

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **234301**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **425159**

(22) Data zgłoszenia: **09.04.2018**

(51) Int.Cl.

B21B 13/04 (2006.01)

B21B 19/02 (2006.01)

B21B 27/02 (2006.01)

(54) **Narzędzia i sposób rozdrabniania struktury w walcierce skośnej trzema walcami**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

21.10.2019 BUP 22/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

28.02.2020 WUP 02/20

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA LUBELSKA, Lublin, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

TOMASZ BULZAK, Lublin, PL

JANUSZ TOMCZAK, Kalinówka, PL

ZBIGNIEW PATER, Turka, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Maciej Nowicki

PL 234301 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku są narzędzia i sposób rozdrabniania struktury w walcierce skośnej trzema walcami.

Dotychczas znanych i stosowanych jest szereg metod rozdrabniania struktury mikrometrycznej materiałów metalowych do struktury nanometrycznej. Rozdrabnianie struktury realizowane jest poprzez wywołanie w kształtowanym materiale dużych odkształceń plastycznych wskutek działania naprężeń ścinających bez zmiany kształtu materiału wyjściowego.

Znany jest proces przeciskania przez kanał kątowy ECAP opisany szczegółowo m.in. w artykule Melicher R. „Numerical simulation of plastic deformation of aluminium workpiece induced by ECAP technology”, Applied and Computational Mechanics, 2009. W procesie ECAP materiał przeciskany jest przez zakrzywiony kanał w obszarze zagięcia kanału wskutek działania naprężeń ścinających doznaje odkształceń plastycznych bez zmiany kształtu początkowego. Metodą ECAP rozdrabnia się strukturę krótkich odcinków prętów zazwyczaj o przekroju kwadratowym.

Znany jest również sposób skręcania pod wysokim ciśnieniem HPT, który opisano m.in. w artykule Alsubaie S. A., Huang Y., Langdon T. G. „Hardness evolution of AZ80 magnesium alloy processed by HPT at different temperature”, Journal of Materials Research and Technology, 2017. Skręcanie pod wysokim ciśnieniem polega na jednoczesnym ściskaniu i skręcaniu materiału. Materiał pod działaniem wysokiego ciśnienia wywołanego ściskaniem odkształca się przez ścinanie. W procesie tym rozdrabnianie struktury realizowane jest w materiale wyjściowym w postaci dysku.

Znany jest również sposób cyklicznego walcowania wielowarstwowego, który został opisany m.in. Kuśnierz J., Bogucka J. „Accumulative roll bonding (ARB) of Al99,8%”, Archives of Metallurgy and Materials, 2005. Cykliczne walcowanie wielowarstwowe polega na wielokrotnym walcowaniu pakietu blach. Po procesie walcowania blacha jest rozcinana i składana w pakiet, który w dalszej kolejności poddawany jest kolejnemu walcowaniu. Wywołanie dużego odkształcenia pozwala zgrzać materiał i rozdrobnić jego strukturę.

Znany jest również sposób walcowania asymetrycznego, który opisano w książce Dyja H., Sałganik W. M., Piesin A. M., Kawalek A. „Asymetryczne walcowanie blach cienkich teoria, technologia i nowe rozwiązania”, Częstochowa 2008. W procesie walcowania asymetrycznego naprężenia ścinające w walcowanym materiale wywołane są różnicą prędkości obwodowych walców. Różnice te można wywołać stosując walce o różnych średnicach oraz poprzez nadanie im różnych prędkości obrotowych. Metoda walcowania asymetrycznego stosowana jest głównie do wyrobów typu blacha.

Znane są również narzędzia do walcowania skośnego opisane w europejskim patencie EP0703015B1. Narzędzia opisane w tym patencie mają kształt stożka ściętego, w którym tworząca jest krzywą stopniowaną. Narzędzia do realizacji procesu walcowania wyrobów drążonych opisane w tym patencie posiadają cztery strefy. Cechą tych narzędzi jest to, że wszystkie trzy posiadają identyczny kształt.

Cechą charakterystyczną obecnie znanych i stosowanych metod rozdrabniania struktury jest to, że w przypadku wyrobów typu pręt odkształcaniu poddawane są półfabrykaty o stosunkowo niewielkich wymiarach długościowych. Powoduje to niską wydajność tego typu procesów. W przypadku obecnie znanych procesów dużą wydajność można uzyskać wyłącznie w przypadku ciągłego odkształcania wyrobów typu blacha w procesach bazujących na walcowaniu. Natomiast nie spotyka się procesów rozdrabniania struktury bazujących na walcowaniu, które mogłyby być zastosowane do rozdrabniania struktury wyrobów typu pręt.

Celem wynalazku jest rozdrabnianie struktury materiału w postaci pręta z wykorzystaniem procesu, który opiera się na walcowaniu skośnym.

Istotą narzędzi do rozdrabniania struktury w walcierce skośnej trzema walcami jest to, że składają się z trzech walców. Pierwszy walec od strony wejścia posiada pierwszą strefę wejściową o tworzącej nachylonej pod kątem do osi walca, z którą sąsiaduje pierwsza strefa ciągnąca o powierzchni walcowej i średnicy większej od średnicy pierwszej strefy kalibrującej, za którą znajduje się pierwsza strefa przeginająca o tworzącej nachylonej pod kątem do osi pierwszego walca. Za pierwszą strefą przeginającą znajduje się pierwsza strefa kalibrująca o powierzchni walcowej i średnicy mniejszej od średnicy powierzchni walcowej w pierwszej strefie ciągnącej. Na końcu walca znajduje się pierwsza strefa wyjściowa o tworzącej nachylonej pod kątem do osi pierwszego walca. Drugi walec od strony wejścia posiada drugą strefę wejściową o tworzącej nachylonej pod kątem do osi drugiego walca, z którą sąsiaduje

druga strefa ciągnąca o powierzchni walcowej i średnicy równej średnicy powierzchni walcowej w pierwszej strefie ciągnącej, za którą znajduje się druga strefa przeginająca o tworzącej nachylonej pod kątem do osi drugiego walca. Za drugą strefą przeginającą znajduje się strefa kalibrująca o powierzchni walcowej i średnicy większej od średnicy powierzchni walcowej w drugiej strefie ciągnącej. Na końcu walca znajduje się druga strefa wyjściowa o tworzącej nachylonej pod kątem do osi drugiego walca. Trzeci walec od strony wejścia posiada trzecią strefę wejściową o tworzącej nachylonej pod kątem do osi trzeciego walca, z którą sąsiaduje trzecia strefa ciągnąca o powierzchni walcowej i średnicy równej średnicy powierzchni walcowej w pierwszej i drugiej strefie ciągnącej, za którą znajduje się trzecia strefa przeginająca o tworzącej nachylonej pod kątem do osi trzeciego walca. Za trzecią strefą przeginającą znajduje się trzecia strefa kalibrująca o powierzchni walcowej i średnicy większej od średnicy powierzchni walcowej w trzeciej strefie ciągnącej. Na końcu walca znajduje się trzecia strefa wyjściowa o tworzącej nachylonej pod kątem do osi walca.

Istotą sposobu rozdrabniania struktury w walcierce skośnej trzema walcami jest to, że półfabrykat w kształcie odcinka pręta umieszcza się w przestrzeni wejściowej narzędzi, która utworzona jest przez trzy walce robocze ustawione skośnie względem osi półfabrykatu i obracające się w tym samym kierunku z jednakową prędkością. Następnie półfabrykat chwyta się przez walce w pierwszej, drugiej i trzeciej strefie ciągnącej, którymi wprawia się półfabrykat w ruch obrotowy i ruch postępowy. W dalszej kolejności półfabrykat przegina się na granicy pomiędzy pierwszą strefą ciągnącą i pierwszą strefą przeginającą oraz granicy pomiędzy drugą strefą ciągnącą i drugą strefą przeginającą, a także granicy pomiędzy trzecią strefą ciągnącą i trzecią strefą przeginającą. W dalszej kolejności półfabrykat przegina się na granicy pomiędzy pierwszą strefą przeginającą i pierwszą strefą kalibrującą oraz granicy pomiędzy drugą strefą przeginającą i drugą strefą kalibrującą, a także granicy pomiędzy trzecią strefą przeginającą i trzecią strefą kalibrującą.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że pozwala na rozdrabnianie struktury półfabrykatu w kształcie prętów w sposób ciągły, które nie jest możliwe w przypadku procesów skręcania pod wysokim ciśnieniem HPT, walcowania asymetrycznego oraz cyklicznego walcowania wielowarstwowego. Wynalazek charakteryzuje się dużą wydajnością w stosunku do uzyskiwanej w procesach przeciskania przez kanał kątowy ECAP i skręcania pod wysokim ciśnieniem HPT. Sposób ten jest uniwersalny i może być stosowany do wszystkich metali i stopów. Zastosowanie trzech walców eliminuje konieczność stosowania prowadnic utrzymujących materiał w kotlinie walcowniczej.

Wynalazek został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok walców z przodu, fig. 2 – widok izometryczny w początkowym etapie procesu, fig. 3 – widok z góry w początkowym etapie procesu, fig. 4 – widok izometryczny w ustalonej fazie procesu, fig. 5 – widok A bez trzeciego walca w ustalonej fazie procesu.

Narzędzia do rozdrabniania struktury w walcierce skośnej z trzema walcami w przykładzie wykonania składają się z trzech walców 1, 2 i 3 ustawionych skośnie do osi półfabrykatu 9 pod kątem $\tau = 4^\circ$. Pierwszy walec 1 od strony wejścia posiada pierwszą strefę wejściową Ia o tworzącej 1a nachylonej do osi walca 6, pod kątem $\alpha_1 = 5^\circ$. Z pierwszą strefą wejściową Ia sąsiaduje pierwsza strefa ciągnąca IIa o powierzchni walcowej 2a i średnicy $D = 150$ mm, za którą znajduje się pierwsza strefa przeginająca IIIa o tworzącej 3a nachylonej do osi walca 6 pod kątem $\gamma_1 = -3,5^\circ$. Za pierwszą strefą przeginającą IIIa znajduje się pierwsza strefa kalibrująca IVa o powierzchni walcowej 4a i średnicy $d = 140$ mm. Na końcu walca znajduje się pierwsza strefa wyjściowa Va o tworzącej 5a nachylonej do osi walca 6 pod kątem $\beta_1 = -5^\circ$. Drugi walec 2 od strony wejścia posiada drugą strefę wejściową Ib o tworzącej 1b nachylonej do osi walca 7, pod kątem $\alpha_2 = 5^\circ$, z którą sąsiaduje druga strefa ciągnąca IIb o powierzchni walcowej 2b i średnicy $D = 150$ mm, za którą znajduje się druga strefa przeginająca IIIb o tworzącej 3b nachylonej do osi walca 7 pod kątem $\gamma_2 = -1,75^\circ$. Za drugą strefą przeginającą IIIb znajduje się druga strefa kalibrująca IVb o powierzchni walcowej 4b i średnicy $D_1 = 155$ mm, zaś na końcu walca znajduje się druga strefa wyjściowa Vb o tworzącej 5b nachylonej do osi walca pod kątem $\beta_2 = -5^\circ$. Trzeci walec 3 od strony wejścia posiada trzecią strefę wejściową Ic o tworzącej 1c nachylonej do osi walca 8, pod kątem $\alpha_3 = 5^\circ$, z którą sąsiaduje trzecia strefa ciągnąca IIc o powierzchni walcowej 2c i średnicy $D = 150$ mm, za którą znajduje się trzecia strefa przeginająca IIIc o tworzącej 3c nachylonej do osi walca 8 pod kątem $\gamma_3 = -1,75^\circ$. Za trzecią strefą przeginającą IIIc znajduje się trzecia strefa kalibrująca IVc o powierzchni walcowej 4c i średnicy $D_1 = 155$ mm, zaś na końcu walca znajduje się trzecia strefa wyjściowa Vc o tworzącej 5c nachylonej do osi walca pod kątem $\beta_3 = -5^\circ$.

Sposób rozdrabniania struktury w walcierce skośnej z trzema walcami z zastosowaniem narzędzi przedstawionych w przykładzie wykonania według wynalazku polegał na tym, że półfabrykat 9 w kształcie odcinka pręta o średnicy 30 mm i długości 150 mm wykonanego ze stopu aluminium 6063 umieszczono w przestrzeni wejściowej narzędzi, która utworzona jest przez trzy walce robocze 1, 2 i 3 ustawione skośnie względem osi półfabrykatu 9 pod kątem $\tau = 4^\circ$. Walce robocze 1, 2 i 3 wprowadzono w ruch obrotowy w tym samym kierunku z prędkością $n = 30$ obr/min. Następnie półfabrykat 9 został uchwycony przez walce 1, 2 i 3 w pierwszej, drugiej i trzeciej strefie ciągnącej IIa, IIb, IIc, którymi wprowadzono półfabrykat 9 w ruch obrotowy z prędkością $n_w = 180$ obr/min i ruch postępowy z prędkością $V = 22,3$ mm/s. W dalszej kolejności półfabrykat 9 przegięto na granicy pomiędzy pierwszą strefą ciągnącą IIa i pierwszą strefą przeginającą IIIa oraz granicy pomiędzy drugą strefą ciągnącą IIb i drugą strefą przeginającą IIIb i granicy pomiędzy trzecią strefą ciągnącą IIc i trzecią strefą przeginającą IIIc. Następnie półfabrykat 9 przegięto na granicy pomiędzy pierwszą strefą przeginającą IIIa i pierwszą strefą kalibrującą IVa oraz granicy pomiędzy drugą strefą przeginającą IIIb i drugą strefą kalibrującą IVb i granicy pomiędzy trzecią strefą przeginającą IIIc i trzecią strefą kalibrującą IVc. Produktem był odcinek pręta o niezmiennych wymiarach gabarytowych w stosunku do półfabrykatu 9. W produkcie tym wskutek przeginania doszło do rozdrobnienia struktury materiału.

Wykaz oznaczeń

- 1, 2, 3 – walce robocze
- 1a, 1b, 1c – tworząca strefy wejściowej
- 2a, 2b, 2c – powierzchnia walcowa strefy ciągnącej
- 3a, 3b, 3c – tworząca strefy przeginającej
- 4a, 4b, 4c – powierzchnia walcowa strefy kalibrującej
- 5a, 5b, 5c – tworząca strefy wyjściowej
- 6, 7, 8 – osie walców
- 9 – półfabrykat
- Ia, Ib, Ic – strefa wejściowa
- IIa, IIb, IIc – strefa ciągnąca
- IIIa, IIIb, IIIc – strefa przeginająca
- IVa, IVb, IVc – strefa kalibrująca
- Va, Vb, Vc – strefa wyjściowa
- d – średnica powierzchni walcowej w pierwszej strefie kalibrującej
- D – średnica powierzchni walcowej w pierwszej, drugiej oraz trzeciej strefie ciągnącej
- D1 – średnica powierzchni walcowej w drugiej oraz trzeciej strefie kalibrującej
- n – prędkość obrotowa walców
- n_w – prędkość obrotowa półfabrykatu
- V – prędkość postępową półfabrykatu
- $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – kąt nachylenia tworzącej w strefie wejściowej
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – kąt nachylenia tworzącej w strefie wyjściowej
- $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ – kąt nachylenia tworzącej w strefie przeginania
- τ – kąt nachylenia osi walców

Zastrzeżenia patentowe

1. Narzędzia do rozdrabniania struktury w walcierce skośnej z trzema walcami, **znamiennie tym**, że składają się z trzech walców (1), (2), (3), przy czym pierwszy walec (1) od strony wejścia posiada pierwszą strefę wejściową (Ia) o tworzącej (1a) nachylonej do osi walca (6), pod kątem (α_1), z którą sąsiaduje pierwsza strefa ciągnąca (IIa) o powierzchni walcowej (2a) i średnicy (D), za którą znajduje się pierwsza strefa przeginająca (IIIa) o tworzącej (3a) nachylonej do osi walca (6) pod kątem (γ_1), przy czym za pierwszą strefą przeginającą (IIIa) znajduje się pierwsza strefa kalibrująca (IVa) o powierzchni walcowej (4a) i średnicy (d), zaś na końcu walca znajduje się pierwsza strefa wyjściowa (Va) o tworzącej (5a) nachylonej do osi walca (6) pod kątem (β_1), przy czym drugi walec (2) od strony wejścia posiada drugą strefę wejściową (Ib) o tworzącej (1b) nachylonej do osi walca (7), pod kątem (α_2), z którą sąsiaduje druga strefa ciągnąca (IIb) o powierzchni walcowej (2b) i średnicy (D), za którą

- znajduje się druga strefa przeginająca (IIIb) o tworzącej (3b) nachylonej do osi walca (7) pod kątem (γ_2), przy czym za drugą strefą przeginającą (IIIb) znajduje się druga strefa (IVb) kalibrująca o powierzchni walcowej (4b) i średnicy (D1), zaś na końcu walca znajduje się druga strefa wyjściowa (Vb) o tworzącej (5b) nachylonej do osi walca pod kątem (β_2), przy czym trzeci walec (3) od strony wejścia posiada trzecią strefę wejściową (Ic) o tworzącej (1c) nachylonej do osi walca (8), pod kątem (α_3), z którą sąsiaduje trzecia strefa ciągnąca (IIc) o powierzchni walcowej (2c) i średnicy (D), za którą znajduje się trzecia strefa przeginająca (IIIc) o tworzącej (3c) nachylonej do osi walca (8) pod kątem (γ_3), przy czym za trzecią strefą przeginającą (IIIc) znajduje się trzecia strefa kalibrująca (IVc) o powierzchni walcowej (4c) i średnicy (D1), zaś na końcu walca znajduje się trzecia strefa wyjściowa (Vc) o tworzącej (5c) nachylonej do osi walca pod kątem (β_3).
2. Sposób rozdrabniania struktury w walcierce skośnej z trzema walcami, **znamienny tym**, że półfabrykat (9) w kształcie odcinka pręta umieszcza się w przestrzeni wejściowej narzędzi, która utworzona jest przez trzy walce robocze (1), (2) i (3) ustawione skośnie względem osi półfabrykatu (9) pod kątem (τ) i obracające się w tym samym kierunku z prędkością (n), następnie półfabrykat (9) chwyta się przez walce (1), (2) i (3) w pierwszej, drugiej i trzeciej strefie ciągnącej (IIa), (IIb), (IIc), którymi wprawia się półfabrykat (9) w ruch obrotowy z prędkością (nw) i ruch postępowy z prędkością (V), w dalszej kolejności półfabrykat (9) przegina się na granicy pomiędzy pierwszą strefą ciągnącą (IIa) i pierwszą strefą przeginającą (IIIa) oraz granicy pomiędzy drugą strefą ciągnącą (IIb) i drugą strefą przeginającą (IIIb) i granicy pomiędzy trzecią strefą ciągnącą (IIc) i trzecią strefą przeginającą (IIIc), następnie półfabrykat (9) przegina się na granicy pomiędzy pierwszą strefą przeginającą (IIIa) i pierwszą strefą kalibrującą (IVa) oraz granicy pomiędzy drugą strefą przeginającą (IIIb) i drugą strefą kalibrującą (IVb) i granicy pomiędzy trzecią strefą przeginającą (IIIc) i trzecią strefą kalibrującą (IVc).

Rysunki

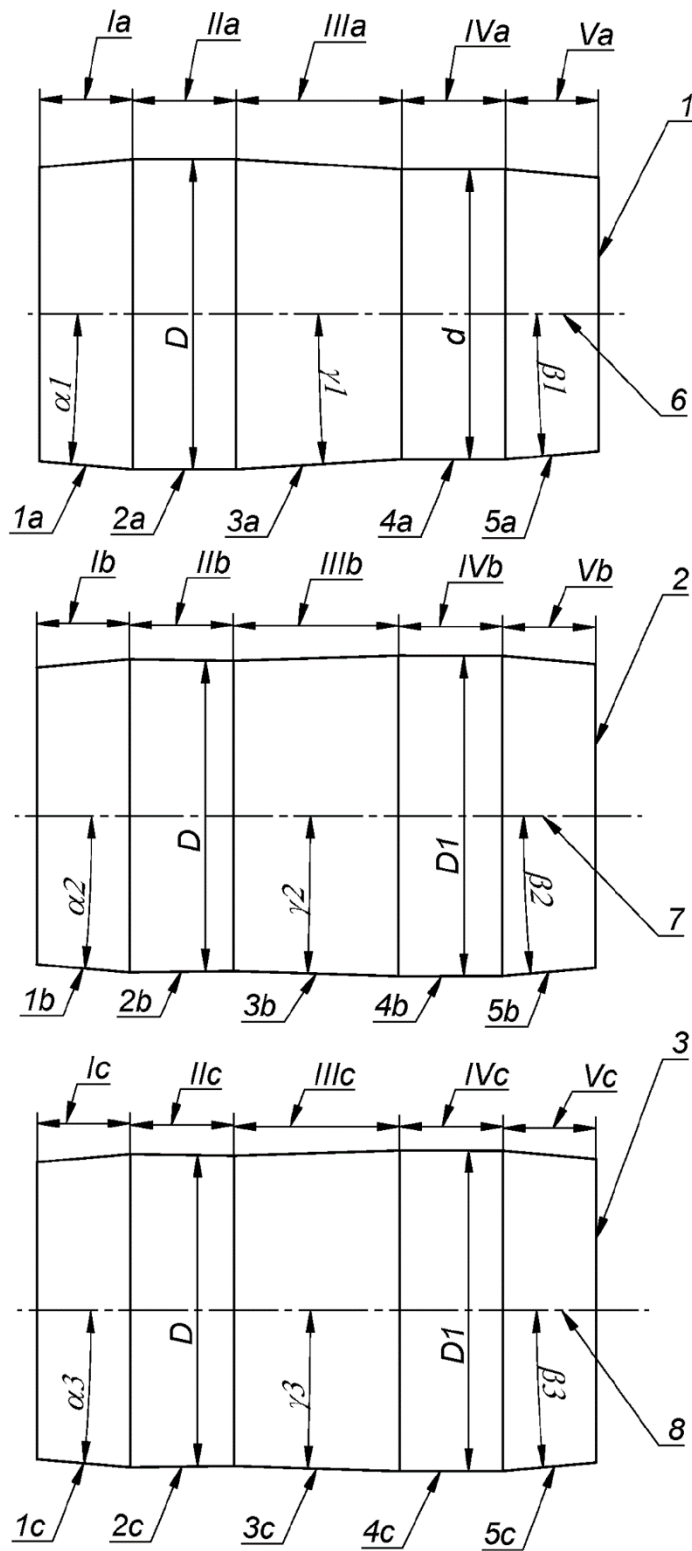


Fig. 1

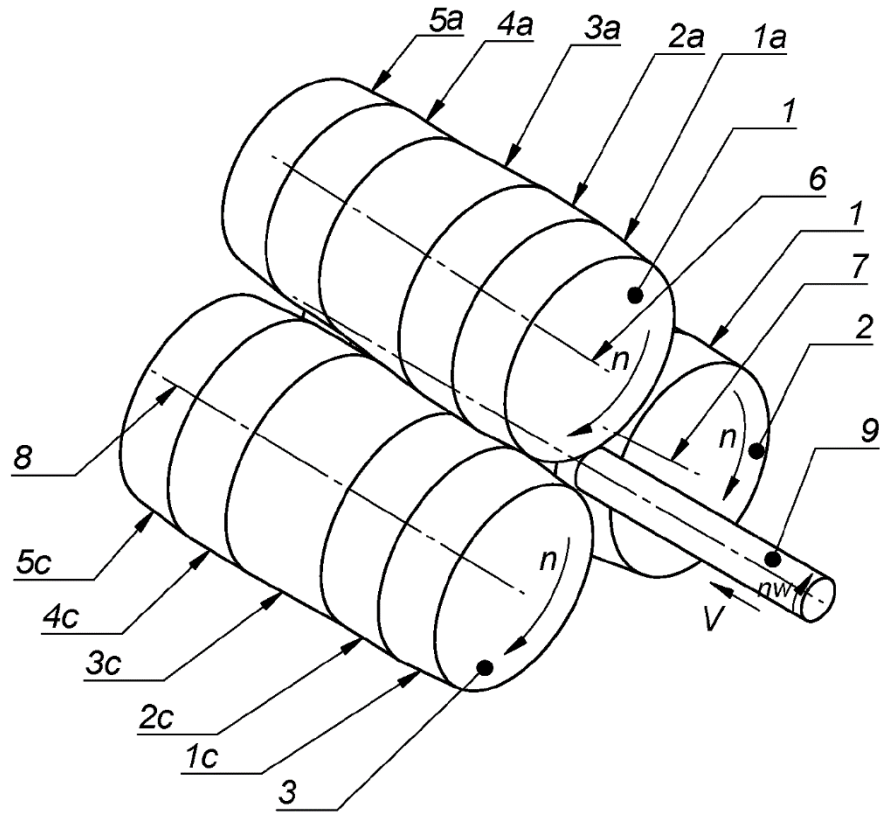


Fig. 2

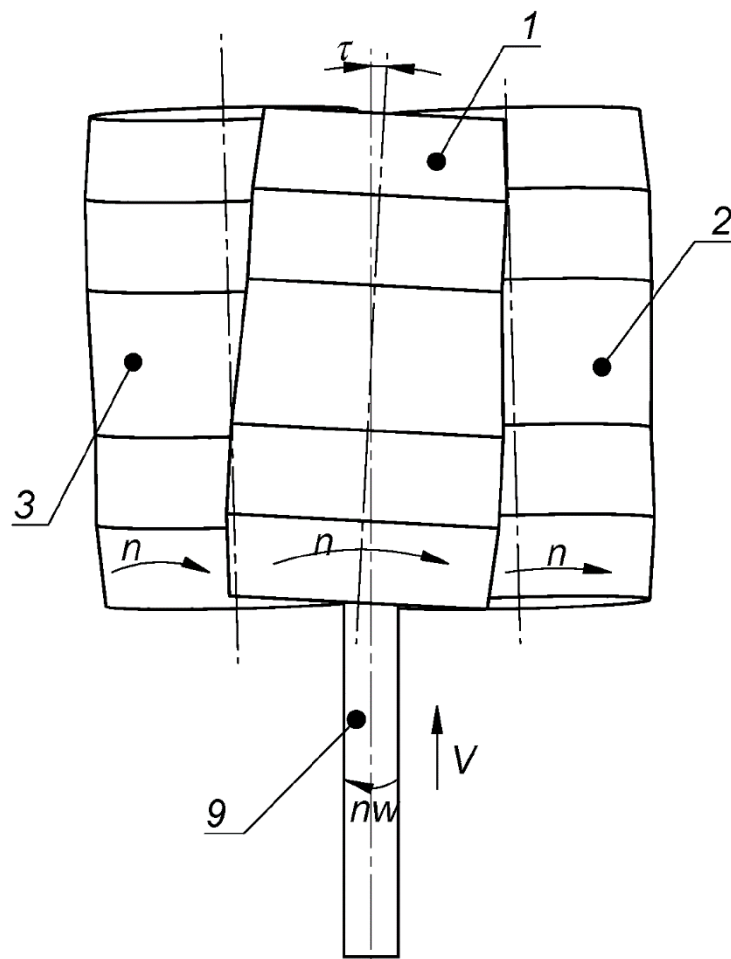


Fig. 3

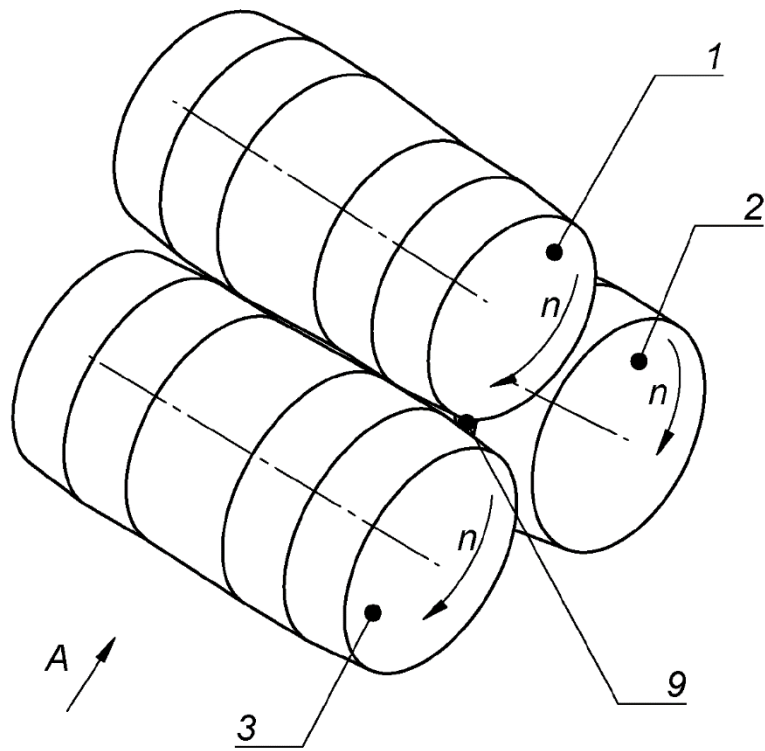


Fig. 4

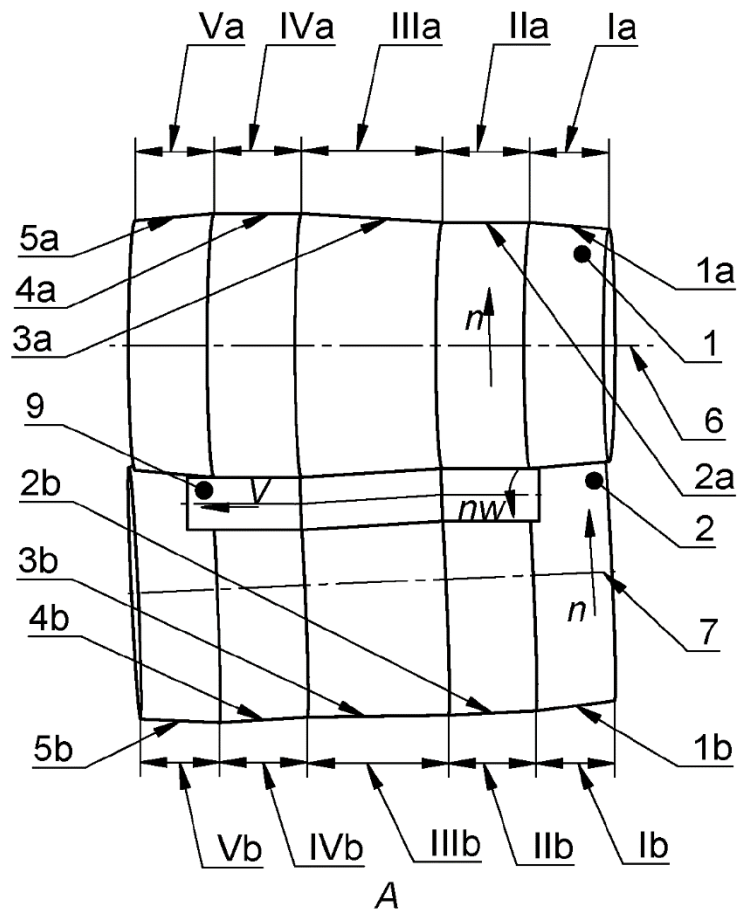


Fig. 5