RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **234615**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **425171**

(22) Data zgłoszenia: **09.04.2018**

(51) Int.Cl.
B21B 19/02 (2006.01)
B21B 13/02 (2006.01)

(54) **Narzędzia i sposób rozdrabniania struktury w walcarce skośnej z dwoma walcami**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
21.10.2019 BUP 22/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.03.2020 WUP 03/20

(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 234615 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku są narzędzia i sposób rozdrabniania struktury w walcarce skośnej z dwoma 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 w skutek 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 ścianie. 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 Al 99,8%", Archives of Metalurgy 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 odkształcania 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., Kawałek 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 opisie patentowym EP0703015B1. Narzędzia opisane w tym dokumencie mają kształt stożka ściętego, w którym tworząca jest krzywą stopniowaną. Narzędzia do realizacji procesu walcowania wyrobów drążonych 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 walcarce skośnej z dwoma walcami jest to, że składają się z dwóch walców. Pierwszy walec od strony wejścia posiada pierwszą strefę wejściową o tworzącej nachylonej pod kątem do osi pierwszego walca, z którą sąsiaduje pierwsza strefa ciągnąca o powierzchni walcowej i średnicy mniejszej od średnicy pierwszej strefy kalibrującej, za którą znajduje się pierwsza strefa przeginająca. Za pierwszą strefą przeginającą znajduje się pierwsza strefa kalibrująca o powierzchni walcowej i średnicy większej od średnicy pierwszej strefy ciągnącej. Na końcu walca znajduje się pierwsza strefa wyjściowa o tworzącej nachylonej do osi pierwszego walca pod kątem. Drugi walec od strony wejścia posiada drugą strefę wejściową o tworzącej nachylonej do osi drugiego walca pod kątem, z którą sąsiaduje druga strefa ciągnąca o powierzchni walcowej i średnicy większej od średnicy drugiej strefy kalibrującej, za którą znajduje się druga strefa przeginająca. Za drugą strefą

przeginającą znajduje się druga strefa kalibrująca o powierzchni walcowej i średnicy mniejszej od średnicy drugiej strefy ciągnącej, zaś na końcu walca znajduje się druga strefa wyjściowa o tworzącej nachylonej do osi drugiego walca pod kątem.

Korzystnie jest, gdy pierwsza strefa przeginająca ma tworzącą nachyloną do osi pierwszego walca pod kątem, zaś druga strefa przeginająca ma tworzącą nachyloną do osi drugiego walca pod takim samym kątem jak tworząca pierwszej strefy przeginającej.

Opcjonalnie, pierwsza strefa przeginająca ma tworzącą w kształcie łuku wklęsłego, zaś druga strefa przeginająca tworzącą w kształcie łuku wypukłego.

Pierwsza strefa przeginająca może mieć tworzącą w kształcie łuku wypukłego, zaś druga strefa przeginająca tworzącą w kształcie łuku wklęsłego.

Alternatywnie pierwsza strefa przeginająca ma tworzącą w kształcie krzywej sigmoidalnej opisanej pierwszym łukiem wklęsłym, kątem i drugim łukiem wypukłym, zaś druga strefa przeginająca ma tworzącą w kształcie krzywej sigmoidalnej opisanej pierwszym łukiem wypukłym, kątem i drugim łukiem wklęsłym.

Istotą sposobu rozdrabniania struktury w walcarce skośnej z dwoma walcami jest to, że półfabrykat w kształcie odcinka pręta umieszcza się w przestrzeni wejściowej narzędzi, która utworzona jest przez dwa walce robocze ustawione skośnie względem osi półfabrykatu i obracające się w tym samym kierunku z tą samą prędkością oraz dwie prowadnice. Następnie półfabrykat chwyta się za pomocą walców w pierwszej i drugiej 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. 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.

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 ich stopów.

Wynalazek, został przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok walców z przodu, fig. 2 – widok odmian wykonania strefy przeginania walców, fig. 3 – widok z przodu w początkowym etapie procesu, fig. 4 – widok z góry w początkowym etapie procesu, fig. 5 – widok z przodu w ustalonej fazie procesu.

Narzędzia do rozdrabniania struktury w walcarce skośnej z dwoma walcami w pierwszym przykładzie wykonania składają się z dwóch walców 1 i 2 ustawionych skośnie do osi półfabrykatu 11 pod kątem $\tau = 4°$. Pierwszy walec 1 od strony wejścia posiada pierwszą strefę wejściową Ia o tworzącej 1a nachylonej do osi walca 9 pod kątem $\alpha 1 = 5°$. Z pierwszą strefą wejściową Ia sąsiaduje pierwsza strefa ciągnąca IIa o powierzchni walcowej 2a i średnicy d = 210 mm, za którą znajduje się pierwsza strefa przeginająca IIIa o tworzącej 3a nachyloną do osi walca 9 pod kątem $\gamma 1 = 3{,}5°$. Za pierwszą strefą przeginająca IIIa znajduje się pierwsza strefa kalibrująca IVa o powierzchni walcowej 4a i średnicy D = 220 mm. Na końcu walca znajduje się pierwsza strefa wyjściowa Va o tworzącej 5a nachylonej do osi walca pod kątem $\beta 1 = 5°$. Drugi walec 2 od strony wejścia posiada drugą strefę wejściową Ib o tworzącej 1b nachylonej do osi walca 10, pod kątem $\alpha 2 = 5°$, z którą sąsiaduje druga strefa ciągnąca IIb o powierzchni walcowej 2b i średnicy D = 220 mm, za którą znajduje się druga strefa przeginająca IIIb o tworzącej 3b nachyloną do osi walca 10 pod kątem $\gamma 2 = 3{,}5°$. Za drugą strefą przeginająca IIIb znajduje się strefa IVb kalibrująca o powierzchni walcowej 4b i średnicy d = 210 mm, zaś na końcu walca znajduje się druga strefa wyjściowa Vb o tworzącej 5a nachylonej do osi walca pod 30 kątem $\beta 2 = 5°$.

Sposób rozdrabniania struktury w walcarce skośnej z dwoma walcami z zastosowaniem narzędzi przedstawionych w przykładzie wykonania według wynalazku, polegał na tym, że półfabrykat 11 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 dwa walce robocze 1 i 2 i wprowadzono je w ruch obrotowy w tym samym kierunku z prędkością n = 30 obr/min oraz dwiema prowadnicami 12a i 12b. Następnie półfabrykat 11 został uchwycony przez walce 1 i 2 w pierwszej i drugiej strefie ciągnącej IIa i IIb, którymi wprowadzono półfabrykat 11 w ruch obrotowy z prędkością nw = 220 obr/min i ruch postępowy z prędkością V = 24,1 mm/s. W dalszej kolejności półfabrykat 11 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. Następnie półfabrykat 11 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. Produktem był odcinek pręta o niezmienionych wymiarach gabarytowych w stosunku do półfabrykatu 11. W produkcie tym wskutek przeginania doszło do rozdrobnienia struktury materiału.

Wykaz oznaczeń

1, 2 – walce robocze
1a, 1b – tworząca strefy wejściowej
2a, 2b – powierzchnia walcowa strefy ciągnącej
3a, 3b – tworząca strefy przeginającej
4a, 4b – powierzchnia walcowa strefy kalibrującej
5a, 5b – tworząca strefy wyjściowej
6a, 7b – tworząca w kształcie łuku wklęsłego
6b, 7a – tworząca w kształcie łuku wypukłego
8a, 8b – tworząca w kształcie krzywej sigmoidalnej
9, 10 – osie walców
11 – półfabrykat
12a, 12b – prowadnice
Ia, Ib – strefa wejściowa
IIa, IIb – strefa ciągnąca
IIIa, IIIb – strefa przeginająca
IVa, IVb – strefa kalibrująca
Va, Vb – strefa wyjściowa
d – średnica powierzchni walcowej w pierwszej strefie ciągnącej i średnica powierzchni walcowej w drugiej strefie kalibrującej
D – średnica powierzchni walcowej w pierwszej strefie kalibrującej i średnica powierzchni walcowej w drugiej strefie ciągnącej
n – prędkość obrotowa walców
nw – prędkość obrotowa półfabrykatu
r1, r2 – promień łuku wklęsłego
R1, R2 – promień łuku wypukłego
r3, R3 – promienie krzywej sigmoidalnej w pierwszej strefie przeginającej
r4, R4 – promienie krzywej sigmoidalnej w drugiej strefie przeginającej
V – prędkość postępowa półfabrykatu
$\alpha 1$, $\alpha 2$ – kąt nachylenia tworzącej w strefie wejściowej
$\beta 1$, $\beta 2$ – kąt nachylenia tworzącej w strefie wyjściowej
$\delta 1$, $\delta 2$ – kąt nachylenia krzywej sigmoidalnej
$\gamma 1$, $\gamma 2$ – kąt nachylenia tworzącej w strefie przeginania
τ – kąt nachylenia osi walców

Zastrzeżenia patentowe

1. Narzędzia do rozdrabniania struktury w walcarce skośnej z dwoma walcami, **znamienne tym**, że składa się z dwóch walców (1) (2), przy czym pierwszy walec (1) od strony wejścia posiada pierwszą strefę wejściową (Ia) o tworzącej (1a) nachylonej do osi walca (9), pod kątem ($\alpha 1$), z którą sąsiaduje pierwsza strefa ciągnąca (IIa) o powierzchni walcowej (2a) i średnicy (d), za którą znajduje się pierwsza strefa przeginająca (IIIa), 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 (9) pod kątem ($\beta 1$), przy czym drugi walec (2) od strony wejścia posiada drugą strefę wejściową (Ib) o tworzącej (1b) nachylonej do osi walca (10), pod kątem ($\alpha 2$), z którą sąsiaduje druga strefa ciągnąca (IIb) o powierzchni walcowej (2b) i średnicy (D), za którą znajduje się druga strefa przeginająca (IIIb), przy czym za drugą strefą przeginająca (IIIb) znajduje się druga strefa (IVb) kalibrująca o powierzchni walcowej (4b) i średnicy (d), zaś na

końcu walca znajduje się druga strefa wyjściowa (Vb) o tworzącej (5a) nachylonej do osi walca pod kątem (β2).

2. Narzędzia według zastrz. 1, **znamienne tym**, że pierwsza strefa przeginająca (IIIa) ma tworzącą (3a) nachyloną do osi walca (9) pod kątem (γ1), zaś druga strefa przeginająca (IIIb) ma tworzącą (3b) nachyloną do osi walca (10) pod kątem (γ2).
3. Narzędzia według zastrz. 1 **znamienne tym**, że pierwsza strefa przeginająca (IIIa) ma tworzącą (6a) w kształcie łuku wklęsłego o promieniu (r1), zaś druga strefa przeginająca (IIIb) tworzącą (6b) w kształcie łuku wypukłego o promieniu (R1).
4. Narzędzia według zastrz. 1, **znamienne tym**, że pierwsza strefa przeginająca (IIIa) ma tworzącą (7a) w kształcie łuku wypukłego o promieniu (R2), zaś druga strefa przeginająca (IIIb) tworzącą (7b) w kształcie łuku wklęsłego o promieniu (r2).
5. Narzędzia według zastrz. 1, **znamienne tym**, że pierwsza strefa przeginająca (IIIa) ma tworzącą (8a) w kształcie krzywej sigmoidalnej o pierwszym łuku wklęsłym o promieniu (r3), kącie (δ1) i drugim łuku wypukłym o promieniu (R3), zaś druga strefa przeginająca (IIIb) ma tworzącą (8b) w kształcie krzywej sigmoidalnej o pierwszym łuku wypukłym o promieniu (R4), kącie (δ2) i drugim łuku wklęsłym o promieniu (r4).
6. Sposób rozdrabniania struktury w walcarce skośnej z dwoma walcami, **znamienny tym**, że półfabrykat (11) w kształcie odcinka pręta umieszcza się w przestrzeni wejściowej narzędzi, która utworzona jest przez dwa walce robocze (1) i (2) ustawione skośnie względem osi półfabrykatu (11) pod kątem (τ) i obracające się w tym samym kierunku z prędkością (n) oraz dwiema prowadnicami (12a) i (12b), następnie półfabrykat (11) chwyta się przez walce (1) (2) w pierwszej i drugiej strefie ciągnącej (IIa) (IIb), którymi wprawia się półfabrykat (11) w ruch obrotowy z prędkością (nw) i ruch postępowy z prędkością (V), w dalszej kolejności półfabrykat (11) 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), następnie półfabrykat (11) 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).

Rysunki

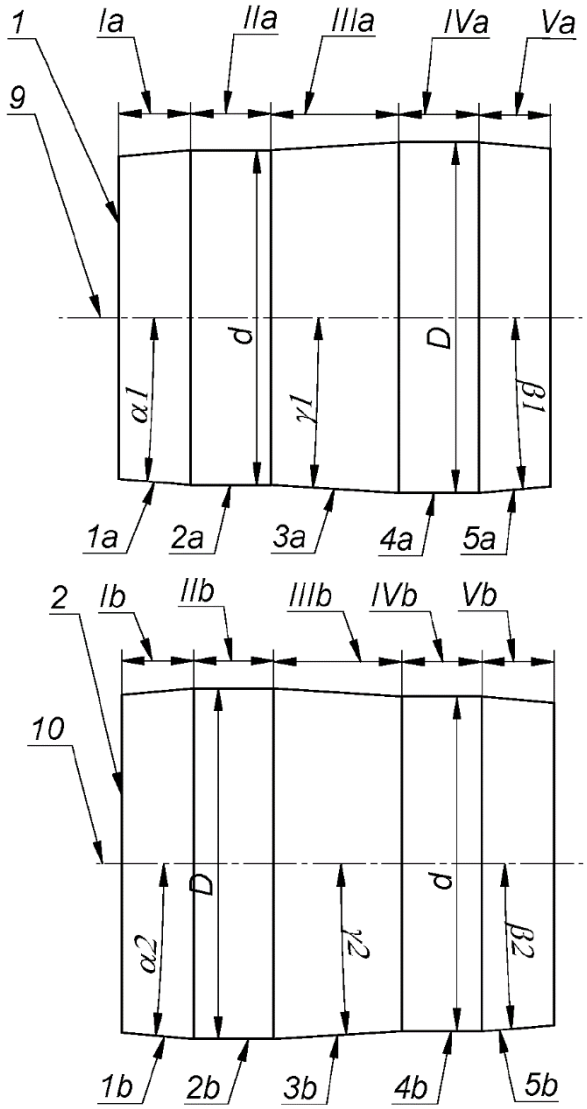

Fig. 1

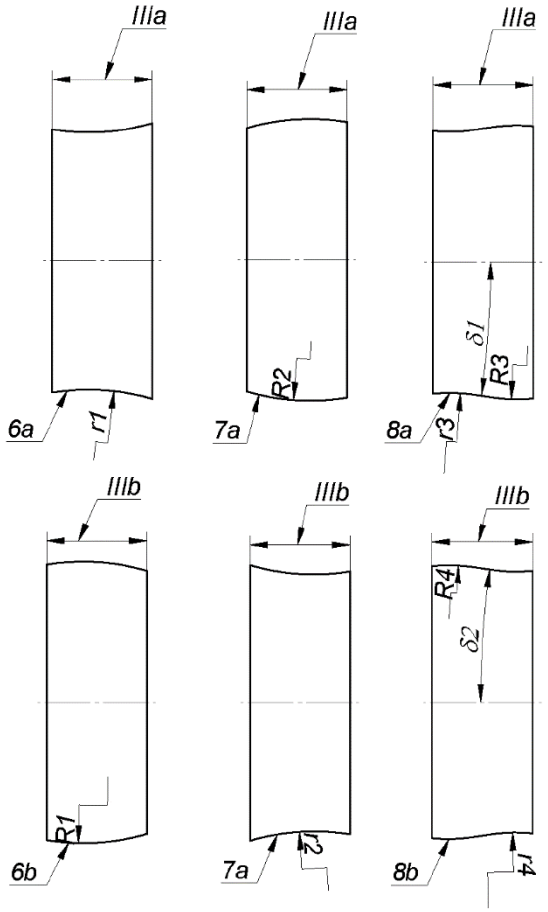
IIIa
IIIa
IIIa
6a
r1
7a
R2
8a
r3
δ1
R3
IIIb
IIIb
IIIb
6b
R1
7a
r2
8b
r4
R4
δ2

Fig. 2

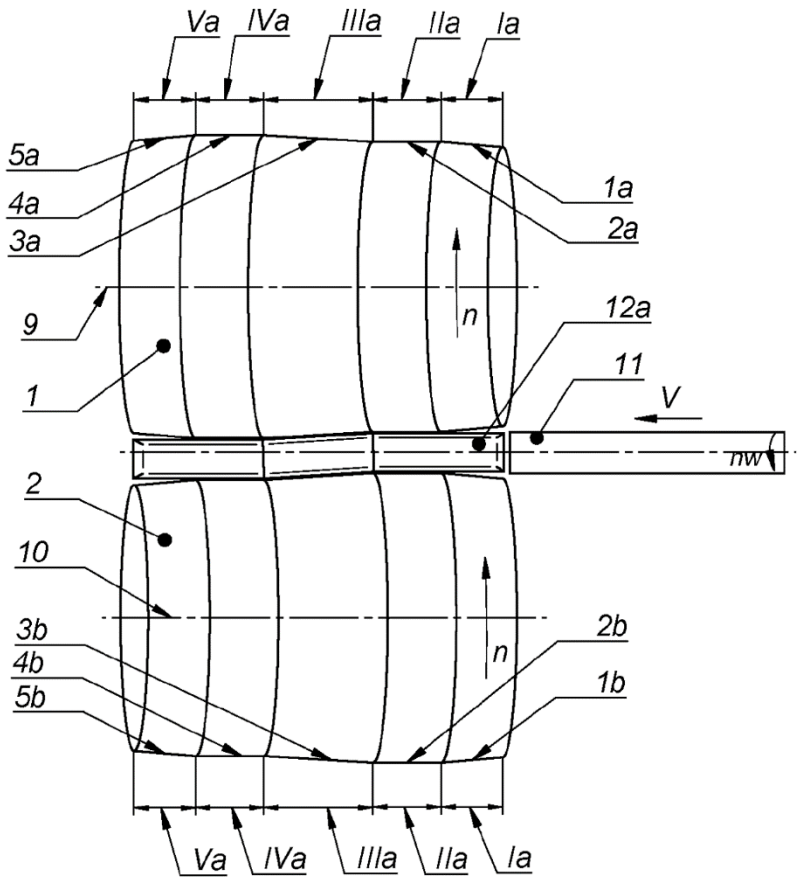
Va
IVa
IIIa
IIa
Ia
5a
4a
3a
1a
2a
9
n
12a
11
1
V
nw
2
10
3b
4b
5b
2b
1b
n
Va
IVa
IIIa
IIa
Ia

Fig. 3

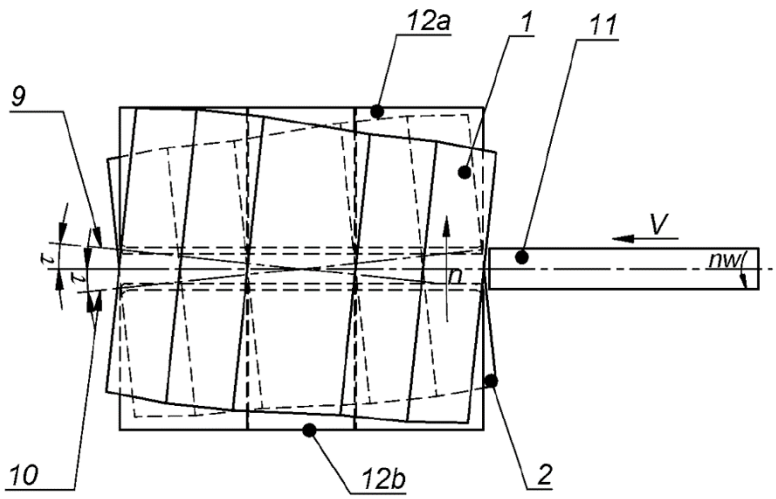
12a
1
11
9
V
nw
n
10
12b
2

Fig. 4

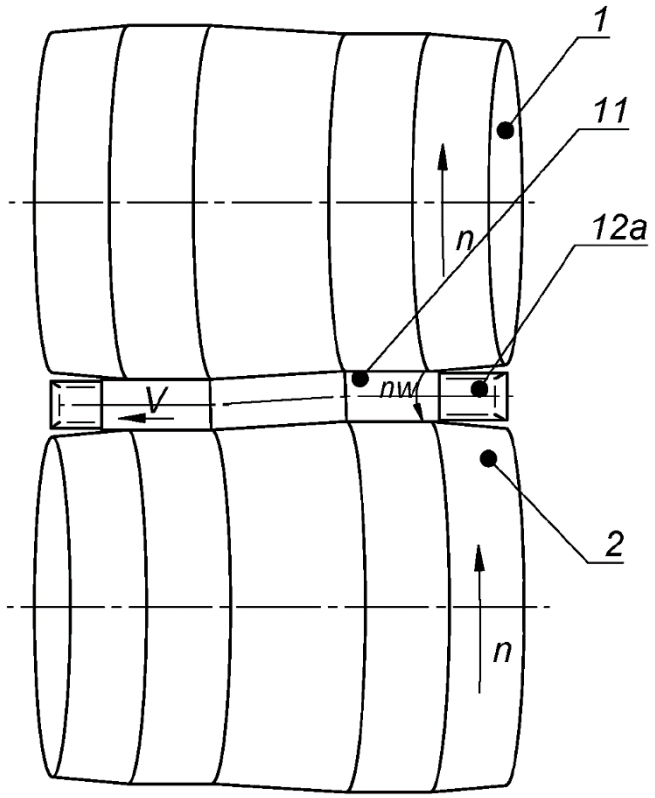

Fig. 5