

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **239639**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **429891**

(22) Data zgłoszenia: **10.05.2019**

(51) Int.Cl.

G01N 3/32 (2006.01)

G01N 3/54 (2006.01)

G01N 3/42 (2006.01)

(54)

Sposób wyznaczania własności plastycznych

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

16.11.2020 BUP 24/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

20.12.2021 WUP 38/21

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA LUBELSKA, Lublin, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

ZBIGNIEW PATER, Lublin, PL

JANUSZ TOMCZAK, Kalinówka, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Tomasz Milczek

PL 239639 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wyznaczania własności plastycznych, zwłaszcza metali i ich stopów metodą walcowania skośnego dwoma walcami.

Dotychczas znanych jest szereg sposobów wyznaczania własności plastycznych materiałów. Bazują one na jednej z trzech podstawowych metod badawczych: rozciąganiu, ściskaniu i skręcaniu. Różnice między poszczególnymi sposobami wynikają głównie z kształtu próbek wykorzystywanych w badaniach, z których najczęściej stosowane opisano w artykule: H. Li, M.W. Fu, J. Lu, H. Yang „Pękanie ciągliwe: eksperymenty i obliczenia”, *International Journal of Plasticity*, vol. 27, 2011 r., s. 147–180. Próba rozciągania polega na jednoosiowym rozciąganiu próbki o walcowej lub płaskiej części pomiarowej. Zasadniczą zaletą tej próby jest prostota jej wykonania. Dużym ograniczeniem stosowania próby rozciągania jest szybka utrata stateczności próbki. Próba ściskania polega na jednoosiowym ściskaniu próbki płaskiej lub cylindrycznej między płaskimi kowadłami. Występowanie tarcia na powierzchni kontaktu materiał-narzędzie jest przyczyną niejednorodności w rozkładzie naprężeń i odkształceń w próbce, co powoduje, że wyniki z próby ściskania obarczone są pewnym błędem trudnym do oszacowania. Próba skręcania pozwala na określenie własności plastycznych materiału w zakresie bardzo dużych odkształceń. Brak bezpośredniego kontaktu pomiędzy narzędziem a częścią pomiarową próbki eliminuje negatywny wpływ tarcia. Do wad tej metody oceny własności plastycznych materiału zalicza się: niejednorodność rozkładu odkształcenia i prędkości odkształcenia, brak standaryzacji warunków prowadzenia oraz interpretacji wyników próby skręcania, duży koszt wykonania próbek. Bardziej szczegółowy opis metod wyznaczania własności plastycznych materiału, w szczególności w zakresie kształtów i wymiarów stosowanych próbek, wzorów przeliczeniowych służących do określenia odkształceń i naprężeń oraz maszyn wykorzystywanych w badaniach opisana jest w opracowaniach: Z. Pater, A. Gontarz, W. Weroński „Obróbka Plastyczna. Obliczenia sił kształtowania”, Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin 2002 r. lub H. Dyja, A. Gałkin, M. Knapieński „Reologia metali odkształcanych plastycznie”, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2010 r.

Znany jest sposób obciskania obrotowego, który realizowany jest w procesach walcowania poprzecznego na płaskich beczkach walców. Szczegółowo istotę procesu obciskania obrotowego opisano w literaturze autorstwa Z. Pater pt. „Walcowanie poprzeczno-klinowe”, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2009, str. 39–82. Jak podaje autor proces obciskania obrotowego można zrealizować za pomocą dwóch narzędzi takich jak: walce, szczęki płaskie i wklęsłe lub trzy walce. Przedstawiona w książce analiza stanu naprężeń w trakcie obciskania obrotowego pokazuje, że naprężenia rozłożone są nierównomiernie w przekroju poprzecznym półwyrobu. Mianowicie naprężenia ściskające lokalizują się w obszarze kontaktu narzędzi w strefach przypowierzchniowych i zwiększają się w miarę zbliżania się do osi wzdłużnej odkuwki. Natomiast naprężenia działające w kierunku równoległym do powierzchni styku materiał – narzędzie w osi półwyrobu mają charakter rozciągający. W większości przypadków kształtowania warstwy materiału w strefie centralnej odkuwki w kierunku normalnym do powierzchni narzędzi podlegają ściskaniu, natomiast w kierunku prostopadłym do kierunku normalnego – rozciąganiu. Po wykonaniu przez półfabrykat 1/4 obrotu warstwy rozciągane podlegają ściskaniu, a ściskane rozciąganiu. Występowanie w strefie osiowej cyklicznie zmieniającego się stanu naprężenia może doprowadzić do powstawania pęknięć zmęczeniowych, co może być wykorzystane do wyznaczania własności plastycznych metali i ich stopów.

Z opisu patentowego nr PL 220786 znany jest sposób wyznaczania własności plastycznych materiałów metodą obciskania obrotowego narzędziami płaskimi. Metoda polega na obciskaniu próbki w kształcie krążka płaskimi powierzchniami przemieszczających się narzędzi. Miarą własności plastycznych jest liczba cykli zmian obciążeń, która powoduje pękanie materiału. Opisana w patencie metoda jest stosunkowo prosta do realizacji, jednak z uwagi na niewielką wysokość próbki w stosunku do jej średnicy nie może być stosowana do wyznaczania własności plastycznych materiałów podczas typowych procesów walcowania poprzecznego, gdzie najczęściej długość walcowanego elementu stanowi wielokrotność jego średnicy.

Dotychczas znane i stosowane metody wyznaczania własności plastycznych metali i ich stopów odnoszą się do prostych schematów odkształcenia. Dlatego też celem wynalazku jest opracowanie metody wyznaczania własności plastycznych metali i ich stopów przy złożonej kinematyce płynięcia materiału.

Istotą sposobu wyznaczania własności plastycznych, zwłaszcza metali i ich stopów metodą walcowania skośnego dwoma walcami według wynalazku jest to, że próbkę w kształcie pręta cylindrycznego o długości początkowej wielokrotnie większej od średnicy początkowej nagrzewa się powyżej temperatury rekrytalizacji, następnie jeden z końców próbki umieszcza się między stożkowymi powierzchniami walców oraz pomiędzy dwiema prowadnicami, zaś część środkową próbki umieszcza się w tulei prowadzącej, przy czym osie walców są skrócone pod jednakowymi kątami w stosunku do osi walcowania, zaś odległość osi walców od osi walcowania jest jednakowa, następnie wprawia się walce w ruch obrotowy z jednakową prędkością w tym samym kierunku i chwytą się koniec próbki stożkową powierzchnią, znajdującą się na pierwszym walcu oraz stożkową powierzchnią znajdującą się na drugim walcu i wprawia się próbkę w ruch obrotowy ze stałą prędkością w kierunku przeciwnym do kierunku obrotu walców, następnie zgniata się powierzchniami stożkowymi walców powierzchnię cylindryczną próbki i stopniowo kształtuje się na końcu próbki stopień stożkowy, przy czym w trakcie rotacyjnego zgniatania końca próbki wywołuje się wewnątrz kształtowanego stopnia stożkowego próbki naprzemienne ściskanie i rozciąganie, przez co doprowadza się do wewnętrznego pęknięcia materiału wzdłuż osi ukształtowanego stopnia stożkowego, następnie określa się odległość początku pęknięcia wewnętrznego oraz średnicę na stopniu stożkowym, odpowiadającą odległości początku pęknięcia wewnętrznego próbki, przy czym miarą własności plastycznych materiału jest minimalna wartość gniotu, którą określa się na podstawie średnicy początkowej próbki i średnicy stopnia stożkowego, przy którym powstaje pęknięcie oraz liczba obrotów wykonana przez próbkę, przy której następuje pęknięcie. Próbkę wraz z ukształtowanym stopniem stożkowym prześwietla się promieniami rentgenowskimi i określa się położenie pęknięcia wewnętrznego próbki na stopniu stożkowym. Próbkę wraz z ukształtowanym stopniem stożkowym frezuje się do połowy średnicy wzdłuż osi próbki, a następnie określa się położenie pęknięcia wewnętrznego próbki na stopniu stożkowym.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że pozwala na wyznaczenie własności plastycznych materiału dla dużo większych zakresów odkształcenia niż w dotychczas stosowanych metodach bazujących na jednoosiowym rozciąganiu lub ściskaniu. Przy tym koszt wykonania próbek jest dużo mniejszy niż w przypadku próbek stosowanych w plastometrycznych próbach skręcania. Kolejnym korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że sposób realizacji testu jest zbliżony do warunków rzeczywistych występujących podczas walcowania skośnego wyrobów, co pozwala na dokładne określenie własności materiałów w takich procesach. Wynalazek 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 z boku narzędzi i próbki w początkowym etapie testu, fig. 2 – widok narzędzi i próbki z przodu w początkowym etapie testu, fig. 3 – widok z góry narzędzi i próbki w początkowym etapie testu, fig. 4 – widok z boku narzędzi i próbki w końcowym etapie testu, fig. 5 – widok z góry narzędzi i próbki w końcowym etapie testu, fig. 6a – widok próbki przed testem, zaś fig. 6b – widok próbki po przeprowadzonym teście.

Sposób wyznaczania własności plastycznych, zwłaszcza metali i ich stopów metodą walcowania skośnego dwoma walcami polega na tym, że stalową próbkę 8 w kształcie pręta cylindrycznego o długości początkowej $L_0 = 300$ mm, która stanowiła wielokrotność średnicy początkowej $d_0 = 45$ mm nagrzewano do temperatury 1000°C . Następnie jeden z końców próbki 8 umieszczano między stożkowymi powierzchniami 3a i 4a walców 1 i 2 oraz pomiędzy dwiema prowadnicami 5 i 6, zaś część środkową próbki pozycjonowano w tulei prowadzącej 7. Osie walców 1 i 2 były skrócone pod jednakowymi kątami $\gamma = 3^\circ$ w stosunku do osi walcowania, zaś odległość osi a walców 1 i 2 od osi walcowania była jednakowa i wynosiła 175 mm. Ponadto walce 1 i 2 miały kształt ściętych stożków, które stykały się podstawami z powierzchniami walcowymi 3b i 4b. Długość powierzchni stożkowych L_s wynosiła 230 mm, średnica walców D wynosiła 320 mm, długość całkowita walców L_w wynosiła 400 mm, a kąt rozwarcia tworzących α powierzchni stożkowych 3a i 3b wynosił 10° . Następnie wprawiano walce 1 i 2 w ruch obrotowy z jednakową prędkością n_1 równą 30 obr/min w tym samym kierunku. W wyniku ruchu obrotowego walców 1 i 2 chwytało koniec próbki 8 stożkową powierzchnią 5, znajdującą się na pierwszym walcu 1 oraz stożkową powierzchnią 6 znajdującą się na drugim walcu 2 i wprawiano próbkę 8 w ruch obrotowy ze stałą prędkością n_2 , która wynosiła 200 obr/min w kierunku przeciwnym do kierunku obrotu walców 1 i 2, co powodowało liniowe przemieszczanie próbki 8 z prędkością V równą 30 mm/s. W wyniku nacisku stożkowych powierzchni 3a i 3b walców 1 i 2 zgniatano powierzchnię cylindryczną próbki 8 i stopniowo kształtowano na końcu próbki 8 stopień stożkowy 9 o długości L wynoszącej 50 mm oraz stopień walcowy 10 o średnicy $d = 30$ mm. W trakcie rotacyjnego zgniatania końca próbki 8 powstawało

wewnątrz próbki 8 w obszarze stopnia stożkowego 9 naprzemienne ściskanie i rozciąganie, które powodowało wewnętrzne pęknięcie materiału wzdłuż osi ukształtowanego stopnia stożkowego 9. Następnie metodą tomografii rentgenowskiej prześwietlano próbkę i określano odległość L_p równą 120 mm początku pęknięcia wewnętrznego oraz średnicę d_p równą 32 mm na stopniu stożkowym 9, odpowiadającą odległości L_p początku pęknięcia wewnętrznego próbki 8, którą mierzono od ukształtowanego stopnia cylindrycznego 10. Na tej podstawie określono, że badany materiał może być odkształcany w procesie walcowania skośnego bez niebezpieczeństwa powstania pęknięć wewnętrznych z gniosem nie większym niż 1,45, który zostaje uzyskany przy 15 obrotach próbki 8.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wyznaczania własności plastycznych, zwłaszcza metali i ich stopów metodą walcowania skośnego dwoma walcami **znamienny tym**, że próbkę (8) w kształcie pręta cylindrycznego o długości początkowej (L_0) wielokrotnie większej od średnicy początkowej (d_0) nagrzewa się powyżej temperatury rekrytalizacji, następnie jeden z końców próbki (8) umieszcza się między stożkowymi powierzchniami (3a) i (4a) walców (1) i (2) oraz pomiędzy dwiema prowadnicami (5) i (6), zaś część środkową próbki umieszcza się w tulei prowadzącej (7), przy czym osie walców (1) i (2) są skrócone pod jednakowymi kątami (γ) w stosunku do osi walcowania, zaś odległość osi (a) walców (1) i (2) od osi walcowania jest jednakowa, następnie wprawia się walce (1) i (2) w ruch obrotowy z jednakową prędkością (n_1) w tym samym kierunku i chwytają się koniec próbki (8) stożkową powierzchnią (3a), znajdującą się na pierwszym walcu (1) oraz stożkową powierzchnią (4a) znajdującą się na drugim walcu (2) i wprawia się próbkę (8) w ruch obrotowy ze stałą prędkością (n_2) w kierunku przeciwnym do kierunku obrotu walców (1) i (2), następnie zgina się powierzchniami stożkowymi (3a) i (3b) walców (1) i (2) powierzchnię cylindryczną próbki (8) i stopniowo kształtuje się na końcu próbki (8) stopień stożkowy (9), przy czym w trakcie rotacyjnego zginięcia końca próbki (8) wywołuje się wewnątrz kształtowanego stopnia stożkowego (9) próbki (8) naprzemienne ściskanie i rozciąganie, przez co doprowadza się do wewnętrznego pęknięcia materiału wzdłuż osi ukształtowanego stopnia stożkowego (9), następnie określa się odległość (L_p) początku pęknięcia wewnętrznego oraz średnicę (d_p) na stopniu stożkowym (9), odpowiadającą odległości (L_p) początku pęknięcia wewnętrznego próbki (8), przy czym miarą własności plastycznych materiału jest minimalna wartość gniotu, którą określa się na podstawie średnicy początkowej (d_0) próbki (8) i średnicy (d_p) stopnia stożkowego (9), przy którym powstaje pęknięcie oraz liczba obrotów wykonana przez próbkę (8), przy której następuje pęknięcie.
2. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że próbkę (8) wraz z ukształtowanym stopniem stożkowym (9) prześwietla się promieniami rentgenowskimi i określa się położenie pęknięcia wewnętrznego próbki (8) na stopniu stożkowym (9).
3. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że próbkę (8) wraz z ukształtowanym stopniem stożkowym (9) frezuje się do połowy średnicy wzdłuż osi próbki (8), a następnie określa się położenie pęknięcia wewnętrznego próbki (8) na stopniu stożkowym (9).

Rysunki

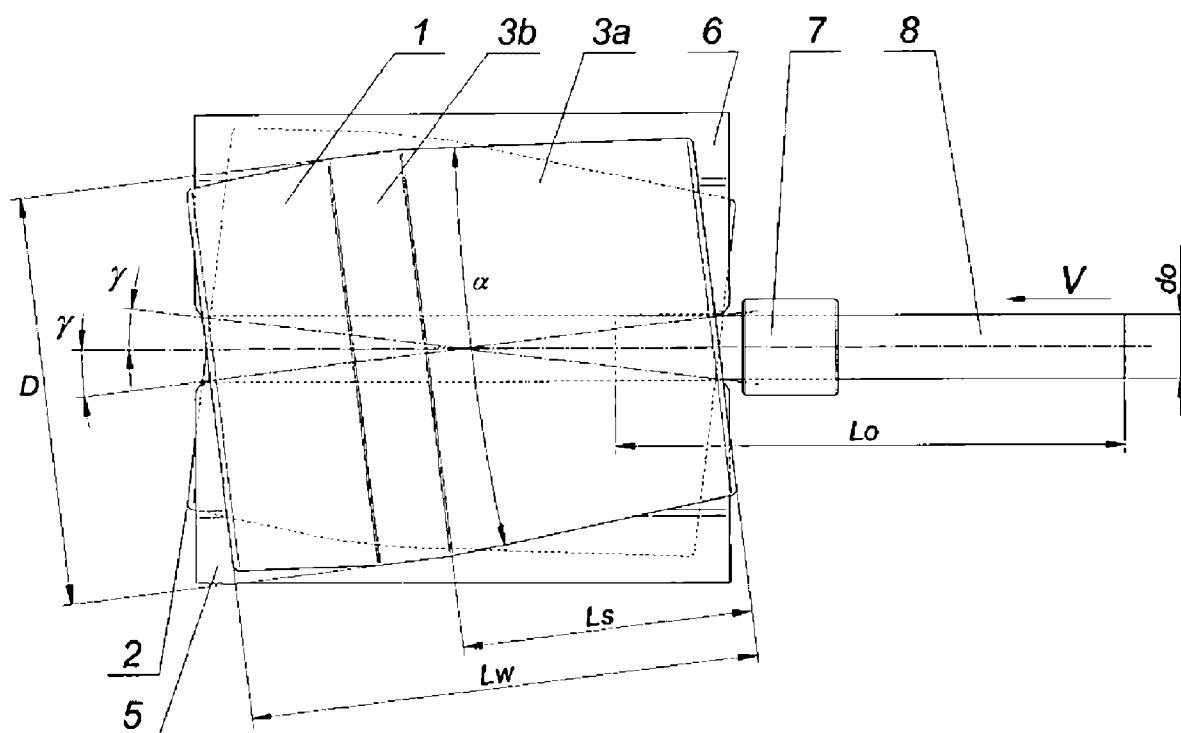


Fig. 1

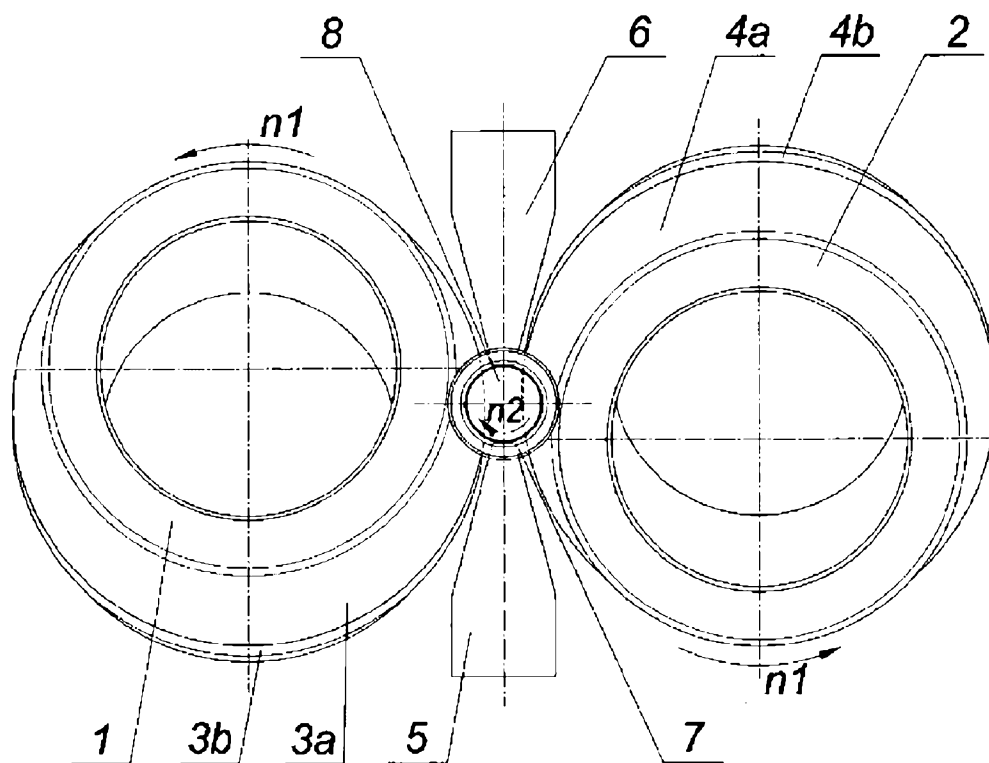


Fig. 2

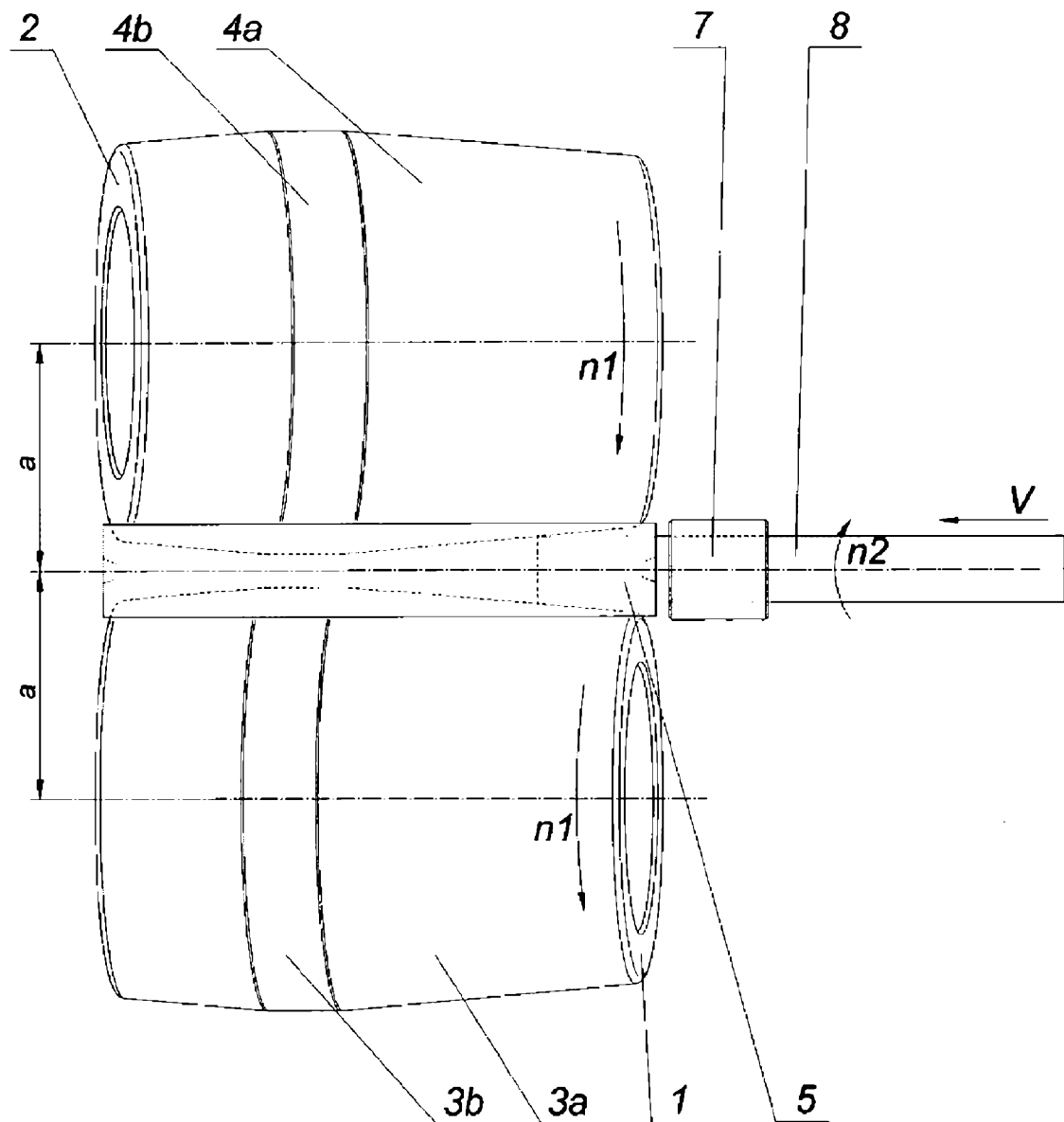


Fig. 3

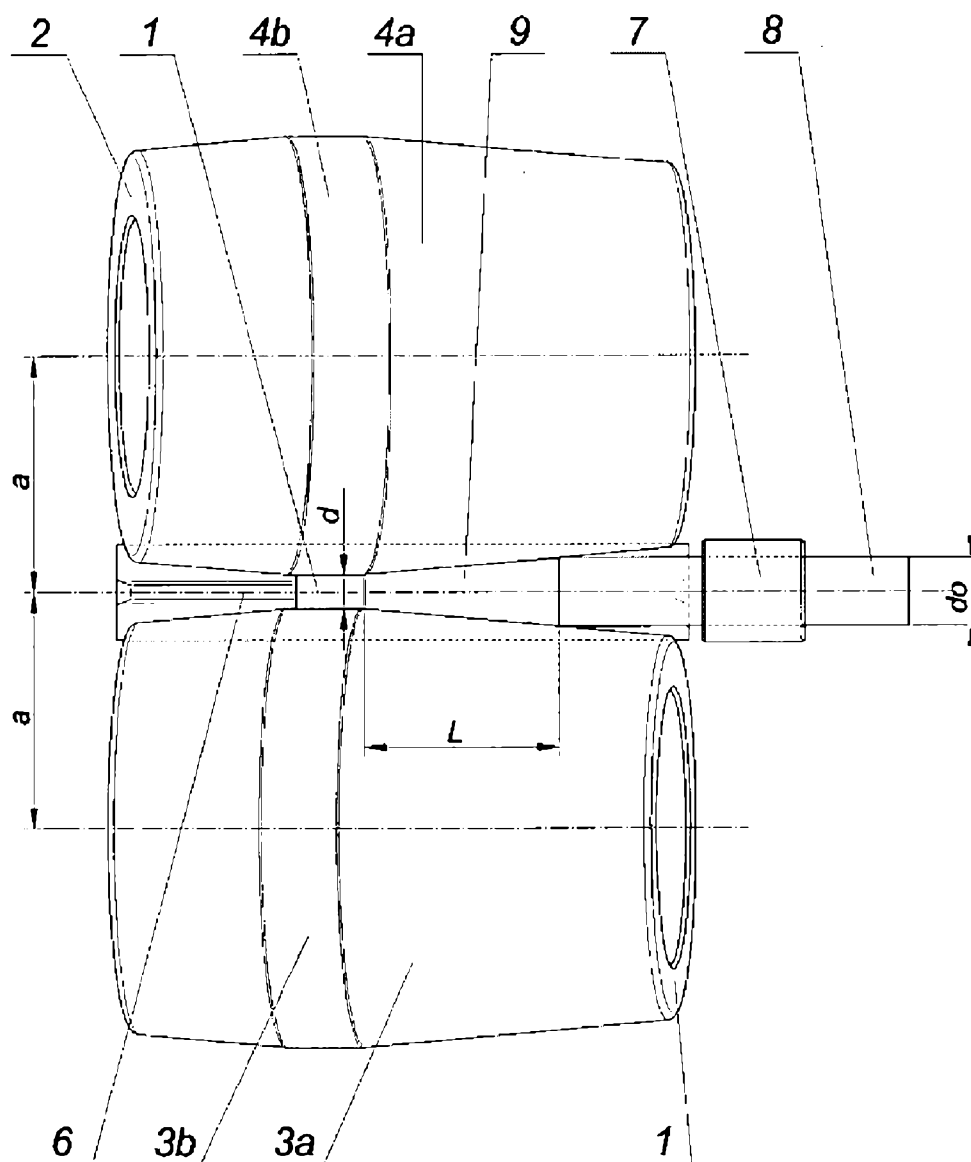


Fig. 5

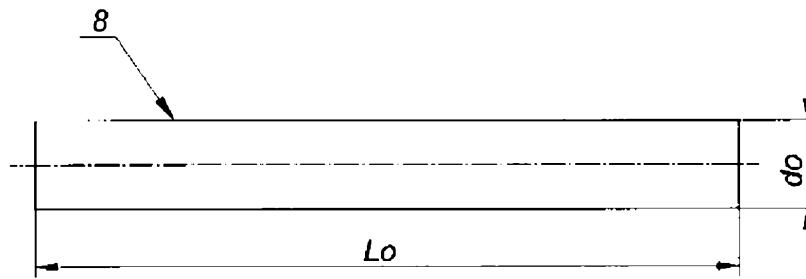


Fig. 6a

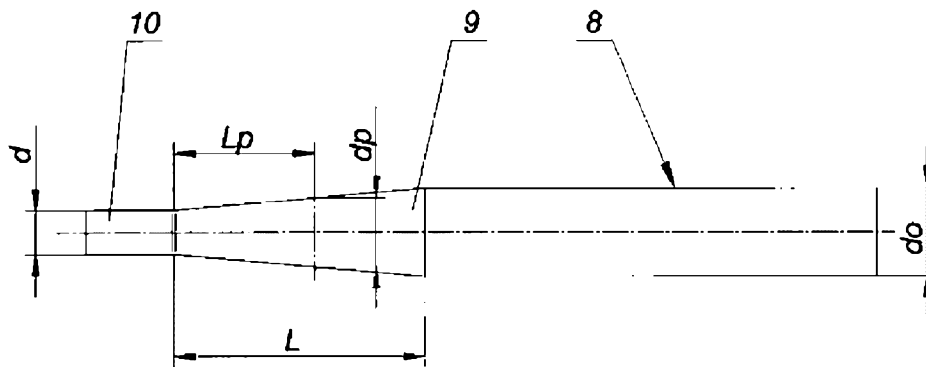


Fig. 6b