metali i stopów przeznaczonych do obróbki plastycznej.

Wynalazek został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok izometryczny narzędzi oraz półfabrykatu w początkowym etapie procesu kształtowania, fig. 2 – widok z boku narzędzi i półfabrykatu w początkowym etapie kształtowania, fig. 3 – widok narzędzi i półfabrykatu z przodu w początkowym etapie kształtowania, fig. 4 – widok izometryczny narzędzi oraz ukształtowanego uzębienia w końcowym etapie procesu kształtowania, fig. 5 – widok z boku narzędzi i półfabrykatu z ukształtowanym uzębieniem w końcowym etapie kształtowania, zaś fig. 6 – widok z przodu narzędzi i półfabrykatu z ukształtowanym uzębieniem w końcowym etapie kształtowania.

Sposób kształtowania plastycznego uzębień kół zębatych, zwłaszcza uzębień zewnętrznych metodą przepychania obrotowego w przykładzie wykonania uzębienia o module $m = 3$ mm i liczbie zębów $z = 24$ na stalowym wałku uzębionym polega na tym, że półfabrykat 2 w kształcie stopniowego wałka umieszcza się w gnieździe głowicy 1 popychacza 9. Następnie nagrzewa się indukcyjnie przy pomocy induktora 4 powierzchniowe warstwy półfabrykatu 2 na stopniu 3 wałka, na którym kształtuje się uzębienie 7 do temperatury właściwej dla obróbki plastycznej na gorąco materiału, z którego wykonany jest półfabrykat 2, wynoszącej dla stali 1100°C . Głębokość nagrzanej warstwy materiału wynosi 10 mm. Średnica $d = 74$ mm stopnia 3 wałka półfabrykatu 2, na którym kształtuje się uzębienie 7 jest mniejsza od średnicy zewnętrznej $d_a = 78$ mm ukształtowanego uzębienia 7. Następnie uruchamia się ruch obrotowy trzech jednakowych narzędzi 5a, 5b i 5c w kształcie walców w tym samym kierunku i z taką samą prędkością $n_1 = 20$ obr/min. Następnie wprawia się w ruch postępowy głowicę 1

popychacza 9 ze stałą prędkością V, która wynosi 5 mm/s w kierunku trzech narzędzi 5a, 5b, 5c i przemieszcza się półfabrykat 2 w kierunku trzech jednakowych narzędzi 5a, 5b i 5c. W wyniku czego wcina się uzębienie trzech wieńców 6a, 6b i 6c zębatych o liczbie zębów $z_2 = 72$, które znajdują się na narzędziach 5a, 5b, 5c w stopień 3 wałka półfabrykatu 2, przez co półfabrykat 2 obraca się ze stałą prędkością n_2 , która wynosi 60 obr/min w kierunku przeciwnym do kierunku obrotów narzędzi 5a, 5b, 5c i jednocześnie kształtuje się stopniowo uzębienie 7 na stopniu 3 wałka półfabrykatu 2. Stosunek prędkości $V = 5$ mm/s postępowej głowicy 1 popychacza do prędkości $n_2 = 60$ obr/min obrotowej półfabrykatu 2 wynosi $V/n_2 = 5$ mm/obr. Trzy jednakowe narzędzia 5a, 5b i 5c w kształcie walców wprowadza się w ruch obrotowy, a następnie w trakcie kształtowania uzębienia 7 na stopniu 3 wałka półfabrykatu 2 cyklicznie zmienia się kierunek ruchu obrotowego narzędzi 5a, 5b i 5c. Przy małych wartościach modułu, mniejszych od 2 mm, uzębienie 7 na stopniu 3 wałka półfabrykatu kształtuje się na zimno.

Urządzenie do kształtowania plastycznego uzębień kół zębatych, zwłaszcza uzębień zewnętrznych metodą przepychania obrotowego składa się z trzech jednakowych narzędzi, nagrzewnicy indukcyjnej, oraz popychacza. Trzy jednakowe narzędzia 5a, 5b i 5c mają kształt walców, na których znajdują się wieńce 6a, 6b i 6c zębate. Trzy jednakowe narzędzia 5a, 5b i 5c rozmieszczone są symetrycznie dookoła osi półfabrykatu 2, zaś odległości między osiami narzędzi 5a, 5b i 5c, a osią półfabrykatu 2 są jednakowe i równe są rozstawowi osi hipotetycznej przekładni zębatej utworzonej przez wieńce 6a, 6b i 6c zębate oraz wieniec z kształtowanym uzębieniem 7 na stopniu 3 wałka półfabrykatu 2. Wieńce 6a, 6b i 6c zębate, umieszczone są na narzędziach 5a, 5b i 5c posiadają stożkową część wejściową i wyjściową, które pochylone są pod jednakowymi kątami β do osi narzędzi 5a, 5b i 5c, zaś uzębienie w obszarze stożka wejściowego i wyjściowego ma kształt klina rozszerzającego się od powierzchni czołowych narzędzi 5a, 5b i 5c w kierunku obszarów centralnych narzędzi 5a, 5b i 5c. Następnie w strefie A centralnej wieńców 6a, 6b i 6c zębatych za stożkową częścią wejściową i wyjściową znajduje się uzębiona część 8a, 8b, 8c robocza, w której zarys zębów wieńców 6a, 6b i 6c zębatych odpowiada zarysowi kształtowanego uzębienia 7, zaś przed narzędziami 5a, 5b i 5c od strony wejściowej umieszczony jest induktor 4 nagrzewnicy indukcyjnej. Natomiast przed induktorem 4 znajduje się popychacz 9 z głowicą 1, która może obracać się swobodnie dookoła swojej osi.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób kształtowania plastycznego uzębień kół zębatych, zwłaszcza uzębień zewnętrznych metodą przepychania obrotowego, **znamienny tym**, że półfabrykat (2) w kształcie stopniowego wałka umieszcza się w gnieździe głowicy (1) popychacza (9), następnie nagrzewa się indukcyjnie przy pomocy induktora (4) powierzchniowe warstwy półfabrykatu (2) na stopniu (3) wałka, na którym kształtuje się uzębienie (7) do temperatury właściwej dla obróbki plastycznej na gorąco dla materiału, z którego wykonany jest półfabrykat (2), przy czym korzystnie jest aby głębokość nagrzanej warstwy materiału nie była mniejsza od trzech wartości modułu kształtowanego uzębienia (7), zaś średnica (d) stopnia (3) wałka półfabrykatu (2), na którym kształtuje się uzębienie (7) jest mniejsza od średnicy zewnętrznej (d_a) ukształtowanego uzębienia (7), po czym uruchamia się ruch obrotowy trzech jednakowych narzędzi (5a), (5b) i (5c) w kształcie walców w tym samym kierunku i z taką samą prędkością (n_1), następnie wprawia się w ruch postępowy głowicę (1) popychacza (9) ze stałą prędkością (V) w kierunku trzech narzędzi (5a), (5b), (5c) i przemieszcza się półfabrykat (2) w kierunku trzech jednakowych narzędzi (5a), (5b) i (5c), po czym wcina się w stopień (3) wałka półfabrykatu (2) uzębienie trzech wieńców (6a), (6b) i (6c) zębatych, które znajdują się na narzędziach (5a), (5b), (5c), przez co półfabrykat (2) obraca się ze stałą prędkością (n_2) w kierunku przeciwnym do kierunku obrotów narzędzi (5a), (5b), (5c) i jednocześnie kształtuje się stopniowo uzębienie (7) na stopniu (3) wałka półfabrykatu (2), przy czym korzystnie jest aby stosunek prędkości (V) postępowej głowicy (1) popychacza do prędkości (n_2) obrotowej półfabrykatu (2) był mniejszy od 20 mm/obr.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że trzy jednakowe narzędzia (5a), (5b) i (5c) w kształcie walców wprowadza się w ruch obrotowy, a następnie w trakcie kształtowania uzębienia (7) na stopniu (3) wałka półfabrykatu (2) cyklicznie zmienia się kierunek ruchu obrotowego narzędzi (5a), (5b) i (5c).

3. Sposób według zastrz. 1 i 2, **znamienny tym**, że kształtuje się na zimno uzębienie (7) na stopniu (3) wałka półfabrykatu (2).

4. Urządzenie do kształtowania plastycznego uzębień kół zębatych, zwłaszcza uzębień zewnętrznych metodą przepychania obrotowego składające się z trzech jednakowych narzędzi, nagrzewnicy indukcyjnej, oraz popychacza, **znamiennie tym**, że trzy jednakowe narzędzia (5a), (5b) i (5c) mają kształt walców, na których znajdują się wieńce (6a), (6b) i (6c) zębate, przy czym trzy jednakowe narzędzia (5a), (5b) i (5c) rozmieszczone są symetrycznie dookoła osi półfabrykatu (2), zaś odległości między osiami narzędzi (5a), (5b) i (5c), a osią półfabrykatu (2) są jednakowe i równe rozstawowi osi hipotetycznej przekładni zębatej utworzonej przez wieńce (6a), (6b) i (6c) zębate oraz wieniec z kształtowanym uzębieniem (7) na stopniu (3) wałka półfabrykatu (2), przy czym wieńce (6a), (6b) i (6c) zębate, umieszczone są na narzędziach (5a), (5b), (5c) i posiadają stożkową część wejściową i wyjściową, które pochylone są pod jednakowymi kątami (β) do osi narzędzi (5a), (5b) i (5c), zaś uzębienie w obszarze stożka wejściowego i wyjściowego ma kształt klina rozszerzającego się od powierzchni czołowych narzędzi (5a), (5b) i (5c) w kierunku obszarów centralnych narzędzi (5a), (5b) i (5c), następnie w strefie (A) centralnej wieńców (6a), (6b) i (6c) zębatych za stożkową częścią wejściową i wyjściową znajduje się uzębiona część (8a), (8b), (8c) robocza, w której zarys zębów wieńców (6a), (6b) i (6c) zębatych odpowiada zarysowi kształtowanego uzębienia (7), zaś przed narzędziami (5a), (5b) i (5c) od strony wejściowej umieszczony jest induktor (4) nagrzewnicy indukcyjnej, zaś przed induktorem (4) znajduje się popychacz (9) z głowicą (1).

Rysunki

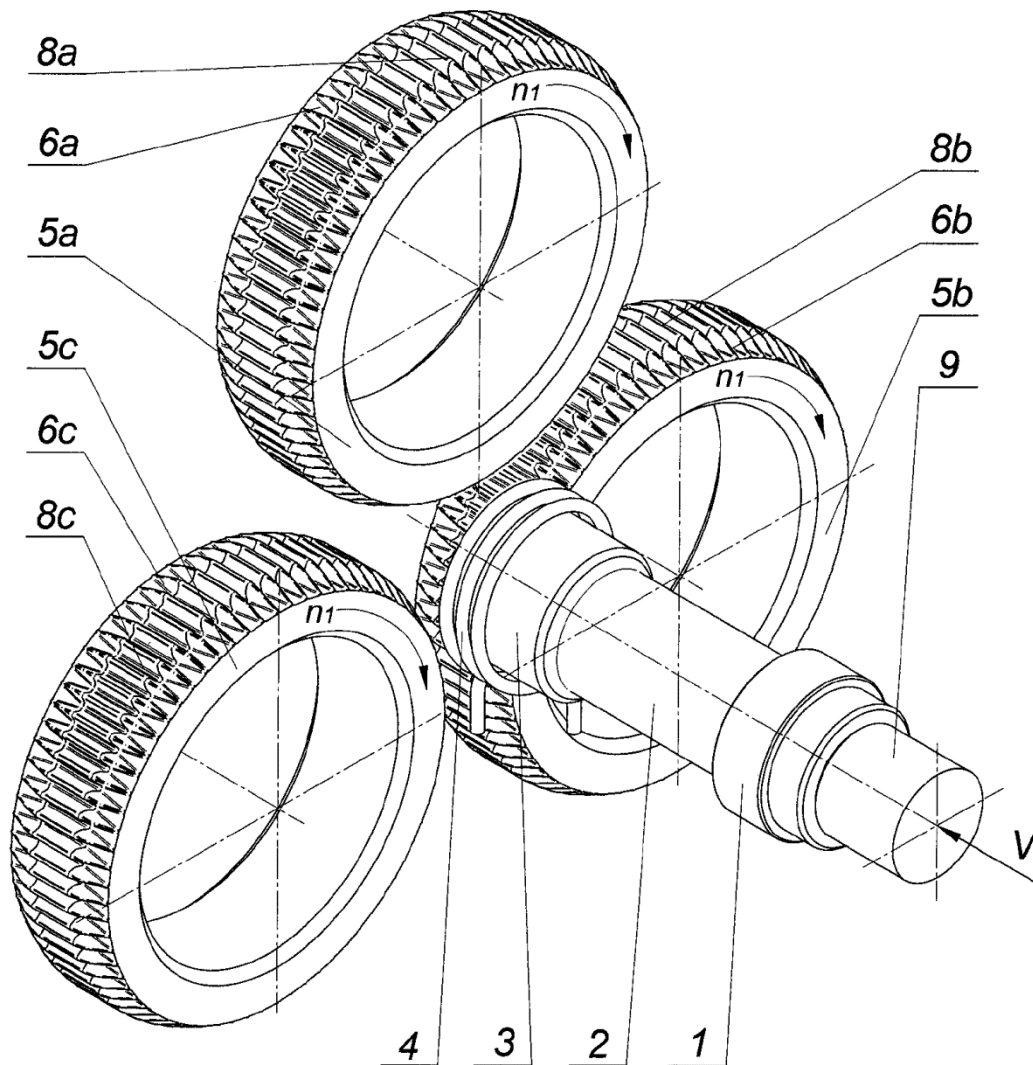


Fig. 1

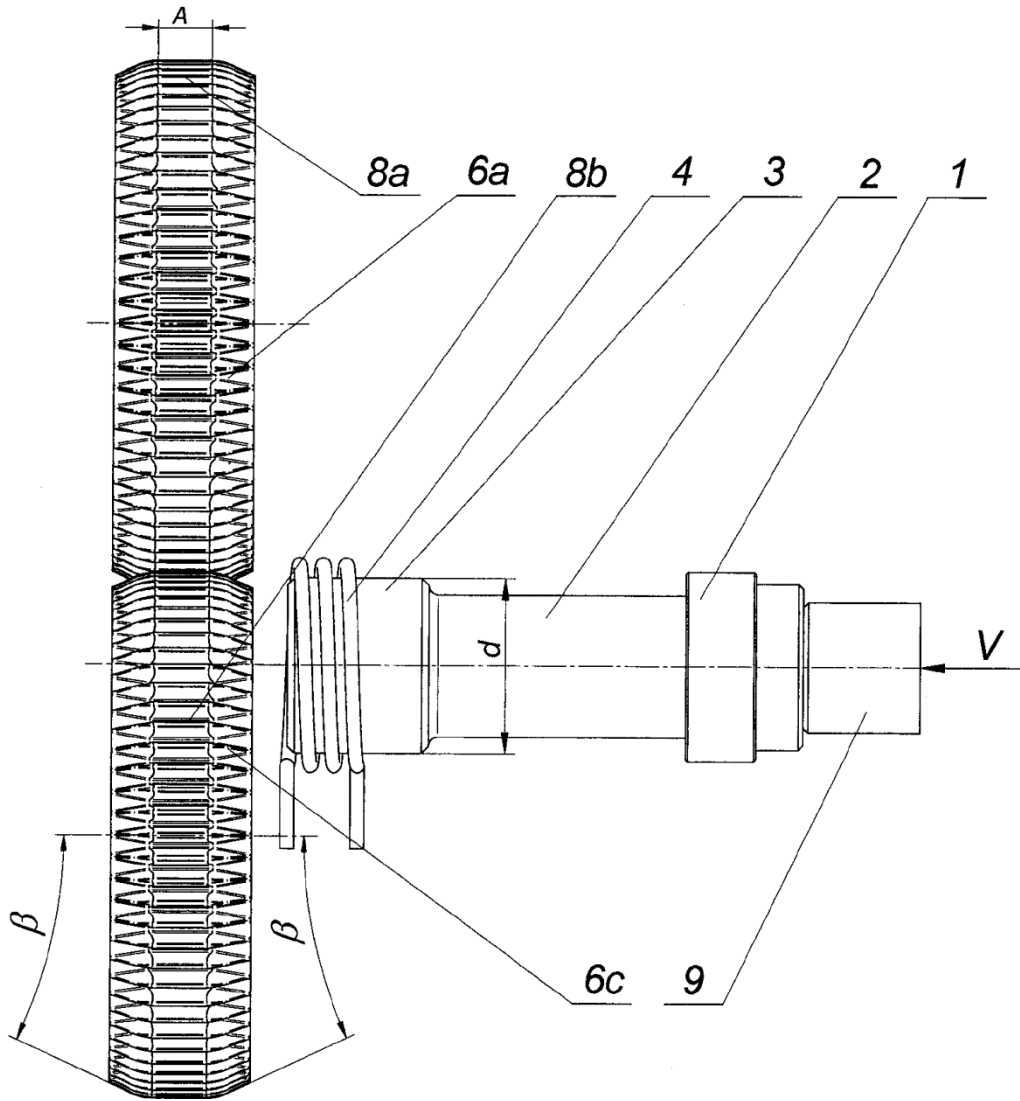


Fig. 2

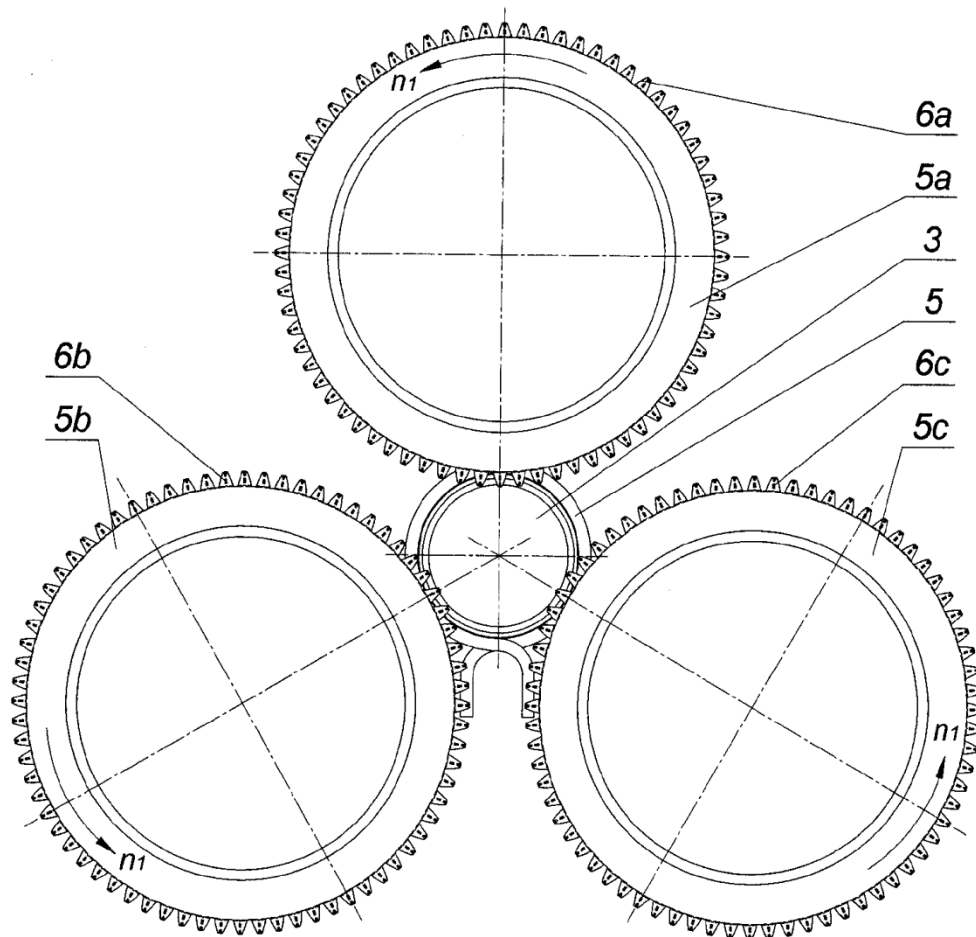


Fig. 3

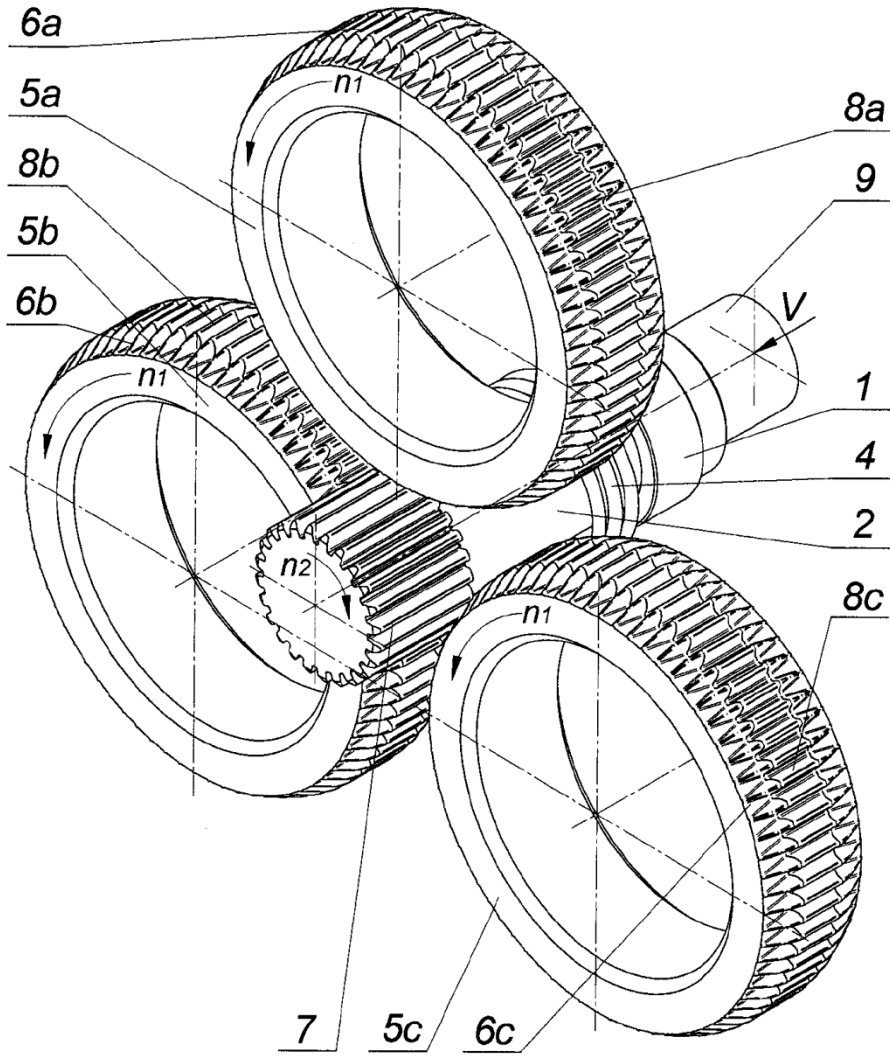


Fig. 4

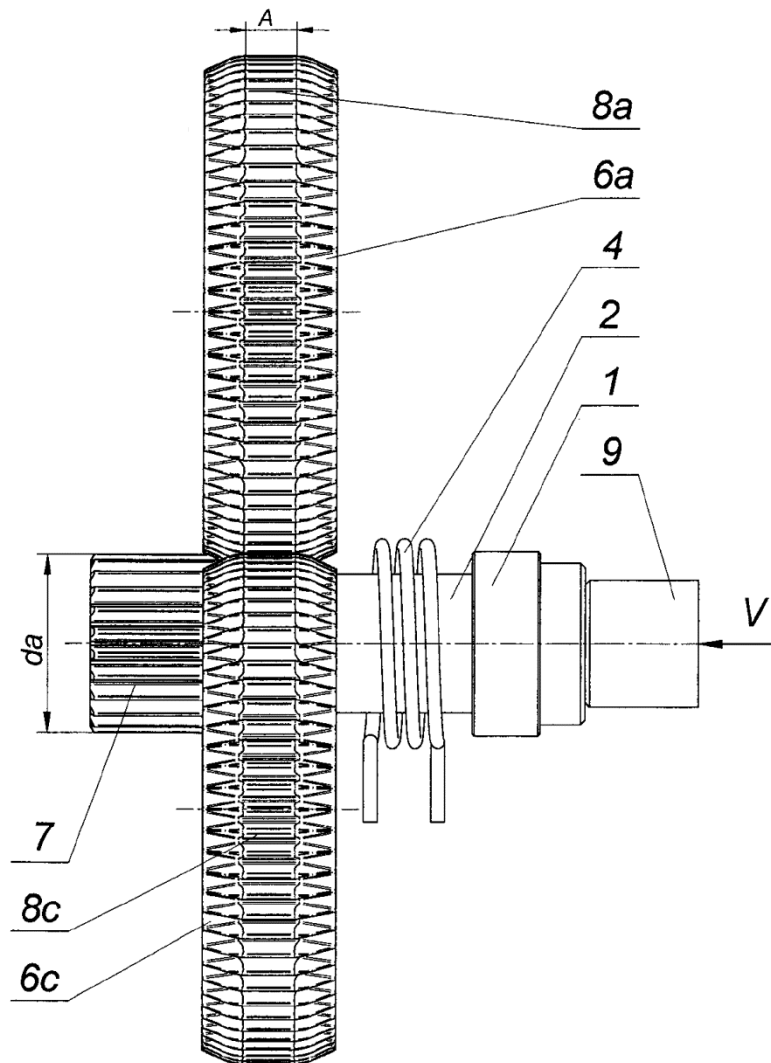


Fig. 5

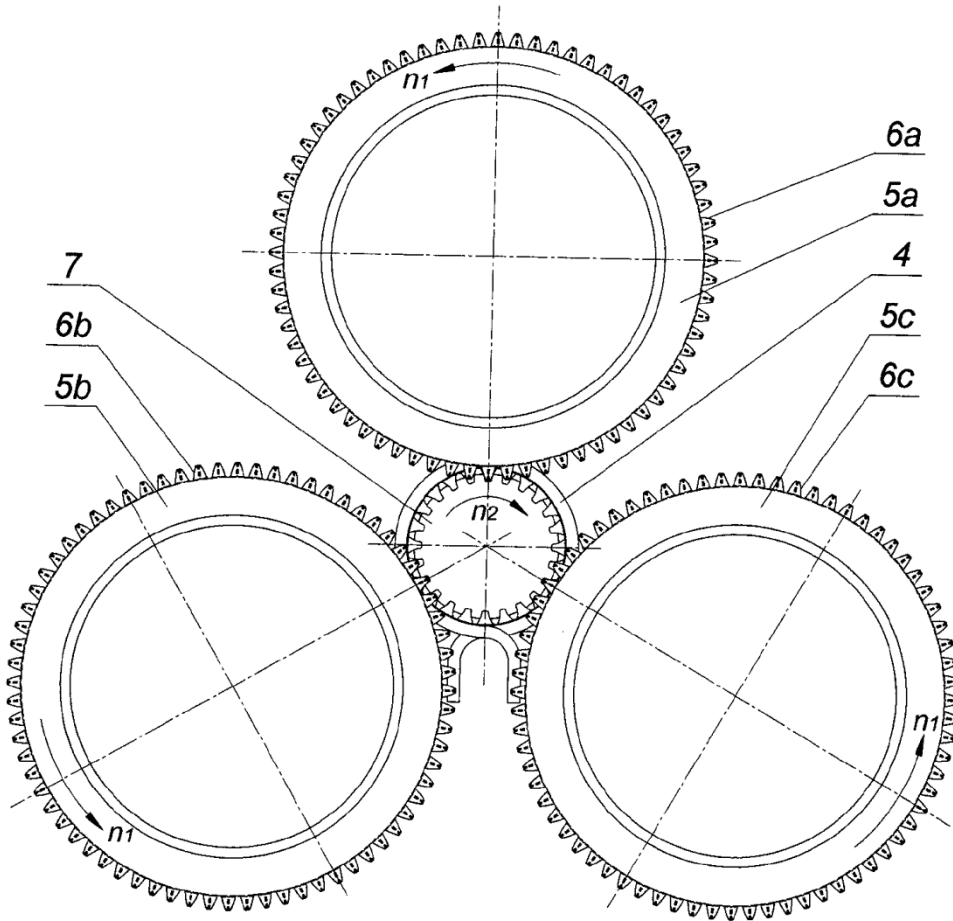


Fig. 6

