

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 1999 - 755

(22) Přihlášeno: 21.07.1997

(30) Právo přednosti:

12.09.1996 CH 1996/2233

04.10.1996 CH 1996/2417

(40) Zveřejněno: 14.02.2001

(Věstník č. 2/2001)

(47) Uděleno: 05.09.2003

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: 12.11.2003

(Věstník č. 11/2003)

(86) PCT číslo: PCT/CH97/00279

(87) PCT číslo zveřejnění: WO 98/011351

(13) Druh dokumentu: B6

(51) Int. Cl.⁷:

F 04 C 2/08

F 04 C 2/16

F 04 C 15/00

(73) Majitel patentu:

ATELIERS BUSCH S. A., Chevenez, CH;

(72) Původce vynálezu:

Becher Ulrich, Porrentruy, CH;

(74) Zástupce:

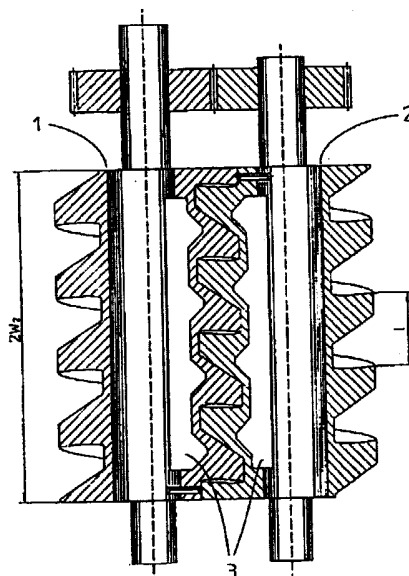
Čermák Karel Dr., Národní 32, Praha 1, 11000;

(54) Název vynálezu:

Soustava šroubových rotorů a šroubové čerpadlo

(57) Anotace:

Soustava šroubových rotorů pro šroubová čerpadla v osově rovnoběžném uspořádání s protiběžným záběrem a s úhlem opásání nejméně 720° v jednochodém provedení a s hladkými rovnoběžnými rotorovými čelními plochami je charakterizována tím, že každý šroubový rotor (1, 2, 101, 201, 301) sestává z více vzájemně pevně spojených jednotlivých dílů se společnou osou otáčení, přičemž jednotlivé díly uvnitř rotoru tvoří excentrický a od čerpacího prostoru oddělitelný vyvažovací prostor (3, 103, 203, 303), přičemž měrné hmotnosti materiálů a geometrie jednotlivých dílů uvnitř rotoru jsou vyladěny pro dosažení statického vyvážení, a poměr (a) délky šroubu ku stoupání vykazuje hodnotu, která je menší, než lichý násobek hodnoty 0,5, přičemž hodnota poměru (a) je určena výpočtem pro dosažení dynamického vyvážení při nepatrném zpětném působení na statickou nevyváženost. Šroubové čerpadlo je opatřené shora uvedenou soustavou šroubových rotorů.



Soustava šroubových rotorů a šroubové čerpadlo

Oblast techniky

5

Vynález se týká opatření k vyvažování soustavy šroubových rotorů v osově rovnoběžném uspořádání s protiběžným záběrem a s úhlem opásání nejméně 720° v jednochodém provedení.

10

Těžišťová vzdálenost středů, čelní plochy a úhel opásání určují přitom velikosti statických a dynamických nevyvážeností, které vznikají u šroubů s jednoduchými profily.

Vynález se rovněž týká příslušného šroubového čerpadla.

15

Dosavadní stav techniky

20

V japonském zveřejněném patentovém spise VP 62-291486 (1987) je popsán způsob vyvažování šroubových rotorů, u kterého je nejprve dosaženo statického vyvážení prostřednictvím pevného usazení délky šroubového rotoru na celočíselný násobek stoupání. Pomocí oboustranných vybrání z čelních ploch šroubového rotoru, která jsou dutá nebo vyplněná lehkým materiálem, je provedeno dynamické vyvážení.

25

Tento způsob je jen obtížně proveditelný, neboť jsou vyžadovány speciální materiály, které nemohou být odlévány. Rovněž u mimořádných geometrií profilu má tento způsob svoje hranice, neboť jednak nemůže být z důvodů stability libovolně zmenšována tloušťka stěn šroubových rotorů, a jednak příliš velké axiální rozměry vyvažovacích dutin přinášejí v důsledku spirálovitého tvaru značné problémy při zhotovení; plnění vybrání lehkým materiálem tyto problémy ještě zvětšuje.

30

V patentovém dokumentu WO 97/21925 je popsán jiný způsob vyvažování šroubových rotorů: délka šroubu ($= 2 W_2$) je o celočíselný násobek stoupání 1 větší než $1 \frac{1}{2}$ násobné stoupání ($2 W_2 = 5 \cdot \frac{1}{2}, 7 \cdot \frac{1}{2}, 9 \cdot \frac{1}{2} \dots$).

35

K vyrovnání zbývajících statických a dynamických nevyvážeností slouží změny na vnějších, pasivních částech šroubových rotorů na straně sání a/nebo jedno nebo více čelních vyvažovacích vybrání a/nebo vnější přídavné hmoty.

40

Tento způsob přináší jednak možnost použití speciálních materiálů a jednak vede k redukci vyvažovacích vybrání, čímž je dosaženo zvýšení tvarové stability.

45

Použití šroubových rotorů k čerpání určitých látek, jakož i požadované snížení teploty na výstupní části konce šroubového rotoru vyžadují malé hladké povrchy šroubových rotorů bez dutin, které jsou nešpinivé a s možností snadného čištění. Požadavkům na snížení nákladů na servis, montáž, náhradní díly a na malá kompaktní čerpadla je pak použití vnějších přídavných hmot na překážku.

50

Vynález si klade za cíl definovat opatření k vyvažování jednochodých šroubových rotorů s hladkým povrchem bez dutin bez použití vnějších přídavných hmot.

Podstata vynálezu

V souladu s předmětem tohoto vynálezu byla proto vyvinuta soustava šroubových rotorů pro šroubová čerpadla v osově rovnoběžném uspořádání s protiběžným záběrem a s úhlem opásání 5
nejméně 720° v jednochodém provedení a s hladkými rovnoběžnými rotorovými čelními plochami, přičemž každý šroubový rotor sestává z více vzájemně pevně spojených jednotlivých dílů se společnou osou otáčení, přičemž jednotlivé díly uvnitř rotoru tvoří excentrický a od čerpacího prostoru oddělitelný vyvažovací prostor, přičemž měrné hmotnosti materiálů a geometrie jednotlivých dílů uvnitř rotoru jsou vyladěny pro dosažení statického vyvážení, a poměr a délky šroubu 10
ku stoupání vykazuje hodnotu, která je menší než lichý násobek hodnoty 0, 5, přičemž hodnota poměru a je určena výpočtem pro dosažení dynamického vyvážení při nepatrném zpětném působení na statickou nevyváženost.

Jednotlivé díly šroubového rotoru jsou s výhodou excentricky vystředěny.

15
Jednotlivé díly šroubového rotoru mají s výhodou rozdílné měrné hmotnosti.

Každý šroubový rotor s výhodou sestává z válcového šroubového tělesa a ze sousého rotorového hřídele, který uvnitř šroubového tělesa vytváří excentrický dutý vyvažovací prostor.

20
Každý šroubový rotor může s výhodou sestávat z válcového šroubového tělesa a ze sousého rotorového hřídele s uvnitř šroubového tělesa excentricky uloženým příčným průřezem, přičemž šroubové těleso a rotorový hřídel jsou zhotoveny z materiálů o různé měrné hmotnosti.

25
Každý šroubový rotor s výhodou sestává z válcového šroubového tělesa a ze sousého rotorového hřídele s uvnitř šroubového tělesa excentricky uloženým příčným průřezem, přičemž šroubové těleso a rotorový hřídel jsou zhotoveny z materiálů o různé měrné hmotnosti a uvnitř šroubového tělesa vytvářejí excentrický dutý vyvažovací prostor.

30
Každý šroubový rotor je s výhodou tvořen válcovým šroubovým tělesem s jednostranně souose umístěným rotorovým hřídelem, přičemž šroubové těleso má uvnitř excentrický dutý vyvažovací prostor, jehož přístup od čelní strany rotoru, na níž se nenachází rotorový hřídel, je uzavřen zátkou.

35
Vyvažovací prostor má s výhodou několik postranních křídlovitých rozšíření, která v odstupu rovnoběžně sledují průběh šroubového závitu.

Vyvažovací prostor je s výhodou osově přímý s konstantním příčným průřezem pro odstranění vlivu na dynamickou nevyváženost.

40
V rotorovém hřídeli je s výhodou uspořádán kanál pro větrání nebo ochlazování vyvažovacího prostoru.

V souladu s dalším aspektem předmětu tohoto vynálezu bylo dále rovněž vyvinuto šroubové 45
čerpadlo, které je opatřeno shora uvedenou soustavou šroubových rotorů.

Možnosti uspořádání v rámci dané geometrie šroubových rotorů spočívají ve volbě počtu, tvaru a materiálu rotorových dílů, jakož i ve vytvoření vyvažovacího prostoru.

50
Předmět tohoto vynálezu vykazuje oproti stávajícímu známému stavu techniky následující výhody:

hladké plochy bez otvorů, které jsou příznivé pro provoz i údržbu,

snížení teploty na konci šroubového rotoru v důsledku zmenšení jeho povrchové plochy,

optimalizace při výběru materiálu jednotlivých částí s rozdílným chemickým a mechanickým namáháním,

5

jednoduchá montáž, výroba a skladování náhradních dílů,

malá, kompaktní a tvarově stálá konstrukce,

10

stavebnicový princip v důsledku kombinace šroubových těles s různými rotorovými osami, a
možnost vnějšího chlazení rotoru.

15 Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude v dalším podrobněji objasněn na příkladech jeho konkrétního provedení, jejichž popis bude podán s přihlédnutím k přiloženým obrázkům výkresů, kde:

20

obr. 1 znázorňuje pohled v osovému řezu na soustavu šroubových rotorů s pohonem pro šroubové čerpadlo v jednochodém provedení podle tohoto vynálezu, sestavenou z jednotlivých dílů s excentrickou vnitřní koncentrací hmoty a s poměrem délky šroubového rotoru ku stoupání, rovnajícím se $2W_2/1 < 9/2$;

25

obr. 2 znázorňuje spirálové křivky geometrického místa těžišť čelních profilů pravotočivého šroubového rotoru podle obr. 1;

30

obr. 3 znázorňuje pohled v osovému řezu na příkladné provedení rotoru ze soustavy šroubových rotorů podle obr. 1 v dvojdílném provedení v první variantě s křídlovitě rozčleněným vyvažovacím prostorem;

obr. 4 znázorňuje pohled v čelním řezu na rotor podle obr. 3, přičemž řez je veden podle čáry A-A z obr. 3;

35

obr. 5 znázorňuje spirálové křivky geometrického místa těžišť čelních profilů, jakož i čerchované větve křivky I, II, III, IV, V těžišť čelních profilů křídlovitě rozčleněného vyvažovacího prostoru;

obr. 6 znázorňuje geometrii čelního řezu první rotorové varianty s těžištěm, jakož i maximálně přípustné vnitřní vybrání,

40

obr. 7 znázorňuje různé obrysy čelních řezů vyvažovacího prostoru při změně osové polohy,

obr. 8 znázorňuje pohled v osovému řezu na příkladné provedení rotoru ze soustavy šroubových rotorů podle obr. 1 v dvojdílném provedení ve druhé variantě s rovným vyvažovacím prostorem,

45

obr. 9 znázorňuje pohled v čelním řezu na rotor podle obr. 4, přičemž řez je veden podle čáry B-B z obr. 8,

50

obr. 10 znázorňuje spirálové křivky geometrického místa těžišť čelních profilů, jakož i čerchované znázornění těžištní osy rovného vyvažovacího prostoru podle obr. 8 a obr. 9, a

obr. 11 znázorňuje příklad provedení rotoru podle obr. 8 v další variantě s jednostrannou rotorovou osou.

Příklady provedení vynálezu

V příkladu provedení, kdy je první varianta znázorněna na obr. 3 a na obr. 4, a druhá varianta je znázorněna na obr. 8 a na obr. 9, jsou šroubové rotory 101 (obr. 3, 4) popřípadě šroubové rotory 201 (obr. 8, 9) vytvořeny ze dvou dílů, a to z válcového šroubového tělesa 104, 204 a sousého rotorového hřídele 105, 205. Šroubové těleso 104 (obr. 3) popřípadě šroubové těleso 204 (obr. 8) je opatřeno šroubovým závitem s opásáními zhruba 9/2, jakož i sousým středovým otvorem 106, 206. Uvnitř šroubového tělesa 104 popřípadě šroubového tělesa 204 se středový otvor 106 (obr. 3) popřípadě středový otvor 206 (obr. 8) rozšiřuje do excentrického dutého prostoru, zvaného vyvažovací prostor 103 (obr. 3) popřípadě vyvažovací prostor 203 (obr. 8). Ve středovém otvoru 106 popřípadě středovém otvoru 206 šroubového tělesa 104 popřípadě šroubového tělesa 204 je prostřednictvím nehybného uložení fixován rotorový hřídel 105 (obr. 3) popřípadě rotorový hřídel 205 (obr. 8) a uzavírá takto seshora vyvažovací prostor 103 popřípadě vyvažovací prostor 203. Oblast tvarového styku součástí zajišťuje přenos krouticího momentu mezi rotorovým hřídelem 105 popřípadě rotorovým hřídelem 205 a šroubovým tělesem 104 popřípadě šroubovým tělesem 204. Na základě výrobních a pevnostních požadavků jsou šroubové těleso 104 popřípadě šroubové těleso 204 a rotorový hřídel 105 popřípadě rotorový hřídel 205 zhotoveny z rozdílných kovových materiálů.

Kanál 107 (obr. 3) popřípadě kanál 207 (obr. 8), nacházející se v rotorovém hřídeli 105 popřípadě v rotorovém hřídeli 205, slouží k větrání nebo chlazení vyvažovacího prostoru 103 popřípadě vyvažovacího prostoru 203 z místa, utěsněného proti čerpanému médiu; předkládané provedení obsahuje středový otvor, vyvedený na sací straně, s příčným otvorem v oblasti vyvažovacího prostoru k větrání.

V pravoúhlé souřadnicové soustavě u, v, w platí všeobecně pro libovolně tvarované těleso o homogenní hustotě při rotaci okolo osy w a rozpětí $p \leq w \leq q$ následující vztahy:

$$P_u = \omega^2 \cdot \tau \cdot \int_p^q (g \langle w \rangle) \cdot \cos(\phi \langle w \rangle) dw \quad (1)$$

$$P_v = \omega^2 \cdot \tau \cdot \int_p^q (g \langle w \rangle) \cdot \sin(\phi \langle w \rangle) dw \quad (2)$$

$$M_{v,w} = \omega^2 \cdot \tau \cdot \int_p^q (g \langle w \rangle) \cdot w \cdot \sin(\phi \langle w \rangle) dw \quad (3)$$

$$M_{u,w} = \omega^2 \cdot \tau \cdot \int_p^q (g \langle w \rangle) \cdot w \cdot \cos(\phi \langle w \rangle) dw \quad (4)$$

30 Zde značí: p, q = meze integrálu ; [cm]

P_u, P_v = silové složky [g]

$M_{u,w}, M_{v,w}$ = momentové složky [gcm]

35

$$\omega = 2\pi/T = \text{otáčky} \quad [\text{rad/s}]$$

$$\pi = 3,1415...$$

$$T = \text{oběžná doba} \quad [\text{s}]$$

$$5 \quad \tau = \gamma/b \quad [\text{g s}^2/\text{cm}^4]$$

$$\gamma = \text{specifická hmotnost} \quad [\text{g/cm}^3]$$

$$b = \text{zemské tíhové zrychlení} \quad [\text{cm/s}^2]$$

$$g\langle w \rangle = f\langle w \rangle \cdot r\langle w \rangle \quad [\text{cm}^3]$$

$$f\langle w \rangle = \text{plocha čelního řezu jako funkce } w \quad [\text{cm}^2]$$

$$10 \quad r\langle w \rangle = \text{těžišťová vzdálenost středu jako funkce } w \quad [\text{cm}]$$

$$\varphi\langle w \rangle = \text{těžišťový polohový úhel jako funkce } w \quad [\text{rad}]$$

15 Pro šroubové těleso v systému u, v, w (obr. 2) se středovým čelním řezem rovinou $u-v$, jakož i s konstantním stoupáním l , konstantní čelní plochou f_0 a konstantní těžišťovou vzdáleností středů r_0 platí zejména

$$g\langle w \rangle = g_0 = f_0 \cdot r_0 = \text{konst.} \quad (5)$$

$$20 \quad f\langle w \rangle = \alpha = (2\pi/l) \cdot W \quad (6)$$

Pro symetrické rozpětí $-W_2 \dots + W_2$, odpovídající polohovým úhlům $\alpha_2 \dots + \alpha_2$, následuje dále:

$$p = -W_2 \quad (7) \quad q = +W_2 \quad (8) \quad W_2 = \alpha_2 \cdot (l/2\pi) \quad (6a)$$

25 Ze symetrie vyplývá pro nevyvážené šroubové rotory (tj. plné šroubové rotory) bezprostředně :

$$P_v = \emptyset \quad (2a) \quad M_{u,w} = \emptyset \quad (4a)$$

Zbývající složky jsou stanoveny následovně :

$$Z \ (1), \ (5), \ (6), \ (6a), \ (7), \ (8) = >$$

$$P_u = \omega^2 \cdot \tau_0 \cdot g_0 \cdot \int_{-W/2}^{+W/2} \cos(2\pi w/l) dw = \omega^2 \cdot \tau_0 \cdot (g_0 \cdot (l/\pi) \cdot \sin \alpha_2) \quad (1a)$$

$$Z \ (3), \ (5), \ (6), \ (6a), \ (7), \ (8) = >$$

$$\begin{aligned} M_{v,w} &= \omega^2 \cdot \tau_0 \cdot g_0 \cdot \int_{-W/2}^{+W/2} w \cdot \sin(2\pi w/l) dw \\ &= \omega^2 \cdot \tau_0 \cdot (g_0 \cdot (l/\pi)^2 \cdot (\sin \alpha_2 - \alpha_2 \cos \alpha_2)/2) \end{aligned} \quad (3a)$$

Zde značí:

- $\tau_0 = \gamma_0/b$ [g s²/cm⁴]
 γ_0 = specifická hmotnost šroubového tělesa [g/cm³]
 5 l = stoupání [cm]
 r_0 = těžišťová vzdálenost středů čelních ploch plného šroubu [cm]
 f_0 = čelní plocha plného šroubu [cm²]
 $\alpha_2 = 1/2$ úhlu opásání šroubu [rad]
- 10 l a g_0 jsou v důsledku geometrie šroubového rotoru fixovány; ω je veličina čistě závislá na provozu s $\omega > 0$; τ_0 je závislá na materiálu a tím podmíněně proměnná s $\tau_0 > 0$; hlavní proměnná je úhel opásání $= 2\alpha_2$.

- 15 Variací α_2 samotného se zatím nedaří současně realizovat $P_u = 0$ a $M_{v,w} = 0$ (statické a dynamické vyvažování). U předkládaného řešení je dosaženo excentrické koncentrace hmoty uvnitř šroubového rotoru bez vnější přídavné hmoty a bez vyvažovacích otvorů v čelní stěně.

- 20 U zde popsaného příkladného provedení nemá rotorový hřídel žádný vliv na nevyváženost; vyvažovací prostor $\mathfrak{z}$ je vytvořen uvnitř plného šroubového rotoru, přičemž sám tvoří kompenzaci bez statické a dynamické nevyváženosti; tím se zde redukuje problém na pouhé tvarové uspořádání bez vlivu materiálových dat, to znamená, že statické a dynamické hodnoty úplného šroubového a vyvažovacího prostoru musejí být uvedeny v soulad takovým způsobem, že jsou splněny následující čtyři rovnice:

$$P_v / \omega^2 \tau_0 = 0 \quad = \int_{p^3}^{q^3} (g_3 \langle w \rangle) \cdot \sin(\phi_3 \langle w \rangle) dw \quad (2b)$$

$$M_{u,w} / \omega^2 \tau_0 = 0 \quad = \int_{p^3}^{q^3} (g_3 \langle w \rangle) \cdot w \cdot \cos(\phi_3 \langle w \rangle) dw \quad (4b)$$

$$P_u / \omega^2 \tau_0 = g_0 \cdot (l/\pi) \cdot \sin \alpha_2 \quad = \int_{p^3}^{q^3} (g_3 \langle w \rangle) \cdot \cos(\phi_3 \langle w \rangle) dw \quad (1b)$$

$$M_{v,w} / \omega^2 \tau_0 = g_0 \cdot (l/\pi)^2 \cdot (\sin \alpha_2 - \alpha_2 \cos \alpha_2) / 2 \quad = \int_{p^3}^{q^3} (g_3 \langle w \rangle) \cdot w \cdot \sin(\phi_3 \langle w \rangle) dw \quad (3b)$$

25

plný šroub

vyvažovací prostor

Přitom index "3" značí příslušnost k vyvažovacímu prostoru.

V první variantě (obr. 3, 4) příkladu provedení je hloubka t závitu (obr. 3) relativně velká, odpovídající relativně malému průměru c jádra (obr. 3). Účinný vyvažovací prostor 103 zde sestává ze tří axiálně v jedné ose ekvidistantně uspořádaných shodných šroubovitých křídel 108 (obr. 4), která jsou v odstupu paralelní s průběhem šroubového závitu. Obr. 5 znázorňuje čerchovaně potenciální pozice I-V křídla; zde uvedené varianty jsou osazeny pouze na středních pozicích II, III, IV (hrubé vyvážení)

U takovýmto způsobem vytvořeného vyvažovacího prostoru 103 se variací velikosti a tvaru křídla mění statická hodnota více, dynamická hodnota méně. U nevyváženého šroubového rotoru se naproti tomu dosahuje změnou délky šroubu ($= 2 W_2$) v blízkosti lichého násobku polovičního stoupání silných dynamických a slabých statických změn.

Ze znázorněného obrysu čelního řezu šroubového rotoru (obr. 6) lze nejdříve podle příslušných známých postupů určit plochu f_0 a polohu těžiště r_0, φ_s .

15 Získáme

$$f_0 = 91,189 [\text{cm}^2]; r_0 = 2,869 [\text{cm}]; \varphi_2 = 84,178 [^\circ].$$

20 $Z \text{ toho } \Rightarrow g_0 = f_0 \cdot r_0 = 261.636 [\text{cm}^3].$

S (rovněž daným) stoupáním $l = 6,936 [\text{cm}]$ získáme pro plný šroub při variacích α_2 z (1b) a (3b) přímo číselné hodnoty, které jsou uvedeny v tabulce 1.

25 Tvar vyvažovacího prostoru nemusí být nutně vyvozován z podmínek (2b), (4b), (1b), (3b); je spíše nutné stanovit nejdříve pevně geometrii, z toho určit čtyři rohové údaje, potom korigovat geometrii, znovu určit čtyři rohové údaje atd., až jsou splněny podmínky (2b), (4b), (1b), (3b) s postačující přesností.

30 Hranice pro rozpětí vyvažovacího prostoru je dána stabilitou nejmenší možné tloušťky stěny. V důsledku měnitelného prostorového zakřivení povrchu šroubu je určení hraniční čáry v čelním řezu možné pouze počteně: Obrys čelního řezu a stoupání 1 dávají pro každý bod povrchu šroubu normálový vektor, jehož hodnota je rovna nejmenší tloušťce stěny. Koncový bod vektoru je pak zašroubován do fixní roviny ($w = \text{konstantní}$) a dává bod hraniční čáry. Se speciálně k tomuto účelu vyvinutým programem EDV, jehož podprogramy obsahují specifické vzorce, jsou vypočtena data křivek hraniční čáry pro tloušťku stěny $0,7 [\text{cm}]$, znázorněné čerchovaně na obr. 6.

40 Kvůli komplexně zakřivenému tvaru lze realizovatelné funkce $g_3 \langle w \rangle$ a $\varphi_3 \langle w \rangle$ jen nanejvýš nákladně matematicky znázornit s přídatnými problémy v následné integraci (1b) ... (4b); přibližovací metoda se sumací řady malých částečných hodnot pro program EDV vede rychle k cíli:

Za tím účelem je vyvažovací prostor rozdělen na N axiálně za sebou přesazeně uspořádaných kotoučů o stejné tloušťce ΔW . Čelní obrys každého kotouče je zvlášť definován pomocí řady jednotlivých bodů a je takto uložen do paměti.

45 Dílčí program EDV vypočítá nejprve pro každý kotouč hodnotu g_n a φ_n a uloží jí do datové paměti.

Další program EDV tuto hodnotu opět vyvolá a sčítáním vytvoří integrální hodnotu:

$$P_v / \omega^2 \tau_0 = \Delta W \cdot \sum_{n=1}^N g_n \cdot \sin \phi_n \quad [\text{cm}^4] \quad (2c)$$

$$M_{u,w} / \omega^2 \tau_0 = \Delta W \cdot \sum_{n=1}^N g_n \cdot W_n \cdot \cos \phi_n \quad [\text{cm}^5] \quad (4c)$$

$$P_u / \omega^2 \tau_0 = \Delta W \cdot \sum_{n=1}^N g_n \cdot \cos \phi_n \quad [\text{cm}^4] \quad (1c)$$

$$M_{v,w} / \omega^2 \tau_0 = \Delta W \cdot \sum_{n=1}^N g_n \cdot W_n \cdot \sin \phi_n \quad [\text{cm}^5] \quad (3c)$$

Konstrukčně se nyní ve střední oblasti křídla rozprostírá obrys čelního řezu kotoučů optimálně až k hraniční čáře (čerchované na obr. 6) jako i těžišťové polohové úhly plného šroubového rotoru a vyvažovacího prostoru k uzavření křídla 108 (obr. 4).

5

Střední oblast se rozprostírá přes (nejdříve) proměnný počet m stejných kotoučů, koncové oblasti vykazují 5 kotoučů ubývajícího obrysu. Při $\Delta W = 0,108[\text{cm}]$ a volbě m jsou pro 3-křídlový vyvažovací prostor získány hodnoty uvedené v tabulce 2.

- 10 Dobré přiblížení poskytují hodnoty $\alpha_2 = 806,8 \dots 806,9 [^\circ]$ a $m = 10$. Následné jemné doladění je dosaženo korekcemi geometrií kotoučů. Početně zprostředkovaná hodnota poměru délka šroubu / stoupání obnáší zde $2 W_2/l = a = 4,4825 < 9/2$.

- 15 Ve druhé variantě (obr. 8, 9) příkladu provedení je hloubka t závitu (obr. 8) poměrně malá, přičemž v souladu s relativně velkým průměrem c jádra (obr. 8) probíhá rovně, souose s konstantním průřezem (obr. 9), excentricky uvnitř oblasti jádra šroubového rotoru, axiálně spojitě (obr. 10).

- 20 Vyvažovací prostor 203, vytvářený takovýmto způsobem, nemá žádný vliv na dynamickou nevyváženost. Při početním zpracování je tedy nejdříve zjištěna s pomocí vztahu (3a) přesná hodnota a_0 = délka šroubu/stoupání v blízkosti $9/2$ opásání, pro něž je dynamická nevyváženost šroubu rovna nule. Tato hodnota a_0 je nezávislá na profilu. Hodnoty pro různá opásání jsou uvedeny v tabulce 3. Z toho pak následuje s pomocí vztahu (1a) přímo (na profilu závislá) hodnota statické nevyváženosti šroubového rotoru:

25

$$P_v / \omega^2 \tau_0 = g_0 (l/\pi) \cdot \sin \alpha_2$$

$$\alpha_2 = 14,0662 \quad [\text{rad}]$$

30

$$l = 5,390 \quad [\text{cm}]$$

$$g_0 = 150,374 \quad [\text{cm}_3]$$

$$P_v / \omega^2 \tau_0 = 257,347 \quad [\text{cm}^4]$$

Této hodnotě se pak rovná hodnota vyvažovacího prostoru 203 co se týče průměru a přizpůsobení délky:

$$5 \quad e = 2,85 \text{ [cm]} \quad d = 1,6 \text{ [cm]} \Rightarrow \quad j = 20,3, \text{ [cm]}$$

V další podružné variantě (obr. 11) druhé varianty je šroubový rotor 301 letmo uložen na rotorovém hřídeli jednostranně souose upevněném na šroubovém tělese 304. Excentrický vyvažovací prostor 303 je přístupný z čelní strany šroubového rotoru 301, kde se nenachází rotorový hřídel, a to přes velký souosý otvor, přičemž může být zhotoven různými způsoby. Šroubové těleso 304 a rotorový hřídel tvoří například jednotku z jednoho kusu, středový otvor a čelní strana rotoru mohou být uzavřeny zátkou 309. Zvláštní proporce šroubového tělesa 304, podmíněné jednos-

tranným uložením, vedou při stejném početním kroku k odchýlným proporcím e , d , j vyvažovacího prostoru 303.

Šroubové rotory s geometriemi profilů obou variant popsaného příkladného provedení podle proporcí, uvedených na obr. 3, obr. 4, obr. 6, obr. 7, obr. 8 a obr. 9 jsou teoreticky fundované, vypočtené s pomocí EDV, realizované pro jednotku délky ($L.E$) = 1 cm a úspěšně vyzkoušené.

20

Tabulka 1

α_2 [$^{\circ}$]	$P_3/\omega^2\tau_0$ [cm ⁴]	$M_{v,w}/\omega^2\tau_0$ [cm ⁵]
807,4	577,045	229,381
807,3	576,998	213,715
807,2	576,950	198,053
807,1	576,900	182,394
807,0	576,848	166,739
806,9	576,794	151,087
806,8	576,739	135,438
806,7	576,682	119,793
806,6	576,623	104,151

Tabulka 2

m	$P_u/\omega^2\tau_0$ [cm ⁴]	$M_{v,w}/\omega^2\tau_0$ [cm ⁵]	$P_u/\omega^2\tau_0$ [cm ⁴]	$M_{v,w}/\omega^2\tau_0$ [cm ⁵]
13	641,926	231,623	-3,902	3,970
12	619,980	199,530	-4,081	3,574
11	596,549	170,234	-4,251	3,192
10	571,692	143,681	-4,410	2,824
9	545,467	119,803	-4,559	2,473
8	517,937	98,519	-4,697	2,140
7	489,169	79,735	-4,824	1,827

5 Tabulka 3

Poměry délka šroubu/stoupání = $a_0 = 2 W_2/l$ při rovném vyvažovacím prostoru s konstantním příčným průřezem.

$a_0=2W_2/l=2\alpha_2/2\pi$	2,459	3,471	4,477	5,481	6,484	7,486
lichý násobek 1/2	5/2	7/2	9/2	11/2	13/2	15/2

atd.

10

PATENTOVÉ NÁROKY

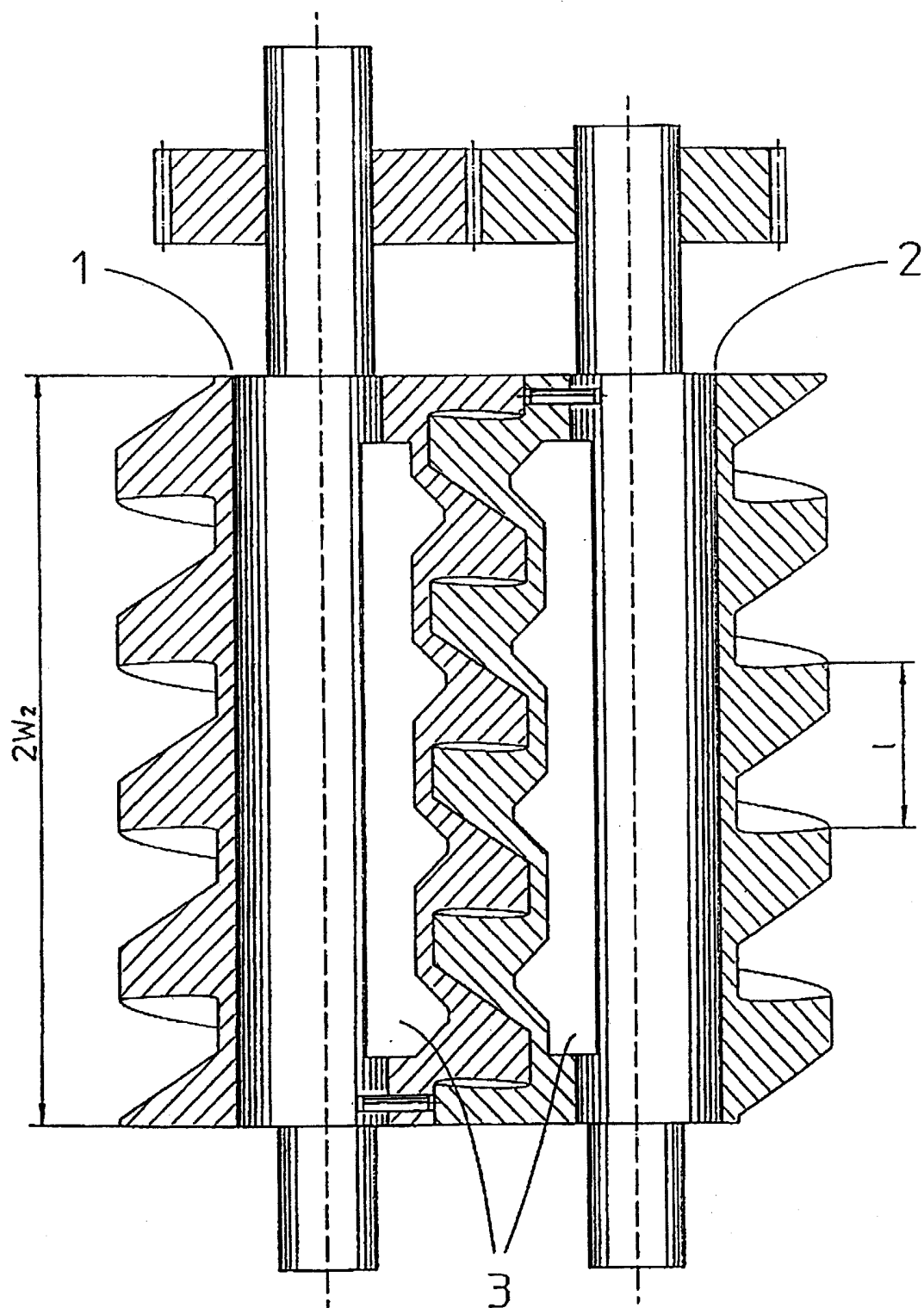
15

1. Soustava šroubových rotorů pro šroubová čerpadla v osově rovnoběžném uspořádání s protiběžným záběrem a s úhlem opásání nejméně 720° v jednochodém provedení a s hladkými rovnoběžnými rotorovými čelními plochami, **vyznačující se tím**, že každý šroubový rotor (1, 2, 101, 201, 301) sestává z více vzájemně pevně spojených jednotlivých dílů se společnou osou otáčení, přičemž jednotlivé díly uvnitř rotoru tvoří excentrický a od čerpacího prostoru oddělitelný vyvažovací prostor (3, 103, 203, 303), přičemž měrné hmotnosti materiálů a geometrie jednotlivých dílů uvnitř rotoru jsou vyladěny pro dosažení statického vyvážení, a poměr (a) délky šroubu ku stoupání vykazuje hodnotu, která je menší než lichý násobek hodnoty 0,5, přičemž hodnota poměru (a) je určena výpočtem pro dosažení dynamického vyvážení při nepatrném zpětném působení na statickou nevyváženost.

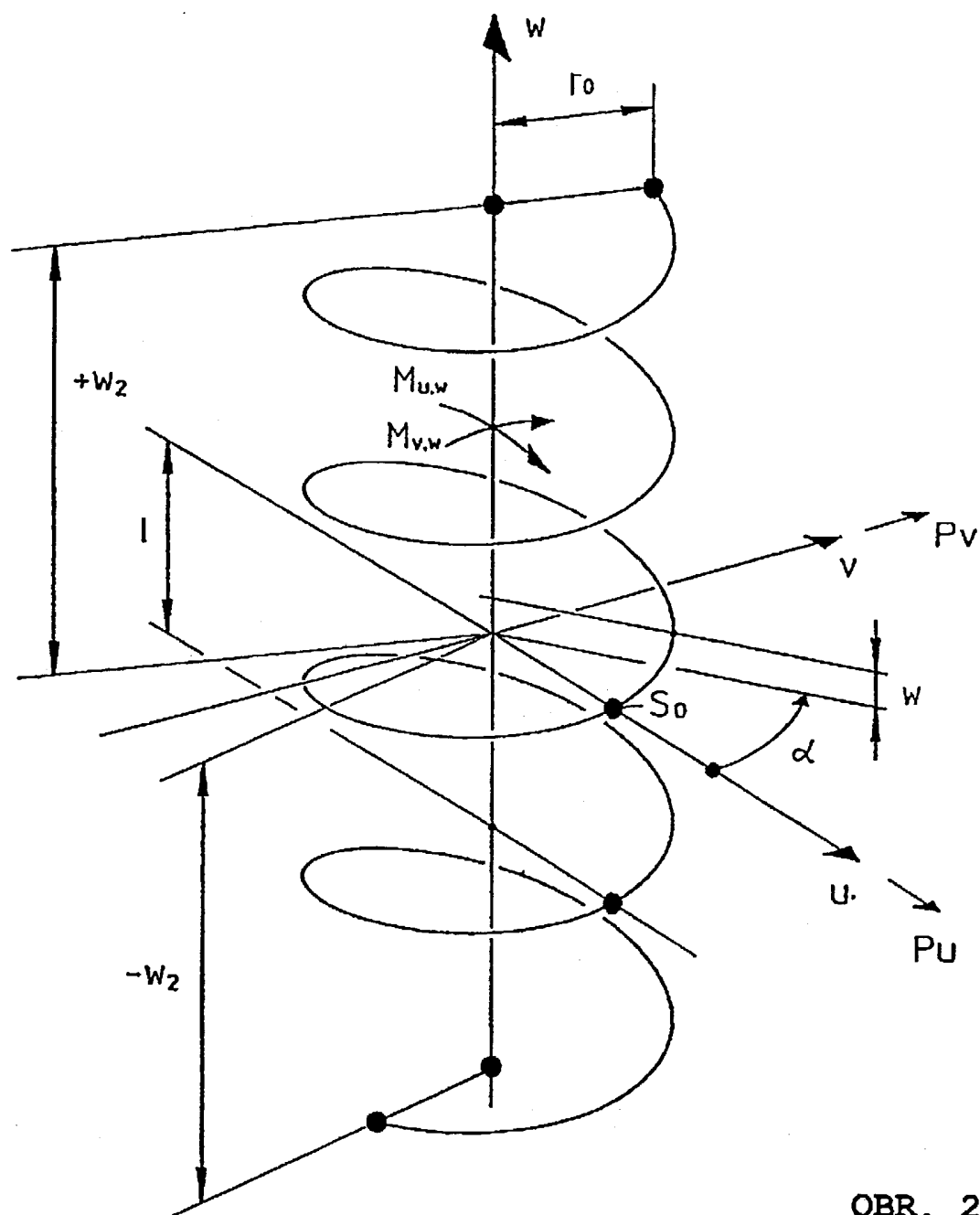
25

2. Soustava šroubových rotorů podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že jednotlivé díly šroubového rotoru (1, 2, 101, 201, 301) jsou excentricky vystředěny.
- 5 3. Soustava šroubových rotorů podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že jednotlivé díly šroubového rotoru (1, 2, 101, 201, 301) mají rozdílné měrné hmotnosti.
- 10 4. Soustava šroubových rotorů podle jednoho z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že každý šroubový rotor (1, 2, 101, 201) sestává z válcového šroubového tělesa (104, 204) a ze sousého rotorového hřídele (105, 205), který uvnitř šroubového tělesa (104, 204) vytváří excentrický dutý vyvažovací prostor (103, 203).
- 15 5. Soustava šroubových rotorů podle jednoho z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že každý šroubový rotor (1, 2) sestává z válcového šroubového tělesa a ze sousého rotorového hřídele s uvnitř šroubového tělesa excentricky uloženým příčným průřezem, přičemž šroubové těleso a rotorový hřídel jsou zhotoveny z materiálů o různé měrné hmotnosti.
- 20 6. Soustava šroubových rotorů podle nároku 4 nebo 5, **vyznačující se tím**, že každý šroubový rotor (1, 2) sestává z válcového šroubového tělesa a ze sousého rotorového hřídele s uvnitř šroubového tělesa excentricky uloženým příčným průřezem, přičemž šroubové těleso a rotorový hřídel jsou zhotoveny z materiálů o různé měrné hmotnosti a uvnitř šroubového tělesa vytvářejí excentrický dutý vyvažovací prostor (3).
- 25 7. Sestava šroubových rotorů podle jednoho z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že každý šroubový rotor (1, 2, 301) je tvořen válcovým šroubovým tělesem (304) s jednostranně souose umístěným rotorovým hřídelem, přičemž šroubové těleso má uvnitř excentrický dutý vyvažovací prostor (303), jehož přístup od čelní strany rotoru, na niž se nenachází rotorový hřídel, je uzavřen zátkou (309).
- 30 8. Soustava šroubových rotorů podle nároku 4 nebo 6, **vyznačující se tím**, že vyvažovací prostor (103) má několik postranních křídlovitých rozšíření (108), která v odstupu rovnoběžně sledují průběh šroubového závitu.
- 35 9. Soustava šroubových rotorů podle nároku 4, 6 nebo 7, **vyznačující se tím**, že vyvažovací prostor (203) je osově přímý s konstantním příčným průřezem pro odstranění vlivu na dynamickou nevyváženost.
- 40 10. Soustava šroubových rotorů podle nároku 4, 6, 8 nebo 9, **vyznačující se tím**, že v rotorovém hřídeli je uspořádán kanál (107, 207) pro větrání nebo ochlazování vyvažovacího prostoru (103, 203).
- 45 11. Šroubové čerpadlo, **vyznačující se tím**, že je opatřeno soustavou šroubových rotorů podle jednoho nebo více nároků 1 až 10.

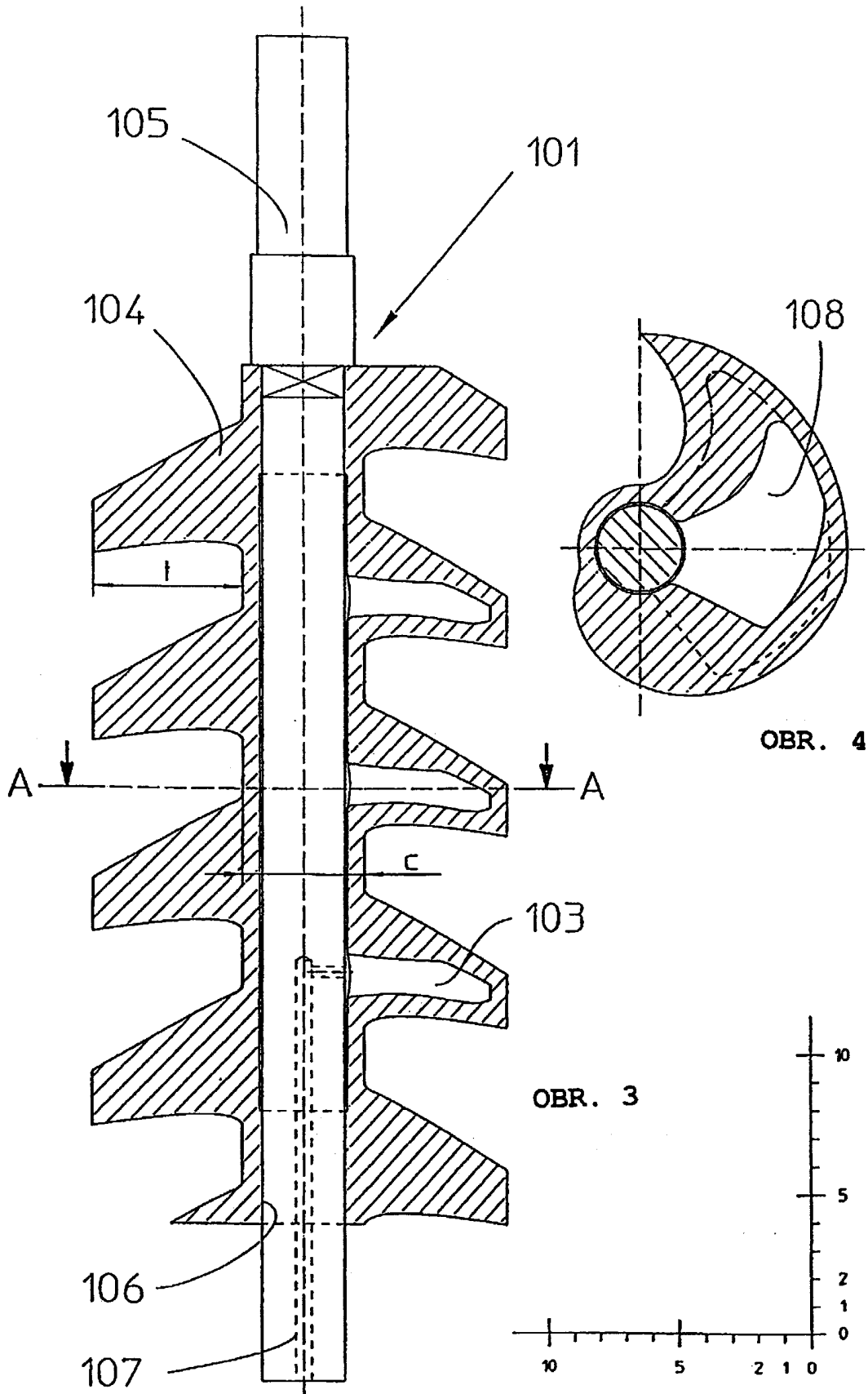
9 výkresů

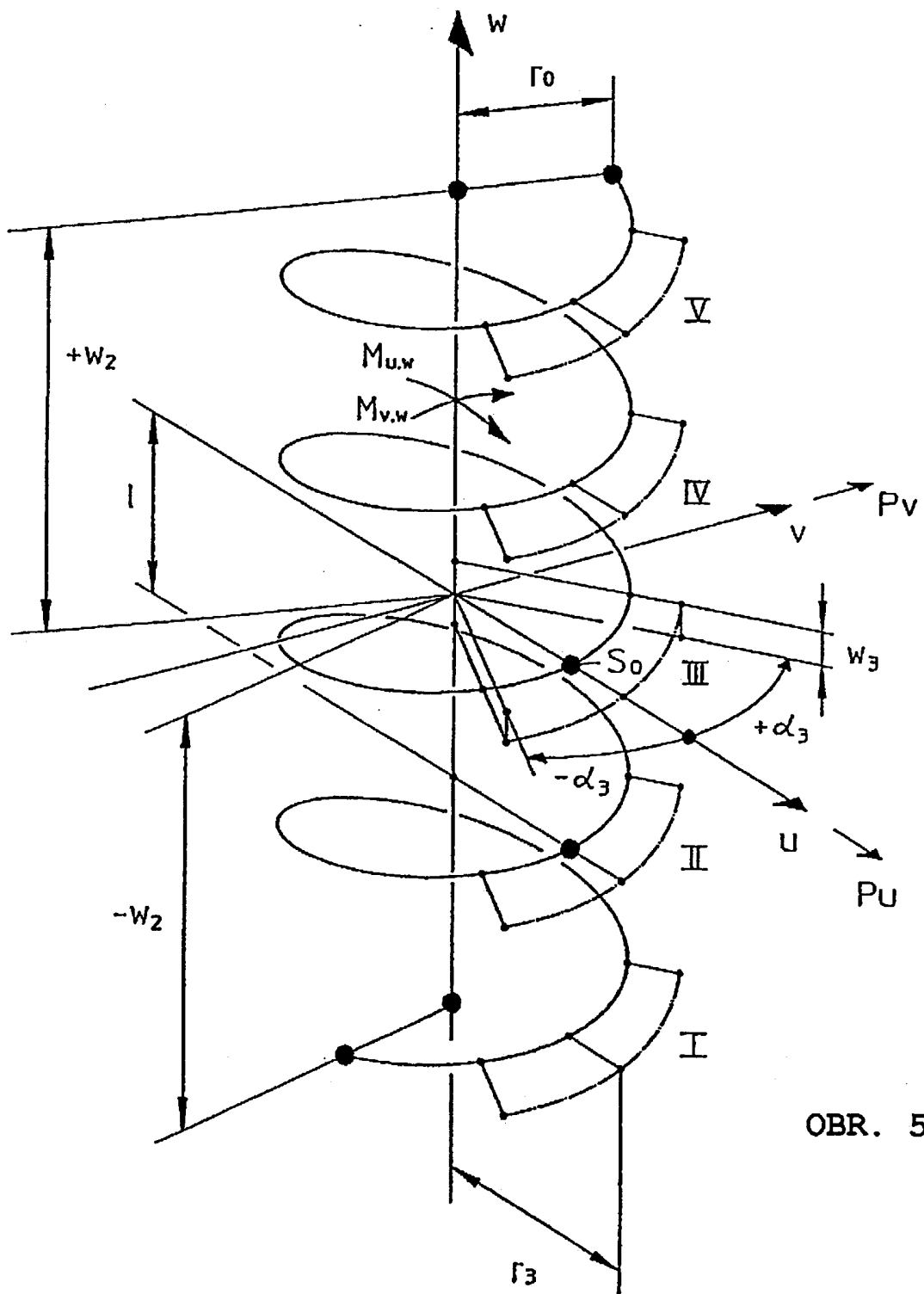


OBR. 1

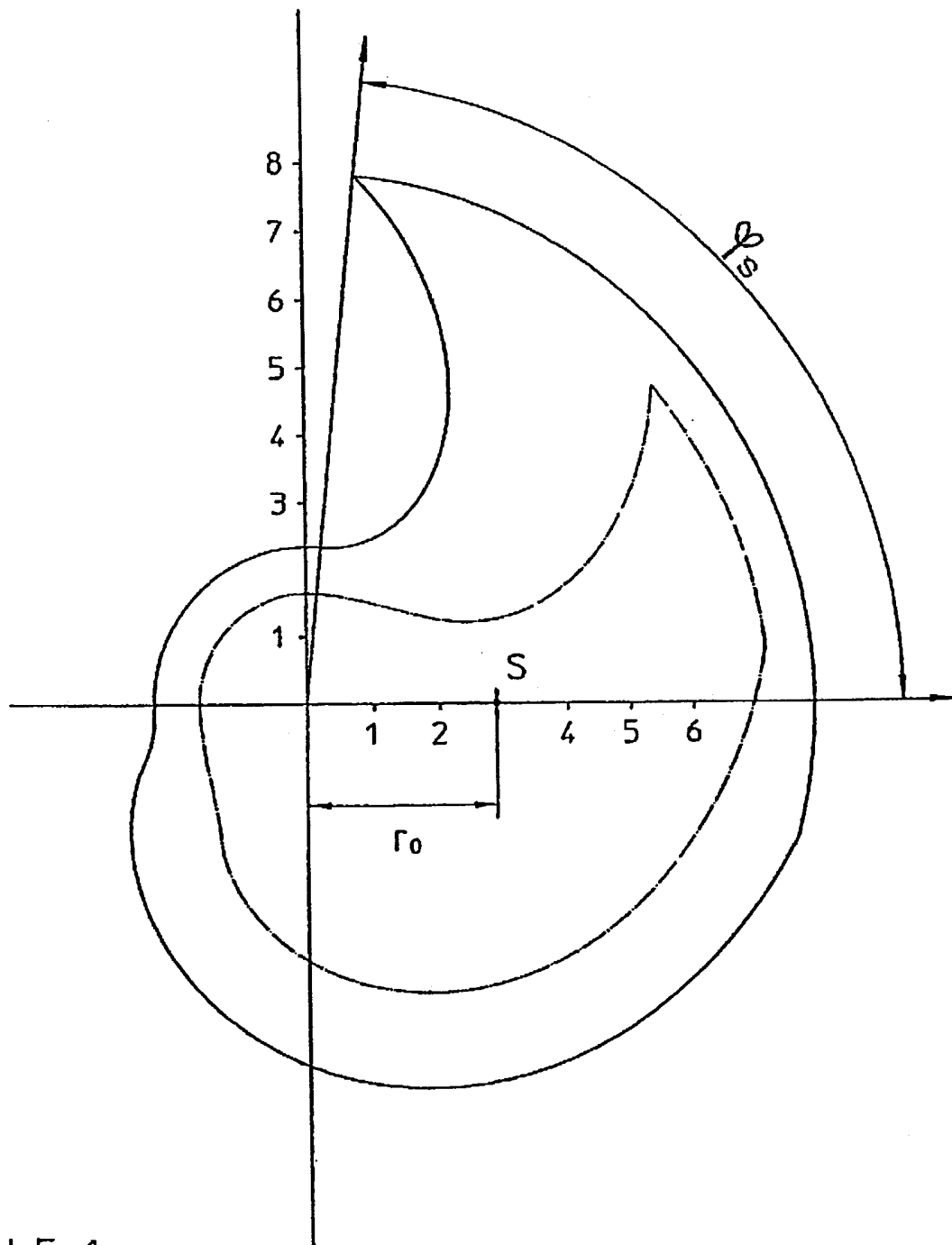


OBR. 2



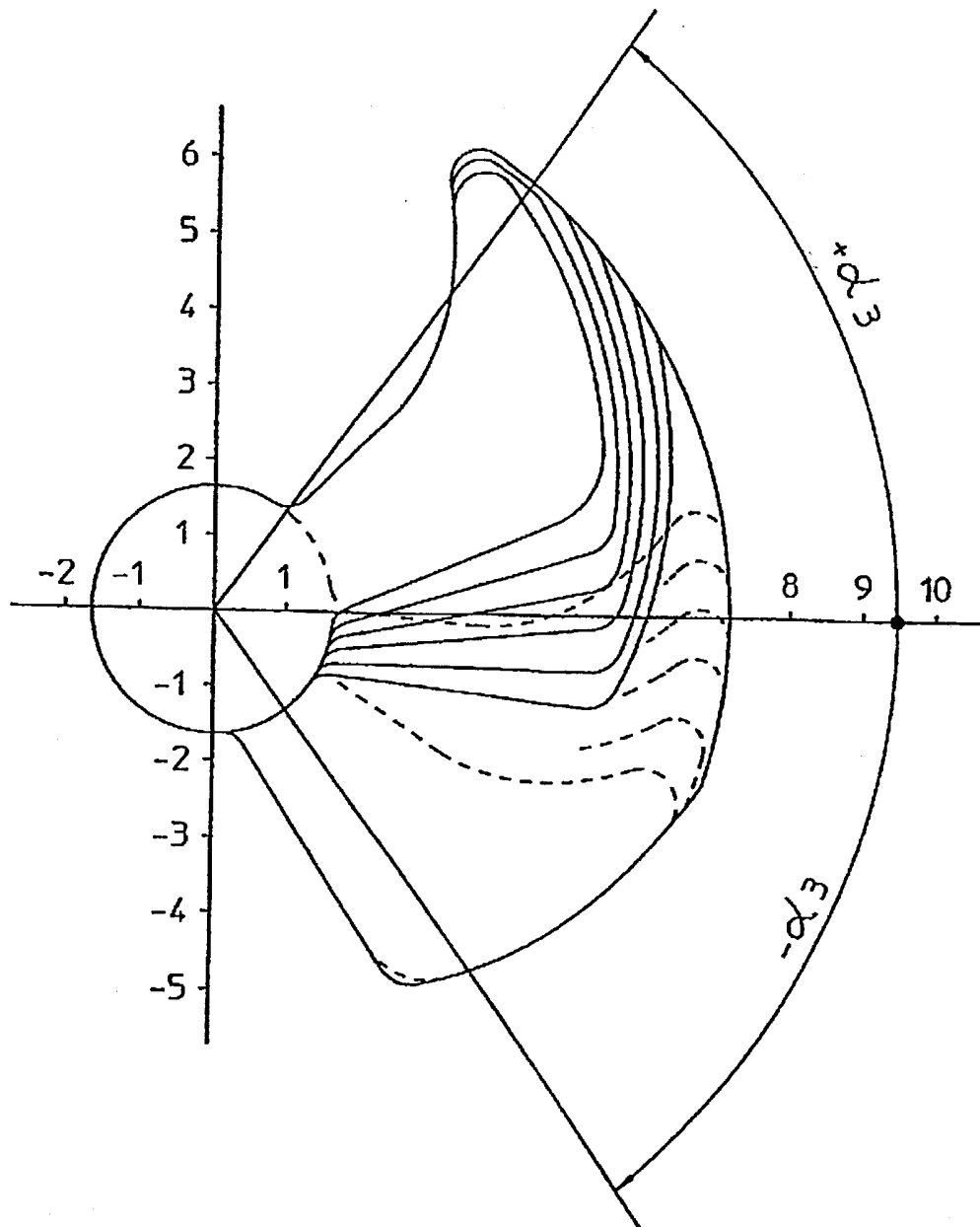


OBR. 5

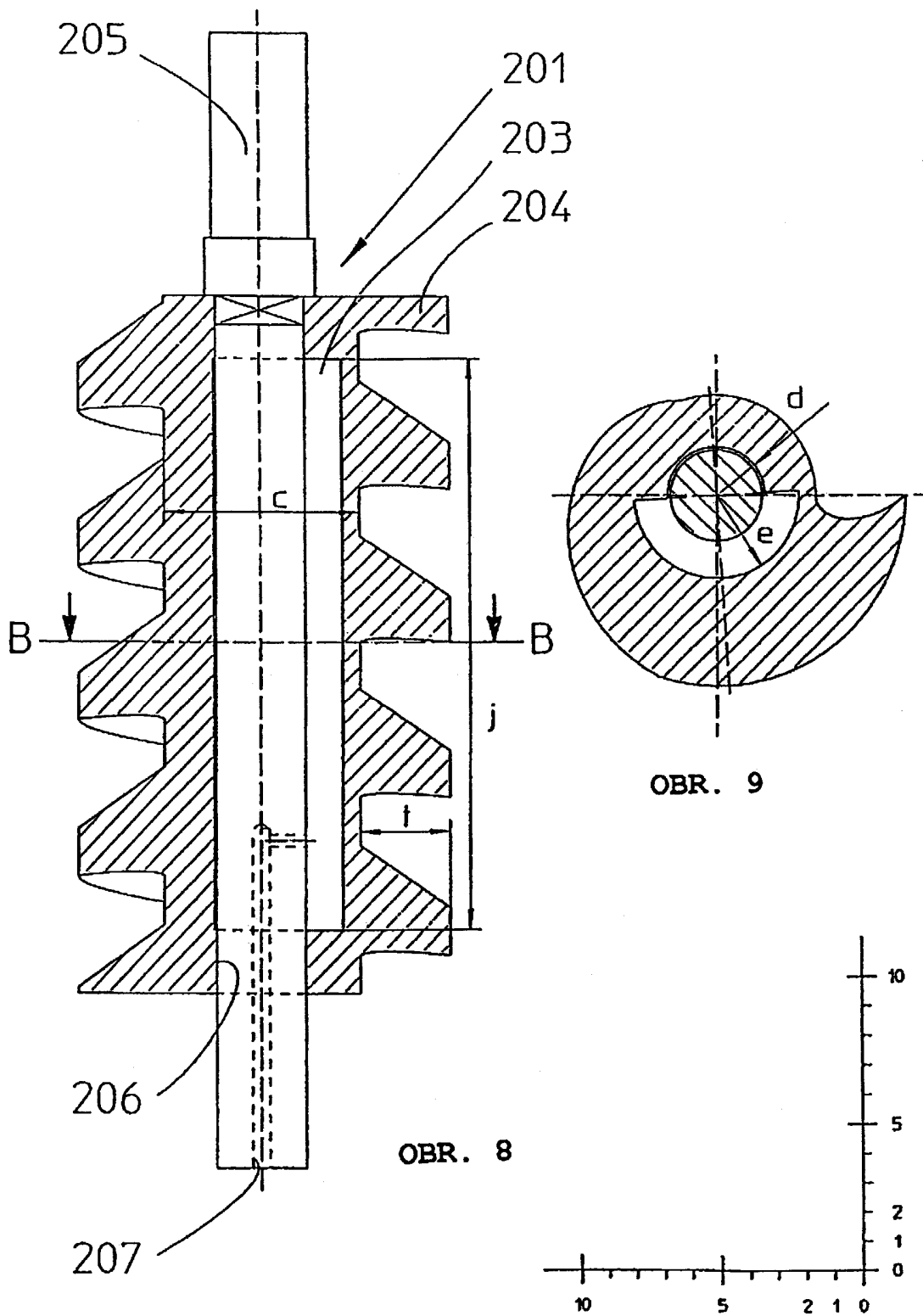


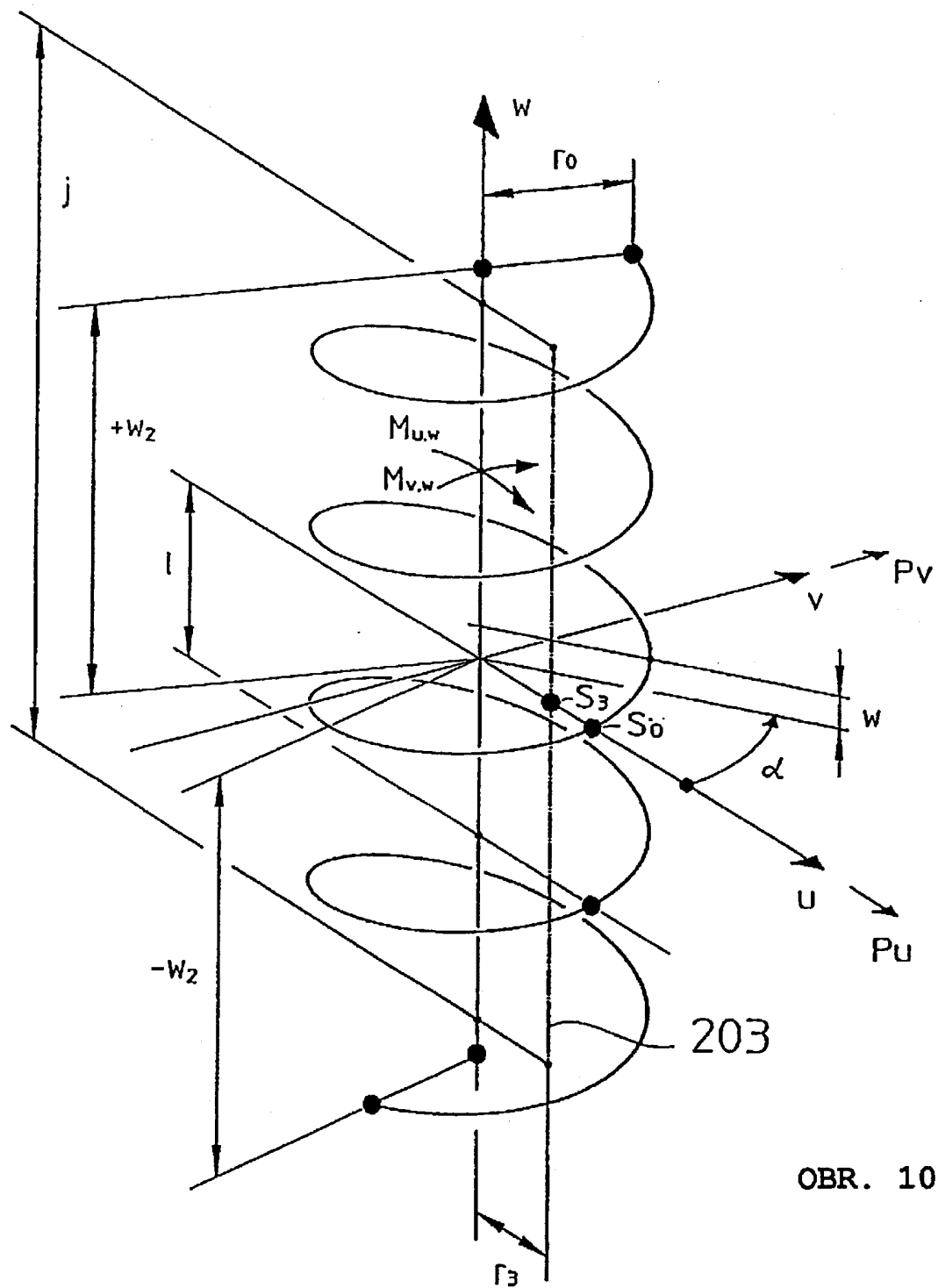
1 L.E.=1 cm

OBR. 6

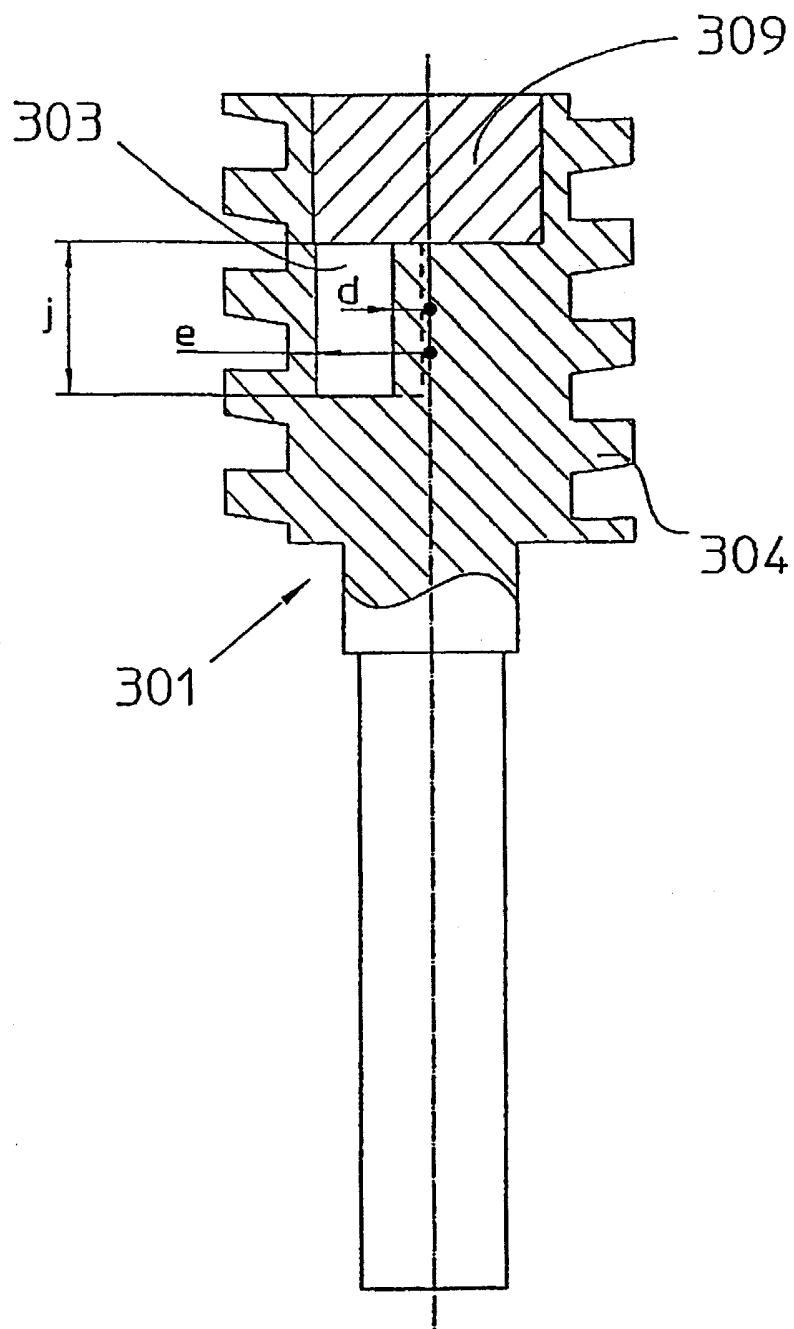


OBR. 7





OBR. 10



OBR. 11

Konec dokumentu