

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

295 409

(13) Druh dokumentu:

B6

(51) Int. Cl. 7

B 22 D 13/02

B 23 H 9/00

C 10 G 9/20

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



(21) Číslo přihlášky: **1999-2964**
(22) Přihlášeno: **19.08.1999**
(30) Právo přednosti: **20.08.1998 GB 1998/9818158**
(40) Zveřejněno: **15.03.2000**
(**Věstník č. 03/2000**)
(47) Uděleno: **02.06.05**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **17.08.2005**
(**Věstník č. 8/2005**)

ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

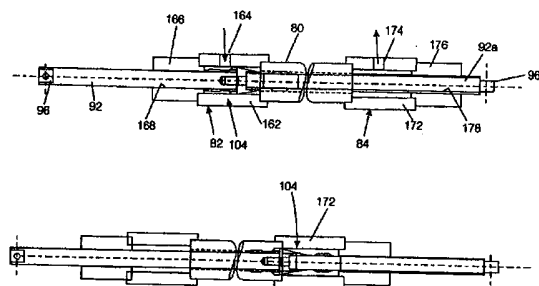
(73) Majitel patentu:
DONCASTERS LIMITED, Melbourne, GB

(72) Původce:
Jones John, Bishop Auckland, GB
Yardley Michael J., Seaton, GB
Barker Terry K., Richmond, GB

(74) Zástupce:
JUDr. Petr Kalenský, Hálkova 2, Praha 2, 12000

(54) Název vynálezu:
Odstředivě litá trubka, její použití, způsob výroby a elektrochemické obráběcí zařízení pro jeho provádění

(57) Anotace:
Odstředivě litá trubka je vytvořena ze slitiny odolné proti tečení, a to daného složení nebo ze slitiny mající mez pevnosti při tečení vyšší než 6 MPa a s výhodou vyšší než 10 MPa, při teplotě 1000 °C, při 100 000 hodinové zkoušce střední hodnoty meze pevnosti při tečení. Trubka má v příčném průřezu tvar s vnitřním obrysem (O_{INT}), jehož délka je nejméně o 10 % větší než je obvod nejmenší kružnice (C_{MIN}), obklopující celý vnitřní obrys (O_{INT}) průřezu. Při způsobu se použije trubicové těleso získané odstředivým odléváním jako trubicový předvýrobek vyráběné trubky, jehož středový průchod se elektrochemicky obrábí pro vytvoření uvedeného vnitřního obrysu (O_{INT}) průřezu. Přitom se předvýrobovou trubicou přesouvá elektroda (104), obsahující část mající v příčném průřezu tvar odpovídající požadovanému tvaru, který má mít v příčném průřezu na svém vnitřním povrchu výsledná trubka. Posunem elektrody se při průchodu proudu a průtoku elektrolytu podél trubky předvýrobová trubka obrábí. Elektroda (104) zařízení má nakloněnou pracovní plochu (124) a má na svém předním konci úseky, které jsou izolované, aby se neodebíral materiál průchodu trubicového předvýrobku v oblasti vrcholů vnitřního obrysu (O_{INT}) průřezu vyráběné trubky, a při zadním konci nemá žádné izolované úseky, takže při použití je materiál odebrán po celém obvodu průchodu trubicového předvýrobku. Je také navrženo použití výše uvedených trubek pro pyrolýzní nebo reformovací pec.



CZ 295409 B6

Odstředivě litá trubka, její použití, způsob výroby a elektrochemické obráběcí zařízení pro jeho provádění

5 Oblast techniky

Vynález se týká trubek ze slitiny odolné proti tečení, a to zejména trubek určených pro chemický zpracovávací průmysl a zejména petrochemický průmysl.

10

Dosavadní stav techniky

Světové hospodářství očekává od petrochemické výroby dodávku důležitých materiálů, jako jsou plasty, umělá hnojiva a jiné chemické výrobky, které jsou součástí moderního života. Požadavek na vzrůstající výtěžnost a produktivitu s nízkými náklady a nízkým znečištěním životního prostředí vede k tomu, že konstrukční uspořádání petrochemického zařízení a jeho provoz vyžaduje stálou pozornost a zdokonalování.

Ústřední nebo klíčové oblasti zařízení, která vyžadují taková zdokonalení, jsou hlavní vytápěné pece, například "parní krakovací" pece, které využívají pyrolytického krakovacího procesu pro výrobu ethylenu, a primární "parní reformovací" pece, které produkují vodík, který se popřípadě používá pro následnou konverzi na amoniak, methanol atd.

Tyto procesy spotřebovávají velká množství energie (paliva a tepla) a také vystavují materiály pece, zejména trubky, v nichž proces probíhá, prostředím náležejícím k nejvíce agresivním, jaká se v průmyslu vyskytují. Pro dosažení požadovaných zdokonalení během doby provozu, účinnosti a produktivity, je proto žádoucí volba co nejmodernějších slitin.

Pyrolytická a reformovací technologie v peci je závislá na jednom společném prvku, kterým je účinnost trubek v peci. Vytápěné hořáky musí pracovat kontinuálně po dlouhá časová období při extrémně vysokých teplotách. V typickém případě bude krakovací pec pracovat v rozsahu 1050 až 1120 °C s očekávanou životností například pět až sedm let. Parní reformovací pec, s očekávanou životností například 12 let, může typicky pracovat s teplotami trubek 900 až 1000 °C. Volbou nejlepší slitiny pro trubky pece je možné dosáhnout jedním rozhodnutím více prospěšných výsledků z hlediska efektivity.

Oblast vysokoteplotních slitin, jaké jsou potřebné pro vytápěné ohřivače, používané v petrochemickém průmyslu, může být někdy zdrojem nejasností vzhledem k tomu, že většina z nich není zahrnuta v mezinárodních předpisech, jako jsou ASTM nebo ASME. Kromě toho jsou tyto slitiny často známé pod firemními názvy. Ve skutečnosti existuje malá třída slitin, které jsou vhodné pro použití ve vytápěných trubkách ohřivačů. V rámci této třídy jsou hlavní vlastnosti ovlivňovány množstvím důležitých legovacích prvků, které slitina obsahuje, a které mohou být shrnuty následovně.

První z prvků je nikl, který poskytuje stabilní austenitickou strukturu, přispívající jak k pevnosti za horka, tak i k dobré tažnosti. Nikl je také hlavní prvek, který snižuje nauhličování slitiny a rychlosti koroze při vysoké teplotě.

Chrom zajišťuje odolnost proti nauhličování při vysokých teplotách tím, že vytváří na povrchu trubky přílnavý povrchový film, bohatý na oxid chromu. Chrom také přispívá k pevnosti při vysokých teplotách tvorbou karbidů.

Dalším prvkem je uhlík, který je austenitickým stabilizátorem a daleko nejdůležitějším prvkem, který ovládá pevnost za horka a odolnost proti tečení. Uhlík tvoří primární mezidendritické kar-

bidy a během provozu vyvolává precipitaci sekundárních karbidů v matrici, které snižují poškození tečením.

5 Niob zlepšuje stabilitu karbidů, čímž dochází ke zvyšování pevnosti při tečení a také se zlepšuje svařitelnost.

Křemík přispívá, podobně jako chrom, k tvorbě oxidových filmů, které zvyšují odolnost proti nauhličování.

10 Je k dispozici řada slitin, které obsahují různá množství výše uvedených složek a které mají v důsledku toho různé vlastnosti. V typickém případě však takové slitiny obsahují následující složky v uváděném procentním podílu, přičemž zbytek je tvořen železem:

Prvek	% hmotnosti
uhlík	0,1 až 0,5
chrom	20 až 35
nikl	20 až 45
niob	0 až 2
křemík	0 až 2
wolfram	0 až 5
přísady	0 až 1.

15 Vynález se v první řadě týká takové slitiny, které jsou zde označovány jako "slitiny odolné proti tečení" s ohledem na jejich odolnost proti tečení. Existují však jiné materiály, jako odlévané superlegované slitiny, intermetalické látky na bázi niklu a popřípadě i aluminidy železa, které mohou být vhodnými materiály a které lze tedy považovat za spadající do rámce pojmu "slitiny odolné proti tečení".

20 Alternativní definice "slitiny odolné proti tečení", také v rámci vynálezu, se vztahuje ke 100 000 hodinové střední hodnotě meze pevnosti při tečení ("100 000 hour mean stress rupture value", získané zkušební metodou známou jako 100 000 hodinová zkouška střední hodnoty meze pevnosti při tečení neboli anglicky "100 000 hour test"), která je nejpoužívanější hodnota pro projektanta, když vybírá slitiny a rozměry, které má použít. Podle jiného hlediska se tedy vynález 25 týká slitin, majících při této zkoušce hodnotu vyšší než 6 MPa při teplotě 1000 °C a s výhodou vyšší než 10 MPa.

30 Jelikož výborné vlastnosti při vysokých teplotách, vysoký obsah uhlíku a velikost zrna v odlitku u slitin na bázi uhlíkové oceli odolných proti tečení snižují plasticitu a kujnost těchto slitin, nedají se takové slitiny odolné proti tečení snadno kovát, a odlévání je v podstatě jediným výrobním způsobem, který se dá použít pro výrobu požadovaných trubek a tvarovek. Totéž platí pro další slitiny odolné proti tečení. Vynález se tak týká pouze odlévaných slitin odolných proti tečení.

35 Oba hlavní typy pecí (parní krakování pro výrobu ethylenu a parní reformování pro výrobu vodíku) představují každý odlišné problémy a každý může být uvažován samostatně pro demonstraci, jak může optimální volba slitiny přinést významný užitek pro provozovatele a projektanty.

40 U parních krakovacích pecí sestávají pyrolýzní pece v podstatě z izolované skříně, obsahující trubkové hady, které vstupují a vystupují skrz stěnu pece a tvoří průtokovou dráhu skrz pec. Jelikož jsou požadované pyrolytické reakce (konverze páry a uhlovodíků na ethylen) endotermické, ohřívají hořáky, umístěné na straně a/nebo dně pece, vnější povrchy hadů. I když některé pece používají vodorovné hady, velká většina používá hadů osazených svisle.

45 Surovina na zpracování (jako nafta, zkapalněný propan nebo ethan) se směšuje s párou a zavádí se pod tlakem (okolo 2 až 5 kg/cm²) do pece. Obvykle předehřívá horní konvekční sekce přiváděnou výchozí surovinou konvekci tepla z hořáků v dolním sálavém pásmu. Po průchodu kon-

vekcí sekcí výchozí surovina vstupuje do pyrolýzní nebo sálavé sekce. Tato hlavní sekce sestává z trubek, které jsou v typickém případě 12 až 14 metrů dlouhé a mají průměry od 50 do 100 mm. Ve většině uspořádání jsou tyto trubky uspořádány svisle. Jsou zahřívány pecními hořáky na 950 °C až 1150 °C, čímž dochází k předávání dostatečného množství tepla trubkami do přiváděné suroviny pro její štěpení na polyethylen. Během provozu se bude vytvářet uvnitř více horkých úseků hadů koksová vrstva a tento koks musí být odstraňováním jeho spálením v odkoksovacích pochodech, prováděných v požadovaných intervalech. Slitina trubek samotná se bude nauhličovat, když bude během vysokoteplotních pochodů v kontaktu s koksovými usazeninami a surovinou pro zpracování, a tento proces se bude s průběhem času zintenzivňovat a bude pronikavě ovlivňovat vlastnosti slitiny. Výroba ethylenu je proto jedním z nejagresivnějších prostředí, jakému mohou být slitiny vystaveny.

V různých oblastech je požadována optimální schopnost z hlediska odolnosti několika agresivním mechanismům, které zahrnují nauhličování, tepelné cykly, poškození tečením a tvorbu koksu. Nauhličování snižuje vlastnosti slitiny, jako je tažnost, pevnost při tečení a svařitelnost. Odolnost proti nauhličování může být zlepšena vytvořením ochranného povlaku na vnitřním povrchu hadů a použitím trubek s vyšším obsahem legovacích přísad. Křemík a chrom přispívají k vytvoření ochranného oxidového filmu, i když tento film může být poškozován během odkoksovacích pochodů nebo tepelných cyklů a měl by být obnoven, kde je to možné. Zvýšení obsahu niklu je účinný způsob pro zabraňování absorpce uhlíku.

Pro projektanta nebo provozovatele reformovacích pecí jsou problémy poněkud odlišné, ale je možné získat volbou legovacích přísad podobný užitek. Jako u pyrolýzních pecí, existují různé koncepce pecí, ale požadavky na slitinu reformovacích trubek jsou stejné. Primární parní reformovací pece se používají pro konverzi zpracovávaných surovin ve formě uhlovodíků a páry na plyny bohaté na vodík za účelem výroby samotného vodíku, nebo pro použití při výrobě látek, jako jsou amoniak a methanol. Reformovací trubky jsou naplněny katalyzátorem a zpracovávané suroviny se nechávají procházet trubkami pod vysokými tlaky v rozmezí zpravidla od 28 do 43 kg/cm³. Trubky se zahřívají hořáky v peci na teploty od 875 do 1000 °C. Na výstupu z trubek se reakční plyn vypouští do sběrného potrubí a předává se do sekundární reformovací jednotky.

Vzhledem k teplotám a tlakům, vyskytujícím se při procesu, je primárním poškozovacím mechanismem reformovacích trubek tečení a proto může volba nejpevnější slitiny pro trubky zajistit řadu koncepčních a provozních přínosů. Koroze obvykle není významný problém.

Pro prodloužení životnosti trubek a zvýšení účinnosti pece jsou tak vhodné slitiny, odolné proti tečení. Jak bylo uvedeno výše je však jediným praktickým způsobem, jak vyrábět trubky pro jak parní krakovací pece, tak i parní reformovací pece, odstředivé lití, při němž se roztavená slitina lije do konce trubicovité formy, která rotuje tak vysokou rychlostí, že roztavená slitina vytváří vrstvu kapalné slitiny na vnitřním povrchu formy. Jakmile slitina ztuhne, rotace formy se zastaví a tak zvaná trubka se vyhodí z formy. Trubka se vyvrtává po její délce pro vytvoření požadovaného vnitřního průměru. Jakékoli nečistoty budou vždy lehčí, než slitina, a budou proti "plavat" na vnitřní straně trubky a budou tak odstraňovány vyvrtávacím pochodem. V každém případě je vnitřní obrys příčného průřezu hotové trubky kruhový.

V osmdesátých letech však byly vyvinuty nové koncepce parních krakovacích pecí pro výrobu ethylenu, které významně zvýšily výtěžek. Tyto koncepce spočívají v tom, že uhlovodíkové plynné výchozí suroviny procházejí vyhřívacími hady rychleji. Aby se zajistil přiměřený ohřev plynů, je požadován zlepšený přenos tepla, což bylo zajištěno použitím malého vrtání, tenkostěnných trubek, jakož i trubek vnitřně profilovaných žebry a drážkami. Pro zlepšení průtoku plynu byly také navrženy rýhované nebo drážkované trubky.

Až dosud bylo možné ekonomickým způsobem vytvářet žebrované nebo drážkované použitím kujných materiálů, způsobilých být objemově tvářeny a/nebo protlačovány s vhodným průřezovým tvarem. Odlévané slitiny, odolné proti tečení však nemohou být protlačovány, alespoň ne

bez narušení mnohých z vlastností, které činí jejich použití atraktivní. Na druhé straně nemají kujné materiály požadovanou pevnost při tečení pro dlouhou životnost v prostředí krakovacích pecí a je tedy již delší dobu známé, že je třeba jejich vlastnosti zdokonalit.

- 5 Bylo navrženo nanést ve spirále podél odlité trubky svarovou linii ze slitiny odolné proti tečení, ale to představuje jen nepodstatné zlepšení.

Vynález si proto klade za úkol řešit výše uvedené problémy a vytvořit novou trubku, která by měla jak požadovanou pevnost při tečení, tak i požadované vlastnosti z hlediska přenosu tepla, jakož i způsob jejich výroby.

10 GB 969 796 popisuje použití žebor spirálovitě vytvořených na vnitřním povrchu trubek pro pece na pyrolýzu v přítomnosti páry. US 5 409 675 popisuje zužující se trubku s žebry pro použití v reaktoru na tepelné krakování uhlovodíků. US 4 827 074 popisuje způsob spojování trubek, které jsou na vnitřní straně žebrované, tak že se sníží nánosy koksu.

20 Spis US 3 533 926 popisuje způsob zvětšování středového průchodu trubicového předvýrobku elektrolytickým obráběním, používající elektrodu mající čelní část ze zešíkmenými boky a zadní část se souběžnými boky. Spis W0 91/05 627 popisuje zařízení na elektrochemické obrábění pro vytváření drážkování nebo rýhování v trubce, kde se přesouvá elektroda podél trubky a současně se jí otáčí pro vytváření spirálovitých drážek. Spis EP0 249 552 podobně popisuje elektrochemické rýhování hlavní střelných zbraní při použití elektrody se spirálovými elektrodovými prvky.

25 Podstata vynálezu

Vynález přináší odstředivě litou trubku ze slitiny odolné proti tečení, přičemž slitina je buď slitina obsahující následující složky v uváděném procentním podílu, přičemž zbytek je tvořen železem:

uhlík	0,1 až 0,5 % hmotn.
chrom	20 až 35 % hmotn.
nikl	20 až 45 % hmotn.
niob	0 až 2 % hmotn.
křemík	0 až 2 % hmotn.
wolfram	0 až 5 % hmotn.
příspěvy	0 až 1 % hmotn.

30 nebo slitina mající mez pevnosti při tečení vyšší než 6 MPa a s výhodou vyšší než 10 MPa, při teplotě 1000 °C, při 100 000 hodinové zkoušce střední hodnoty meze pevnosti při tečení (100 hour mean stress rupture test), přičemž podle vynálezu má trubka má v příčném průřezu tvar s vnitřním obrysem (dále také označovaným pro jasný a rychlý odkaz jako "vnitřní obrys průřezu"), jehož délka je nejméně o 10 % větší, než je obvod nejmenší kružnice, obklopující celý vnitřní obrys průřezu.

40 Podle dalšího znaku vynálezu má trubka v příčném průřezu souměrný tvar, jehož vnitřní obrys je zvlněný. S výhodou má vnitřní obrys průřezu sinusovitý tvar a nejmenší kružnice obklopující celý vnitřní obrys průřezu je kružnice tomuto vnitřnímu obrysu průřezu opsaná a procházející patami úžlabí jeho vln. Sinusovitě zvlněný vnitřní obrys průřezu má účelně na obvodě uvedené nejmenší kružnice rozteč, definovanou jako délka obvodu kružnice dělená počtem vrcholů vnitřního obrysu průřezu, přičemž poměr uvedené rozteče k amplitudě uvedeného sinusovitě zvlněného vnitřního obrysu průřezu je od 2 do 4 a s výhodou přibližně 3.

45 Podle dalšího znaku vynálezu má trubka napříč průřezu zrnitou strukturu jako je struktura z odlévání. Makrostruktura trubky s výhodou obsahuje radiálně orientovaná sloupková zrna přes

celý její průřez, nebo makrostruktura trubky obsahuje radiálně orientovaná sloupková zrna ve vnější vrstvě a stejnoosá zrna ve vnitřní vrstvě, přičemž nejmenší kružnice obklopující celý vnitřní obrys průřezu leží v této vnitřní vrstvě.

- 5 Trubky mají mikro a makrostrukturu jako z odlévání, pokud není následně v nebo mezikroku modifikována, například tepelným zpracováním. Tepelné zpracování modifikuje jeden znak mikrostruktury, a to zrnové složky, ale nechává fyzický tvar v podstatě neovlivněný. Kromě toho mohou v některých případech (což je proveditelné i u slitin odolných proti tečení) trubky potřebovat ohýbání za horka přes velký poloměr, a to také ovlivní makrostrukturu slitiny.

10

Vynález také navrhuje použití výše uvedených trubek pro pyrolýzní nebo reformovací pec.

Vynález také přináší způsob výroby výše uvedených trubek, při kterém se odstředivě odlévá trubka v otáčející se trubicové formě pro vytvoření trubicového tělesa se středovým průchodem, přičemž podle vynálezu se trubicové těleso získané odstředivým odléváním použije jako trubicový předvýrobek vyráběné trubky, jehož středový průchod se elektrochemicky obrábí pro vytvoření uvedeného vnitřního obrysu průřezu, přičemž se od prvního konce trubky k jejímu druhému konci přesouvá elektroda, vymezující svým vnějším obrysem v řezu rovinou příčnou kose trubky tvar v podstatě odpovídající požadovanému tvaru, který má mít v příčném průřezu na svém vnitřním povrchu výsledná trubka, vytvoří se potenciální rozdíl přes mezeru mezi cílovou oblastí trubky a elektrodou, takže mezi trubkou a elektrodou prochází elektrický proud, podél trubky se nechá procházet elektrolyt pro umožňování průchodu proudu tak, že kov opouští povrch cílové oblasti trubky a vstupuje do roztoku v elektrolytu, a rychlost přesouvání elektrody podél trubky se udržuje tak, že mezeru mezi cílovou oblastí trubky a elektrodou zůstává v podstatě konstantní.

25

Proud má s výhodou v cílové oblasti hustotu od 20 do 80 A/cm², s výhodou od 30 do 70 A/cm² a nejvýhodněji okolo 50 A/cm², a/nebo uvedená rychlost přesunu je od 2 do 20 mm za minutu, s výhodou od 5 do 7 mm za minutu, a/nebo má mezeru mezi cílovou oblastí trubky a elektrodou velikost od 0,2 do 0,7 mm, s výhodou okolo 0,5 mm, a/nebo trubka má v příčném průřezu s výhodou kruhový výchozí průřezový tvar, mající maximální vnitřní průměr menší, než je průměr největší kružnice, která je způsobilá projít konečným vnitřním obrysem (O_{INT}) průřezu vyráběné trubky, a/nebo elektroda je nakloněná vzhledem ke směru přesouvání, takže se cílová oblast trubky zvětšuje, a/nebo

- 35 a) elektrolyt obsahuje vodný roztok anorganické soli, která je zvolena z jedné nebo více solí ze skupiny obsahující dusičnan, chlorid a bromid sodný nebo draselný, s výhodou dusičnan sodný, a s výhodou se udržuje při teplotě od 35 do 45 °C, s výhodou od 38 do 42 °C, a/nebo při měrné hmotnosti od 1,1 g/cm³ do 1,25 g/cm³, s výhodou okolo 1,18 g/cm³, a/nebo při pH od 8 do 10, s výhodou od 8,5 do 9,5, nebo

40

b) elektrolyt obsahuje anorganickou kyselinu, s výhodou kyselinu sírovou, dusičnou nebo chlorovodíkovou.

Vynález dále navrhuje elektrochemické obráběcí zařízení pro provádění výše uvedeného způsobu, obsahující osazovací prostředky konců trubky, která se má obrábět, přičemž tyto prostředky jsou uzpůsobené pro těsné dosedání k odpovídajícím koncům trubky a pro přivádění elektrolytu do jednoho konce trubky a odebírání elektrolytu z druhého konce, elektrodu, vymezující svým vnějším obrysem v řezu rovinou příčnou k ose trubky tvar v podstatě odpovídající požadovanému tvaru, který má mít v příčném průřezu na svém vnitřním povrchu výsledná trubka, přičemž elektroda je osazena na konci izolované vodivé tyče, procházející s utěsněním otvorem v jednom osazovacím prostředku z uvedených osazovacích prostředků konců trubky, první elektrické přípojné prostředky připojené k trubce a druhé elektrické přípojné prostředky připojené k tyči pro zavedení elektrického napětí mezi trubkou a elektrodou, přesouvací prostředek, připojený k druhému konci tyče pro zasouvání elektrody do průchodu trubicového předvýrobku trubky k jeho obrábění pro získání průřezového tvaru vyráběné trubky s požadovaným vnitřním obrysem

55

průřezu, při průchodu proudu mezi cílovou oblastí trubky a elektrodou, kdy kov opouští obráběný
 trubicový předvýrobek trubky a přechází do roztoku v elektrolytu, přičemž tyč je dostatečně
 dlouhá pro to, aby elektroda mohla být v hranicích jednoho osazovacího prostředku z osazova-
 5 cích prostředků konců trubky, aniž by se přesouvací prostředek dotýkal druhého osazovacího
 prostředku z osazovacích prostředků, přičemž elektroda má z hlediska směru přesouvání přední
 konec a zadní konec, přičemž zadní konec má úsek konstantního průřezu, s výhodou kratší než
 2 mm, přičemž elektroda se zužuje od zadního konce k přednímu konci a průřez předního konce
 má celkový průměr ne větší, než je minimální průměr průchodu trubicového předvýrobku trubky,
 10 přičemž podle vynálezu má elektroda na svém zadním konci v úseku konstantního průřezu
 v příčném průřezu tvar s vnějším obrysem, jehož délka je nejméně o 10 % větší, než je obvod
 nejmenší kružnice, obklopující celý vnější obrys průřezu elektrody, přičemž tento vnější obrys
 průřezu elektrody je zvlněný s vrcholy a úžlabími, přičemž elektroda má na svém předním konci
 úseky, které jsou izolované, aby se neodebíral materiál průchodu trubicového předvýrobku
 v oblasti vrcholů vnitřního obrysu průřezu vyráběné trubky, a při zadním konci nemá žádné izo-
 15 lované úseky, takže při použití je materiál odebírán po celém obvodu průchodu trubicového
 předvýrobku.

Elektroda s výhodou obsahuje přední vodítko a zadní vodítko, přičemž přední vodítko má v příč-
 20 ném průřezu profil odpovídající vnitřnímu průchodu trubicového předvýrobku trubky a zadní
 vodítko má v příčném průřezu profil odpovídající vnitřnímu profilu vyráběné trubky, přičemž
 zařízení obsahuje průchodové prostředky pro umožňování průchodu elektrolytu podél trubky a
 okolo elektrody.

Zadní vodítko je s výhodou kruhové a jeho profil odpovídá vnitřnímu profilu vyráběné trubky
 25 s těsným zasouvacím dosedáním na vrcholy vnitřního obrysu jejího průřezu, přičemž průchodové
 prostředky obsahují mezeru mezi povrchem elektrody a vnitřním povrchem vyráběné trubky,
 a úžlabí vnitřního obrysu průřezu vyráběné trubky.

Průchodové prostředky dále obsahují, podle dalšího znaku zařízení podle vynálezu, vybrání
 30 v povrchu předního vodítka.

Podle dalšího znaku zařízení podle vynálezu tyč prochází osazovacím prostředkem začátku
 trubky, přičemž otvorem v osazovacím prostředku konce trubky utěsněné prochází izolovaná
 35 nastavná tyč, která je také připojena k odpovídajícím druhým elektrickým přípojným prostřed-
 kům a k elektrodě pro vyšší dodávku elektrického výkonu do elektrody.

Elektrolyt s výhodou obsahuje vodný roztok anorganické soli, která je zvolena s výhodou z jedné
 nebo více solí ze skupiny obsahující dusičnan, chlorid a bromid sodný nebo draselný, s výhodou
 40 dusičnan sodný, a s výhodou je udržovaný při teplotě od 35 do 45 °C, s výhodou od 38 do 42 °C,
 a/nebo při měrné hmotnosti od 1,1 g/cm³ do 1,25 g/cm³, s výhodou přibližně 1,18 g/cm³, a/nebo
 při pH od 8 do 10, s výhodou od 8,5 do 9,5.

Podle dalšího znaku zařízení podle vynálezu elektrolyt obsahuje anorganickou kyselinu,
 s výhodou kyselinu sírovou, dusičnou nebo chlorovodíkovou.
 45

Přehled obrázků na výkresech

Vynález je blíže vysvětlen v následujícím popisu na příkladech provedení s odvoláním na připo-
 50 jené výkresy, ve kterých znázorňuje obr. 1 perspektivní pohled na uspořádání trubek v pyrolýzní
 krakovací peci, obr. 2A příčný řez tvářenou žebrovanou trubkou podle stavu techniky, obr. 2B
 pohled na vnitřní povrch trubky z obr. 2A, obr. 2C řez ukazující leptanou mikrostrukturu ve stěně
 a obr. 2D řez ukazující leptanou mikrostrukturu v podélném řezu podél průchodu, a to pro tváře-
 nou žebrovanou trubku podle stavu techniky, obr. 3A příčný řez žebrovanou trubkou podle
 55 vynálezu, obr. 3B pohled na vnitřní povrch trubky z obr. 3A, obr. 3C řez ukazující leptanou

mikrostrukturu ve stěně a obr. 3B řez ukazující leptanou mikrostrukturu v podélném řezu podél průchodu, a to pro žebrovanou trubku podle vynálezu, obr. 4 graf srovnávající stotisícihodinové hodnoty napětí v přetržení (ze zkoušky "100 000 test") u tvářených žebrovaných trubek a trubek podle vynálezu, obr. 5 schéma zařízení, vhodného pro elektrochemické obrábění trubky podle vynálezu, obr. 6 řez elektrodou v trubce v zařízení podle vynálezu, obr. 7A podélný řez zařízením z obr. 6 s elektrodou v osazovacím prostředku začátku trubky, obr. 7B podélný řez zařízením z obr. 6 s elektrodou v osazovacím prostředku konce, obr. 8A řezový detail elektrody z obr. 6, obr. 8B pohled ve směru B z obr. 8A, obr. 9 boční pohled na elektrodu z obr. 6 až 8, obr. 10 schéma ukazující postupující obrábění středového průchodu trubky, když jím prochází elektroda, obr. 11 podélný řez elektrodou podle druhého provedení zařízení podle vynálezu, obr. 12A koncový pohled na elektrodu z obr. 11, obr. 12B řez elektrodou z obr. 11 s vyznačením pohledu z obr. 12A ve směru šipky A, obr. 13A koncový pohled na přední vodičko pro použití s elektrodou z obr. 12, obr. 13B podélný řez předním vodičkem s vyznačením pohledu z obr. 13A ve směru šipky B, obr. 14A a 14B koncový pohled a podélný řez maskou pro použití s elektrodou z obr. 12, obr. 15 podélný řez částí zadního vodička pro elektrodu z obr. 12 a obr. 16A a 16B podélný řez a koncový pohled, ukazující osazovací uspořádání elektrických přípojných prostředků na elektrodové tyči zařízení podle vynálezu.

20 Příklady provedení vynálezu

Na obr. 1 je znázorněno typické uspořádání trubek ve skříni 10 pece, mající ve stěnách a/nebo v podlaze hořáky. Uspořádání je opatřeno dvěma řadami vstupů 12 a 14, kterými může být přiváděna surovina na zpracování a pára při teplotě v rozmezí přibližně 350 až 800 °C. Surovina na zpracování může být nafta, zkapalněný propan nebo ethan, přičemž v první průchozí sekci 16 teplota reaktantů stoupá na hodnotu od 800 do 950 °C. Ve dvou středních průchozích sekcích 18 teplota stoupá na 850 až 1050 °C, a v posledním průchodu se blíží hodnotám 1050 až 1150 °C. Na výstupu 22 je vypouštěn ethylen jako konečný produkt.

30 Plyny se přivádějí pod tlakem okolo 2 až 5 kg na centimetr čtvereční. Trubky jsou uspořádány svisle, přičemž vstupní a výstupní trubky jsou podporovány na patkách 24, 26, zatímco mezilehlé průchozí sekce jsou nesené na závěsných třmenech 28. Kromě toho je každá trubka podporována v základně pece 10 na stojkových podporách 30.

35 Hmotnost trubek, teploty a tlaky, jimž jsou trubky při provozu vystaveny a doba života trubek vedou k tomu, že se trubky s postupem času deformují, což má za následek prohýbání trubek (bere-li se na zřetel jejich délka přibližně 10 metrů), a také zvětšování trubek, pokud některá část trubky vejde do styku se stěnami pece nebo do styku mezi sebou navzájem.

40 Kromě deformace trubek je problémem také vytváření koksových usazenin v trubkách, jakož i nauhličování materiálu trubek. Tepelné cykly také vedou ke vzniku napětí a velké množství výzkumných prací proto vedlo k návrhu složení slitin, které poskytují různé přednostní vlastnosti. I když vynález se v první řadě týká pevnosti při tečení, zabraňující borcení trubek při odpovídajících vysokých provozních teplotách s postupem času, nauhličování je také problémem, kterým se
45 vynález zabývá.

Tabulka 1 udává jmenovitá složení souboru slitin vyráběných přihlašovatelem, z nichž každá má zvláštní známé vlastnosti.

Tabulka 1

slitina	C	Cr	Ni	Nb	W	Ostatní	Označení
1	0,4	25	20				H20/HK40
2	0,4	25	20			Si	H21/HK40
3	0,3	24	24	1			H24W/IN519
4	0,4	25	35		4		H34CT/HP W Mod
5	0,4	25	35	1			H39W/HP Nb Mod
6	0,4	25	35	1		Přísady	H39WM/HP Microalloy
7	0,4	35	45	1		Přísady	H46M/35/45 Microalloy
8	0,1	20	32	1			CR32W/800 H
9	0,1	25	35	1		Přísady	CR32W/HP Mod Low C

5 Každá z uvedených slitin je "slitina odolná proti tečení", jak byla definována výše, i když pouze slitiny s vyšším obsahem uhlíku a niklu (např. slitiny 4 až 7 v tab.1) jsou z hlediska odolnosti proti tečení výrazně lepší, než materiály, které mohou být tvářeny.

10 Dále uvedená tab. 2 například porovnává čtyři slitiny z tab. 1 se dvěma tvářitelnými materiály podle stavu techniky (W1 a W2) dle standardní 100 000 hodinové ("100 000 hour") zkoušky meze pevnosti při tečení po 100 000 hodinách, přičemž hodnoty jsou uváděny v N mm⁻² (MPa). (* značí, že údaje nejsou k dispozici).

Tabulka 2

Teplota °C	Slit. 4	Slit.5	Slit. 6	Slit. 7	W1	W2
900	22,4	24,3	29,7	26,3	11,4	*
950	14,7	15,9	20,1	18,6	7,5	*
1000	9,4	10,3	12,8	12,6	4,9	6,0
1050	5,8	6,5	7,8	8,1	3,2	3,6
1100	3,5	4,1	4,4	5,0	2,1	2,1

15 Naproti tomu mají odlévané materiály také lepší odolnosti proti nauhličování, bez ohledu na jejich pevnost při tečení. V každém případě nemůže být žádná ze slitin z tab. 1 válcována nebo pro-
20 tlačována bez narušení jejich vlastností, lepších než má v litém stavu, a nemůže tedy být použí-
vána v nedávno vyvinutých pyrolytických postupech, vyžadujících použití trubek, majících na
vnitřní straně v příčném průřezu žebrovaný tvar. Žebrovaný tvar zvětšuje povrchovou plochu
trubek, která je v kontaktu s plyny v trubkách, takže se může zvýšit rychlost přenosu tepla. To je
potřebné proto, že nové procesy vyžadují rychlejší průchod plynů trubkovými hady a tedy
i mnohem kratší doby pobytu v trubkových hadech pece. Proto se používaly tvářené trubky a obr.
3A až 3D a obr. 4, jakož i tab. 2, ukazují některé ze znaků a vlastností takových trubek.

25 Naproti tomu ukazují obr. 3A až 3D znaky odpovídající trubky, vytvořené odstředivým litím ze
slitiny odolné proti tečení, a níže jsou porovnávány vlastnosti obou trubek. V tomto příkladě má
každá trubka 50a, 50b vnější průměr okolo 70 mm, a má každá na vnitřním povrchu dvanáct že-
ber 52a, 52b. Každé žebro probíhá v podélném směru po délce trubky a má výšku okolo 4,5 mm
ve vrcholu. Vnitřní průměr každé trubky od úžlabí k úžlabí je okolo 50 mm.

30 Složení, zjištěné spektrografickou analýzou každé z trubek, je shrnuto v tab. 3.

Tabulka 3

% hmotn. prvku	Litá H39W	Tvářená trubka
Uhlík	0,43	0,082
Křemík	1,3	0,66
Mangan	1,04	0,9
Nikl	33,9	36
Chrom	24,6	25,1
Niob	1,01	0,074
Titan	0,005	0,55
Hliník	0,005	0,23
Molybden	0,05	0,26

5 Nejsou významné rozdíly mezi stopovými prvky a kontaminanty ve složeních obou slitin. Tvářená žebrovaná trubka podle stavu techniky je v zásadě stále slitina se základem "25/35-Cr/Ni", ale s nízkým obsahem uhlíku a bez niobu. Místo toho jsou přidávány titan a hliník jako zpevňovací přísady.

10 Vnější povrchy obou vzorků nejsou zvláště důležité a mohou být opatřeny stejnou vhodnou povrchovou úpravou. Vnitřní povrchy středových průchodů trubek (vrtání – dále: středových průchodů trubek) 50a, 50b jsou však různé. Měření drsnosti povrchu byla prováděna podél pat úžlabí 56a, 56b mezi žebry 52a, 52b a poskytla následující hodnoty:

Tvářená žebrovaná trubka: R_A : 80 CLA mikropalců (0,00008" – 2,0 μm)

Litá trubka H39W: R_A : 130 CLA mikropalců (0,00013" – 3,3 μm).

15 Oba tyto výsledky jsou srovnatelné s normálním povrchem "125 CLA" pro vrtané trubky. Pečlivá vizuální prohlídka obou různých povrchů průchodů však ukazuje, že vzorky tvářené žebrované trubky vykazují zjevné jemné podélné povrchové trhliny nebo vruby 58 (viz obr. 2B), které probíhají hlavně podél vrcholů žebor, zatímco trubka podle vynálezu má rovnoměrný výsledný povrch nebo strukturu povrchu ve všech oblastech vnitřního vrtání, tj. jak v úžlabích 56b, tak i žebrech 52b. Je podezření, že drsnost napříč vrcholu žebor tvářené trubky je hrubší, než 20 130 CLA mikropalců a možná až 300 CLA mikropalců. Významnější je skutečnost, že takové vrubování a poškození povrchu by mohlo působit při provozu jako oblasti preferenční tvorby koksových usazenin a nauhličování.

25 Úplné příčné plátky každého vzorku byly podrobeny mikroreptání. Tvářená žebrovaná trubka vykazovala rovnoměrnou stejnoosou strukturu z jemných zrn napříč stěny, jak je patrné na obr. 2A. Lítý vzorek ze slitiny H39W však vykazoval makrostrukturu s jemnými směrově orientovanými sloupcovými zrny, radiálně uspořádanými okolo vnější vrstvy 60 trubky 50b, a malou vrstvu se stejnoosými zrny od střední oblasti 64 stěny s žebrovanému povrchu s vrcholy 54b 30 žebor 52b.

I když makrostruktura se může odlišovat, zejména u malých trubek s velmi rychlým tuhnutím, kde sloupcovitá struktura může v průřezu stěny převažovat, podle jednoho znaku vynálezu je žebrování (žebra 52b a úžlabí 56b) vymezeno do vnitřní vrstvy 62 se stejnoosými zrny. Existují 35 však rostoucí důkazy, že k nauhličování dochází rychleji ve stejnoosých zrnech než při hrubších sloupcovitých zrnech, a že ve stejnoosé struktuře není tak silné, jako ve sloupcovité struktuře. Podle dalšího přednostního znaku tak vynález přináší trubku, která má sloupcovitou strukturu přes celou tloušťku stěny.

40 Podle vynálezu má trubka v příčném průřezu tvar s vnitřním obrysem Q_{INT} , jehož délka je nejméně o 10 % větší, než je obvod nejmenší kružnice C_{MIN} , obklopující celý vnitřní obrys Q_{INT} průřezu. Symboly Q_{INT} a C_{MIN} jsou vyznačeny na obr. 10, z něhož je také patrný jejich význam. Trubka má dle tohoto provedení v příčném průřezu souměrný tvar, jehož vnitřní obrys Q_{INT} je zvlněný

a má v podstatě sinusovitý tvar a nejmenší kružnice C_{MIN} obklopující celý vnitřní obrys průřezu je kružnice tomuto vnitřnímu obrysu Q_{INT} opsaná a procházející patami úžlabí 56b jeho vln.

5 Sinusovitě zvlněný vnitřní obrys Q_{INT} průřezu má na obvodě uvedené kružnice C_{MIN} rozteč, definovanou jako délka obvodu kružnice dělená počtem vrcholů 54b vnitřního obrysu Q_{INT} průřezu, přičemž poměr uvedené rozteče k amplitudě uvedeného sinusovitě zvlněného vnitřního obrysu Q_{INT} průřezu je od 2 do 4 a s výhodou přibližně 3.

10 Pro každý vzorek byly připraveny podélné mikrořezy pro umožňování srovnání. Obr. 2C, 3C a 2D, 3D ukazují řezy jednak v blízkosti povrchu stěny a jednak v blízkosti povrchu vrtání, a to pro tvářené a odlévané trubky. Jak je patrné z obr. 2C, má vzorek tvářené žebrované trubky mnoho-
stěnná zrna s průměrnou velikostí G3, zatímco obr. 3C ukazuje, že vzorek H39W má typickou
15 mikrostrukturu v odlitém stavu s primárními mezidendritickými eutektickými karbidy a austeni-
tickými dendrity s průměrnou "podměrnou" velikosti zrna rovnou G5. Na obr. 2D má tvářená
trubka vrstvu jemnějších víceštěnných zrn do hloubky 90 μm a vykazuje určitou jemnozrnnou
precipitaci na povrchu vnitřního průchodu trubky (tato vrstva může být důsledkem kontaminace
povrchové blanky vnitřního středového průchodu v průběhu protlačování), zatímco vzorek
H39W má strukturu odpovídající odlitému stavu.

20 Hlavní výhody trubky podle vynálezu vůči tvářeným žebrovaným trubkám jsou však znázorněny
na obr. 4, kde jsou vyneseny některé z hodnot uvedených v tab. 2. Jak je patrné z tohoto grafu a
z tab. 2, mají alespoň některé z trubek podle vynálezu podstatně vyšší stotisícihodinovou hodnotu
napětí na mezi pevnosti při tečení než ve stavu techniky. To umožňuje provozovatelům pyrolýz-
25 ních pecí, aby například používali tenčích trubek při udržování požadované životnosti, čímž se
zvýší rychlosti přenosu tepla. Alternativně mohou trubky podle vynálezu pracovat při vyšších
teplotách nebo po delší dobu, než srovnatelný tvářený materiál. I slitiny odolné proti tečení, které
nemají o mnoho větší pevnost než běžné tvářené oceli (například slitiny mající pevnost při tečení
při 100 000 hodinové zkoušce pouze okolo 6 MPa při 1000 °C) mají další výhody ve vztahu k
odolnosti proti nauhličování.

30 Trubka podle vynálezu může být vyráběna způsobem podle dalších znaků vynálezu.

Například se nejprve připraví roztavená slitina, mající požadované složení. Slitina se po té vlije
do rotující válcové formy tak, že je odstředivou silou hnána směrem k vnější straně formy.
35 Rychlost rotace je okolo 1500 otáček za minutu a vytváří okolo 100 G v místě středového prů-
chodu tuhnutí trubky. Když slitina dostatečně vychladla a ztuhla, forma se zastaví a surový
trubkový předvýrobek se vyjme z formy. Vnitřní vrstva předvýrobku se poté (případně) mecha-
nický obrábí pro vytvoření předvýrobku s předem určeným průměrem vnitřního vrtání (středové-
ho průchodu).

40 Jak je patrné z obr. 5, trubka 80 která se má obrábět (neboli trubkový předvýrobek 80) se poté
osadí mezi osazovací prostředky 82, 84 jejich konců. Osazovací prostředky se utěsní okolo
otevřených konců trubkového předvýrobku 80, aby se umožnilo čerpání elektrolytu, proudícího
od vstupního přípoje 86 k výstupnímu přípoji 88 podél vnitřního nebo středového průchodu
45 ("vrtání") trubky 80 pomocí neznázorněných prostředků. Prostřednictvím prvních elektrických
přípojných prostředků 90 ve formě elektrických svorek, rozmístěných v pravidelných vzdálenos-
tech po délce trubky 80, je zajištěno elektrické napájení trubky 80. Otvorem 94 v osazovacím
prostředku 82 prvního konce trubky prochází elektrodová tyč 92. Na jednom konci tyče 92 je
osazena elektroda, neznázorněná na obr. 5, zatímco na druhém konci tyče je elektrický přípojný
50 blok, tvořící druhé přípojné prostředky 96 ve smyslu definice předmětu vynálezu. Elektrický
přípojný blok (druhé přípojné prostředky 96) je poháněn zprava doleva přesouvacím prostředkem
98, připojeným k hnací tyči 100 a zasouvá tyč 92 s elektrodou, osazenou na konci tyče 92, do
vnitřního průchodu trubky 80. Když je elektroda zasouvána do vnitřního průchodu trubky 80,
prochází proud mezi druhými elektrickými přípojnými prostředky 96 (přípojným blokem),
55 elektrodovou tyčí 92, elektrodou, trubkou 80 a prvními elektrickými přípojnými prostředky 90

(svorkami). Řídící prostředky proudu nejsou znázorněny. Současně se čerpá elektrolyt okolo elektrodové tyče 92 a elektrody vnitřním průchodem trubky 80. V blízkosti elektrody je vnitřní průchod trubky obráběn, což umožňuje, aby elektroda mohla tímto průchodem v trubce 80 pronikat.

5 Obr. 6 až 10 znázorňují znaky prvního provedení zařízení podle vynálezu. Dle obr. 6 má trubka 80 kruhový vnitřní průchod 102, do něhož se zasouvá elektroda 104. K zadnímu konci elektrody 104 je přisazena elektrodová tyč 92, která napájí elektrodu 104 elektrinou. Kromě toho přisedá k čelní ploše 106 elektrody nástavná tyč 92a, zakončená dříkem 108 se závitem, procházejícím středním průchodem 110 elektrody. Dřík 108 je zašroubován do odpovídajícího vrtání 112 se závitem, vytvořeného v elektrodové tyči 92. Elektroda 104 je tak sevřena mezi tyčí 92 a nástavnou tyčí 92a.

15 Elektroda 104 má přední vodítko 114 ve formě objímky z izolačního materiálu okolo nástavné tyče 92a. Přední vodítko 114 má radiální ramenové prsty 116, kterými těsně dosedá na povrch průchodu 102. Před předním vodítkem 114 má nástavná tyč 92a izolační kryt 118, který je dostatečně tenký pro ponechání prstencové mezery 120 mezi povrchem izolačního krytu 118 nástavné tyče 92a a vnitřním povrchem průchodu 102 trubky 80. Elektrolyt proudí prstencovou mezerou 120 a segmentovými mezerami mezi ramenovými prsty 116 neboli mezilehlými vybráními 122 v povrchu předního vodítka 114.

20 Podle obr. 8 a 9 má elektroda 104 vnější povrchovou plochu 124 obrysově ve tvaru v podstatě komolého kužele (obr.8a), ale jak je patrné z obr. 8B a 9, je vnější povrch elektrody ve skutečnosti drážkovaný s žebry 127 s vrcholy 126, vzájemně oddělovanými úžlabími 128. Při zadní ploše 132 má elektroda 104 krátký úsek 130 vnějšího povrchu rovnoběžný s podélnou osou 150 elektrody a trubky 80.

30 Jak je zřejmé z obr. 8B znázorňujícího pohled B na elektrodu 104, má elektroda 104 na svém zadním konci v úseku 130 konstantního průřezu v příčném průřezu tvar s vnějším obrysem, jehož délka je nejméně o 10 % větší, než je obvod nejmenší kružnice, obklopující celý vnější obrys průřezu elektrody 104. Tento vnější obrys průřezu elektrody 104 je zvlněný s vrcholy 126 a úžlabími 128, a odpovídá v podstatě vnitřnímu obrysu průřezu středního průchodu v trubce 80, jaký se získává obráběním, s mezilehlou mezerou 140 (jak je uvedeno dále).

35 Jak je opět patrné z obr. 6, je k zadní ploše 132 přisazen límec 134 zadního vodítka 136. Zadní vodítko 136 je vytvořeno také ve formě objímky, která je uložena okolo elektrodové tyče 92. Za zadním vodítkem 136 má tyč 92 izolační objímku 138. Jak je vysvětleno níže, dochází při přesouvání elektrody 104 skrz trubku 80 v novém průchodu 102a trubky 80 k vytváření žeber 52b (s jejich vrcholy 54b) a mezilehlých úžlabí 56b. Zadní vodítko 136 má proto válcový úsek 137, který těsně kluzně dosedá na vrcholy 54b žeber 52b. Izolační objímku 138 na tyči 92 obklopuje prstencová mezera 120a, profilovaná žebry 52b, a umožňuje průtok elektrolytu. Ve válcovém úseku 137 zadního vodítka 136 ovšem dochází k průtoku pouze v úžlabích 56b.

45 Z důvodů vysvětlených níže dochází ve směru X dle obr. 6 také k proudění elektrolytu a při toku proudu mezi elektrodou 104 a trubkou 80 je materiál průchodu 102 trubky 80 odebírán a přechází do roztoku, takže v průchodu 102 vzniká obráběná plocha, která se dostává do těsné blízkosti vnější povrchové plochy 124 elektrody 104. Jelikož se povrch trubky odebírá před tím, než se elektroda dostává do kontaktu s trubkou 80, vzniká mezi elektrodou a průchodem trubky mezera 140, jejíž tvar v příčném průřezu v podstatě sleduje průřezový tvar postupující plochy 124 elektrody 104. Kromě toho je to právě mezera 140, která dokončuje průtokovou dráhu elektrolytu, začínající prstencovým prostorem 120a (profilovaným vzhledem k přítomnosti žeber 52b), a pokračující úžlabími 56b okolo vodící objímky 137, mezerou 140, segmentovými mezerami 122 a prstencovým prostorem 120.

Je třeba poznamenat, že límec 134 má vnější obvodovou plochu 142 odpovídající v příčném průřezu vnějšímu obrysu úseku 130 zadní plochy elektrody. Mezera 140 tak pokračuje směrem dozadu i podél límce 134.

- 5 Pohybuje-li se plocha 124 ve směru X (obr. 8a) rychlostí X metrů za sekundu, postupuje tato plocha 124 (kromě úseku 130) ve skutečnosti ve směru šipky R směrem k opracovávané části povrchu průchodu 102, která se obrábí rychlostí $R = X \cdot \sin \Theta$, kde Θ je úhel naklonění (šikmosti) plochy 124. Elektroda se může posouvat touto rychlostí pouze pokud tomu odpovídá rychlost úběru materiálu, která závisí mimo jiné na intenzitě proudu po celé ploše elektrody. Jelikož je
10 tato plocha mnohem větší, než je průřezová plocha elektrodové tyče 92, je to jmenovitý proud tyče 92, který omezuje rychlost postupu elektrody průchodem. K tomuto účelu slouží nastavná tyč 92a, která téměř zdvojnásobuje jmenovitý proud (proudovou zatížitelnost) z napájecí strany do elektrody 104 a umožňuje proto elektrodě, aby se posouvala trubkou 80 mnohem rychleji.
- 15 Jak je uvedeno výše, koncový úsek 130 elektrody 104 nepostupuje směrem k obráběné ploše průchodu 102, ale jeho průchod by měl být považován za konečnou kalibrovací operaci konečného profilu konečného průchodu 102a trubky 80.

20 Je také třeba poznamenat, že elektrodou 104 je obráběn celý obvod průchodu trubky 80 a obr. 10 je schematickým znázorněním postupu průchodu elektrody trubkou 80. Šrafovaná oblast v segmentu A představuje míru obrobení průchodu 102, když elektroda 104 postoupila do průchodu trubky 80 až do bodu A na obr. 9. Zde se pouze koncové úseky 148 na předním konci elektrody přibližují k vnitřnímu povrchu 102 trubky 80 a začínají vybírat drážku 151. Když se elektroda dostává do bodů B a C, zvětšuje se velikost drážky jak do hloubky, tak i v obvodovém
25 směru, až se dosáhne bodu D, kdy začíná být obráběn celý obvod příčného průřezu průchodu 102. Nakonec je v bodě F vytvořen celý rozsah úžlabí 56b a vrcholů 54b. Je třeba poznamenat, že povrch koncového úseku 130 elektrody je vyznačen v segmentu F, ukazujícím mezeru 140 mezi elektrodou a vnitřním povrchem průchodu 120a v jeho konečném průřezovém tvaru.

30 Na obr. 7a a 7b je znázorněna trubka 80, osazená mezi osazovacím prostředkem 82 začátku a osazovacím prostředkem 84 konce, vůči nimž jsou konce trubky 80 utěsněny. Každý osazovací prostředek 82, 84 obsahuje odpovídající elektrodové pouzdro 162, 172. Do elektrodového pouzdra 162 příslušného konce trubky je přiváděn vstupem 164 elektrolyt pod tlakem. Podobně má pouzdro 172 výstup 174 elektrolytu. Každé pouzdro má také ucpávkové pouzdro 166, 176
35 s odpovídajícím středním otvorem 168, 178, kterým prochází odpovídající elektrodová tyč 92 a nastavná tyč 92a. Otvory 168, 178 těsně obmykají v těsném kluzném dotyku příslušnou tyč 92, 92a a zajišťují těsnění tyčí pro zabraňování úniku elektrolytu. Konečně jsou na každém konci tyčí 92, 92a elektrické přípojné prostředky 96, které zajišťují hnací spojení pro pohon elektrody 104 od prvního pouzdra 162 trubkou 80 do druhého pouzdra 172.

40 Zařízení, popsané s odvoláním na obr. 6 až 9, se hodí pro trubku s malým průměrem průchodu, jaká je popsána s odvoláním na obr. 3. Pro velkopřůměrové průchody je však vhodnější zařízení znázorněné na obr. 11–16. Toto zařízení v zásadě pracuje na stejném principu a budou tedy podrobněji popsány pouze konstrukční rozdíly. Stejně části jsou označeny stejnou vztahovou
45 značkou, až na to, že tam, kde jsou rozdíly, jsou označeny čárkovým indexem, například 104'.

V situaci z obr. 11 je trubka 80' obráběna elektrodou 104', která má přední vodítko 114' s žebrovanými vodicími plochami 116'. Vodítko 114' je vytvořeno z izolačního materiálu a je přišroubováno k elektrodě 104' šroubem 117. Elektroda 104' samotná je přišroubována k mezilehlému bloku 105, který je přišroubován ke konci elektrodové tyče 92'. Za zadní plochou 132' elektrody 104' je osazen límec 134', na němž je poté osazeno zadní vodítko 136'. Okolo tyče 92' je osazena izolace 138'. Vzhledem ke zvětšenému měřítku rozdílu plochy pracovní části elektrody vůči průřezu tyče 92' je zapotřebí pouze jediná elektrodová tyč 92'. Bylo by však možné pracovní plochu 124' elektrody 104 dále zešíkmit, přičemž jediná elektrodová tyč 92'

nemusi být dostatečná a může být zapotřebí neznázorněná nastavná tyč jako nastavná tyč 92a v provedení z obr. 6.

5 Jak ukazují obr. 12a a 12b, je elektroda 104' robustnější, než výše popsaná elektroda, a to v tom, že koncové úseky (prsty) 148 v provedení z obr. 6–9 jsou ostré a proto vystavené mechanickému poškození, zatímco prsty (koncové úseky) 148' v daném provedení mají radiální hloubku, která jim dodává mechanickou pevnost. To však vyžaduje použití masky 149 (obr. 14a, 14b), mající zuby 147, které jsou uspořádány radiálně směrem ven a vyplňují mezery mezi přilehlými prsty 148'. Takový zub 147 je znázorněn jak na obr. 12a, tak i obr. 12b. Na obr. 12b je znázorněna část 115 předního vodítka 114', dosedající na přední plochu 105 zubů 148'. Jakékoli obrobení povrchu tedy stále vykonává pouze nakloněná (šikmá) plocha 124' elektrody 104'. Elektroda 104' má podobně jako v předchozím provedení také úsek 130' odpovídající konečně obrobenému povrchu, jehož procházení představuje kalibraci.

15 Obr. 13a a 13b znázorňují radiální raménka 116' předního vodítka a segmentové mezery 122' pro průtok elektrolytu. Obr. 15 znázorňuje límec 134'.

Vzhledem ke zvětšené velikosti elektrodové tyče 92' je jmenovitý proud elektrody, která má průměr 10 až 15 cm, okolo 8000 A. Přípojný blok 96' (obr. 16a, 16b) je tak k elektrodové tyči 92' 20 přišroubován prstencovou sestavou šroubů 97. Na obrázku je znázorněno šest elektrických svorek 95, přišroubovaných k bloku 96', kterými je elektricky napájena elektrodová tyč 92'. Na obr. 16a je také znázorněno ucpávkové pouzdro 166' s otvorem 168', jímž prochází tyč. Vzhledem ke hmotnosti uspořádání je přípojný blok 96' podporován prostřednictvím kladkového válečku 93 na opěrné ploše 91.

25 Elektrolyt proudí v provedení dle obr. 11 jako v předchozím provedení ve směru X. Důvodem pro tento směr proudění elektrolytu je, jak v tomto provedení, tak i v provedení z obr. 6, že mezeru 140 mezi dokončovacím koncovým úsekem 130' elektrody a konečným průřezovým obrysem průchodu 102a trubky 80 vyplňuje čistý elektrolyt. To zajišťuje nejpřesnější dokončování povrchu a soulad s profilem elektrody.

35 Jak bylo uvedeno výše, je proudová hustota jedním z rozhodujících faktorů pro rychlost pohybu elektrody průchodem trubky a měla by proto být co možná největší, aby se rychlost zasouvání elektrody co nejvíce zvýšila. V současné době je možná proudová hustota přibližně 30 až 70 A/cm² napříč cílové plochy.

40 Elektrolyt může být vodný roztok anorganické soli, jako je dusičnan, chlorid nebo bromid sodný nebo draselný, popřípadě jejich směsi. Jedním z výhodných elektrolytů je roztok dusičnanu sodného, mající měrnou hmotnost okolo 1,18 a pH přibližně 8,5 až 9,5. Takové kyselé roztoky mají výhodu v tom, že se kovy vysrážejí z roztoku jako hydroxidové soli bezprostředně po uberu z povrchu trubky, takže se elektrolyt dá po použití snadno filtrovat a recyklovat.

45 Provozní teplota elektrolytu je s výhodou v rozmezí přibližně 38 až 42 °C. To předpokládá, že během počátečního údobí procesu se elektrolyt zahřívá topnými prostředky a že chladicí prostředky ochlazují elektrolyt, když obrábění pokračuje a procházejícím proudem se vyvíjí teplo. To také předpokládá, že se sleduje teplota elektrolytu pro její udržování v tomto přednostním rozmezí. Na výkresech není znázorněn žádný z takových regulačních prostředků teploty.

50 Alternativní elektrolyt je anorganická kyselina, jako kyselina sírová, kyselina dusičná a kyselina chlorovodíková. Například může být použita kyselina dusičná v koncentraci přibližně 200 až 250 g/l při teplotě 20 až 30 °C nebo kyselina sírová při koncentraci přibližně 180 až 240 g/l při teplotě přibližně 30 až 35 °C. Elektrolyty tvořené anorganickými kyselinami mají nevýhodu v tom, že je třeba periodické obrácení směru proudu, aby se omezila tvorba usazenin kovu na elektrodě.

Jak bude zřejmé odborníkům v oboru, jsou v rámci vynálezu možné i jiné elektrolyty.

5

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Odstředivě litá trubka ze slitiny odolné proti tečení, přičemž slitina je buď slitina obsahující následující složky v uváděném procentním podílu, přičemž zbytek je tvořen železem:

uhlík	0,1 až 0,5 % hmotn.
chrom	20 až 35 % hmotn.
nikl	20 až 45 % hmotn.
niob	0 až 2 % hmotn.
křemík	0 až 2 % hmotn.
wolfram	0 až 5 % hmotn.
příspěvky	0 až 1 % hmotn.

10 nebo slitina mající mez pevnosti při tečení vyšší než 6 MPa a s výhodou vyšší než 10 MPa, při teplotě 1000 °C, při 100 000 hodinové zkoušce střední hodnoty meze pevnosti při tečení, **v y z n a ě n á t í m**, že trubka má v příčném průřezu tvar s vnitřním obrysem (O_{INT}) jehož délka je nejméně o 10 % větší než je obvod nejmenší kružnice (C_{MIN}), obklopující celý vnitřní obrys (O_{INT}) průřezu.

15

2. Trubka podle nároku 1, **v y z n a ě n á t í m**, že trubka má v příčném průřezu souměrný tvar, jehož vnitřní obrys (O_{INT}) je zvlněný.

20

3. Trubka podle nároku 2, **v y z n a ě n á t í m**, že vnitřní obrys (O_{INT}) průřezu má sinusovitý tvar a nejmenší kružnice (C_{MIN}) obklopující celý vnitřní obrys (O_{INT}) průřezu je kružnice tomuto vnitřnímu obrysu (O_{INT}) opsaná a procházející patami úžlabí (56b) jeho vln.

25

4. Trubka podle nároku 3, **v y z n a ě n á t í m**, že sinusovitě zvlněný vnitřní obrys (O_{INT}) průřezu má na obvodě uvedené nejmenší kružnice (C_{MIN}) rozteč, definovanou jako délka obvodu kružnice dělená počtem vrcholů (54b) vnitřního obrysu (O_{INT}) průřezu, přičemž poměr uvedené rozteče k amplitudě uvedeného sinusovitě zvlněného vnitřního obrysu (O_{INT}) průřezu je od 2 do 4 a s výhodou přibližně 3.

30

5. Trubka podle kteréhokoli z nároků 1 až 4, **v y z n a ě n á t í m**, že má napříč průřezu zrnitou strukturu jako je struktura z odlévání.

35

6. Trubka podle kteréhokoli z nároků 1 až 5, **v y z n a ě n á t í m**, že makrostruktura trubky obsahuje radiálně orientovaná sloupková zrna přes celý její průřez, nebo makrostruktura trubky obsahuje radiálně orientovaná sloupková zrna ve vnější vrstvě a stejnoosá zrna ve vnitřní vrstvě, přičemž nejmenší kružnice (C_{MIN}) obklopující celý vnitřní obrys (O_{INT}) průřezu leží v této vnitřní vrstvě.

7. Použití trubek podle kteréhokoli z nároků 1 až 6 pro pyrolýzní nebo reformovací pec.

40

8. Způsob výroby trubky podle kteréhokoli z nároků 1 až 6, při kterém se odstředivě odlévá trubka v otáčející se trubicové formě pro vytvoření trubicového tělesa se středovým průchodem, **v y z n a ě n ý t í m**, že

45

se trubicové těleso získané odstředivým odléváním použije jako trubicový předvýrobek vyráběné trubky, jehož středový průchod se elektrochemicky obrábí pro vytvoření uvedeného vnitřního obrysu (O_{INT}) průřezu,

příčemž se od prvního konce trubky k jejímu druhému konci přesouvá elektroda, vymežující svým vnějším obrysem v řezu rovinou příčnou k ose trubky (80) tvar v podstatě odpovídající požadovanému tvaru, který má mít v příčném průřezu na svém vnitřním povrchu výsledná trubka,

- 5 vytvoří se potenciální rozdíl přes mezeru mezi cílovou oblastí trubky a elektrodou, takže mezi trubkou a elektrodou prochází elektrický proud,

podél trubky se nechá procházet elektrolyt pro umožňování průchodu proudu tak, že kov opouští povrch cílové oblasti trubky a vstupuje do roztoku v elektrolytu,

- 10 a rychlost přesouvání elektrody podél trubky se udržuje tak, že mezera mezi cílovou oblastí trubky a elektrodou zůstává v podstatě konstantní.

9. Způsob podle nároku 8, **v y z n a ě n ý t í m**, že proud má v cílové oblasti hustotu od 20 do 80 A/cm², s výhodou od 30 do 70 A/cm² a nejvýhodněji okolo 50 A/cm², a/nebo uvedená rychlost přesunu je od 2 do 20 mm za minutu, s výhodou od 5 do 7 mm za minutu, a/nebo má 15 mezera mezi cílovou oblastí trubky a elektrodou velikost od 0,2 do 0,7 mm, s výhodou okolo 0,5 mm, a/nebo trubka má v příčném průřezu s výhodou kruhový výchozí průřezový tvar, mající maximální vnitřní průměr menší, než je průměr největší kružnice, která je způsobilá projít konečným vnitřním obrysem (O_{INT}) průřezu vyráběné trubky, a/nebo elektroda je nakloněná vzhledem ke směru přesouvání, takže se cílová oblast trubky zvětšuje, a/nebo

- 20 a) elektrolyt obsahuje vodný roztok anorganické soli, která je zvolena z jedné nebo více solí ze skupiny obsahující dusičnan, chlorid a bromid sodný nebo draselný, s výhodou dusičnan sodný, a s výhodou se udržuje při teplotě od 35 do 45 °C, s výhodou od 38 do 42 °C, a/nebo při měrné hmotnosti od 1,1 g/cm³ do 1,25 g/cm³, s výhodou okolo 1,18 g/cm³, a/nebo při pH od 8 do 10, s výhodou od 8,5 do 9,5, nebo

- 25 b) elektrolyt obsahuje anorganickou kyselinu, s výhodou kyselinu sírovou, dusičnou nebo chlo- rovodíkovou.

10. Elektrochemické obráběcí zařízení pro provádění způsobu podle nároku 8 nebo 9, obsahující osazovací prostředky (82, 84) konců trubky (80), která se má obrábět, přičemž tyto prostředky 30 jsou uzpůsobené pro těsněné dosedání k odpovídajícím koncům trubky (80) a pro přivádění elektrolytu do jednoho konce trubky a odebírání elektrolytu z druhého konce,

- elektrodu (104), vymežující svým vnějším obrysem v řezu rovinou příčnou k ose trubky (80) tvar v podstatě odpovídající požadovanému tvaru, který má mít v příčném průřezu na svém vnitřním povrchu výsledná trubka, přičemž elektroda (104) je osazena na konci izolované vodivé tyče 35 (92), procházející s utěsněním otvorem (94) v jednom osazovacím prostředku (82) z uvedených osazovacích prostředků (82, 84) konců trubky,

první elektrické přípojné prostředky (90) připojené k trubce (80) a druhé elektrické přípojné prostředky (96) připojené k tyči (92) pro zavedení elektrického napětí mezi trubkou a elektrodou (104),

- 40 přesouvací prostředek (98), připojený k druhému konci tyče (92) pro zasouvání elektrody (104) do průchodu trubicového předvýrobku trubky k jeho obrábění pro získání průřezového tvaru vyráběné trubky s požadovaným vnitřním obrysem (O_{INT}) průřezu, při průchodu proudu mezi cílovou oblastí trubky a elektrodou (104), kdy kov opouští obráběný trubicový předvýrobek trubky a přechází do roztoku v elektrolytu,

- 45 přičemž tyč (92) je dostatečně dlouhá pro to, aby elektroda (104) mohla být v hranicích jednoho osazovacího prostředku (82) z osazovacích prostředků (82, 84) konců trubky, aniž by se přesouvací prostředek (98) dotýkal druhého osazovacího prostředku (84) z osazovacích prostředků (82, 84),

- 50 přičemž elektroda (104) má z hlediska směru přesouvání (X) přední konec a zadní konec, přičemž zadní konec má úsek (130) konstantního průřezu, s výhodou kratší než 2 mm, přičemž

elektroda (104) se zužuje od zadního konce k přednímu konci a průřez předního konce má celkový průměr ne větší, než je minimální průměr průchodu trubicového předvýrobku trubky,

5 **v y z n a ě n é t í m**, že elektroda (104) má na svém zadním konci v úseku (130) konstantního průřezu v příčném průřezu tvar s vnějším obrysem, jehož délka je nejméně o 10 % větší, než je obvod nejmenší kružnice, obklopující celý vnější obrys průřezu elektrody (104), přičemž tento vnější obrys průřezu elektrody (104) je zvlněný s vrcholy (126) a úžlabími (128),

10 přičemž elektroda (104) má na svém předním konci úseky, které jsou izolované, aby se neodebíral materiál průchodu trubicového předvýrobku v oblasti vrcholů vnitřního obrysu (O_{INT}) průřezu vyráběné trubky, a při zadním konci nemá žádné izolované úseky, takže při použití je materiál odebrán po celém obvodu průchodu trubicového předvýrobku.

15 **11.** Zařízení podle nároku 10, **v y z n a ě n é t í m**, že elektroda (104) obsahuje přední vodítko (114) a zadní vodítko (136), přičemž přední vodítko (114) má v příčném průřezu profil odpovídající vnitřnímu průchodu trubicového předvýrobku trubky a zadní vodítko (136) má v příčném průřezu profil odpovídající vnitřnímu profilu vyráběné trubky, přičemž zařízení obsahuje průchodové prostředky (122, 140, 56b) pro umožňování průchodu elektrolytu podél trubky a okolo elektrody (104).

20 **12.** Zařízení podle nároku 11, **v y z n a ě n é t í m**, že zadní vodítko (136) je kruhové a jeho profil odpovídá vnitřnímu profilu vyráběné trubky s těsným zasouvacím dosedáním na vrcholy (54b) vnitřního obrysu (O_{INT}) jejího průřezu, přičemž průchodové prostředky obsahují mezeru (140) mezi povrchem elektrody (104) a vnitřním povrchem vyráběné trubky (80), a úžlabí (56b) vnitřního obrysu (O_{INT}) průřezu vyráběné trubky.

25 **13.** Zařízení podle nároku 11 nebo 12, **v y z n a ě n é t í m**, že průchodové prostředky obsahují vybrání (122) v povrchu předního vodítka (114).

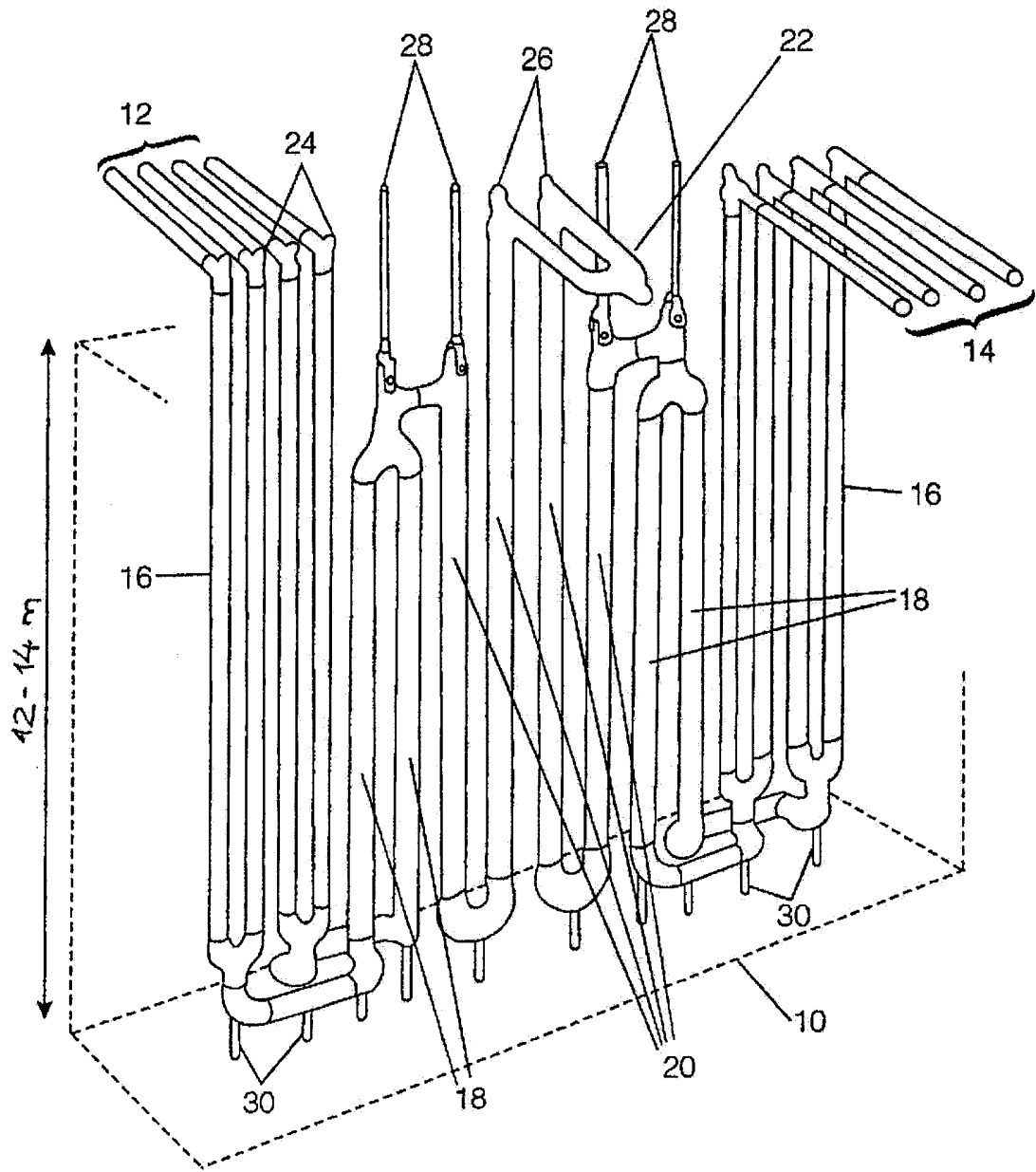
30 **14.** Zařízení podle kteréhokoli z nároků 10 až 13, **v y z n a ě n é t í m**, že tyč (92) prochází osazovacím prostředkem (82) začátku trubky (80), přičemž otvorem v osazovacím prostředku (84) konce trubky utěsněné prochází izolovaná nástavná tyč (92a), která je také připojena k odpovídajícím druhým elektrickým přípojným prostředkům (96) a k elektrodě (104) pro vyšší dodávku elektrického výkonu do elektrody (104).

35 **15.** Zařízení podle kteréhokoli z nároků 10 až 14, **v y z n a ě n é t í m**, že elektrolyt obsahuje vodný roztok anorganické soli, která je zvolena s výhodou z jedné nebo více solí ze skupiny obsahující dusičnan, chlorid a bromid sodný nebo draselný, s výhodou dusičnan sodný, a s výhodou je udržovaný při teplotě od 35 do 45 °C, s výhodou od 38 do 42 °C, a/nebo při měrné hmotnosti od 1,1 g/cm³ do 1,25 g/cm³, s výhodou přibližně 1,18 g/cm³, a/nebo při pH od 8 do 10, s výhodou od 8,5 do 9,5.

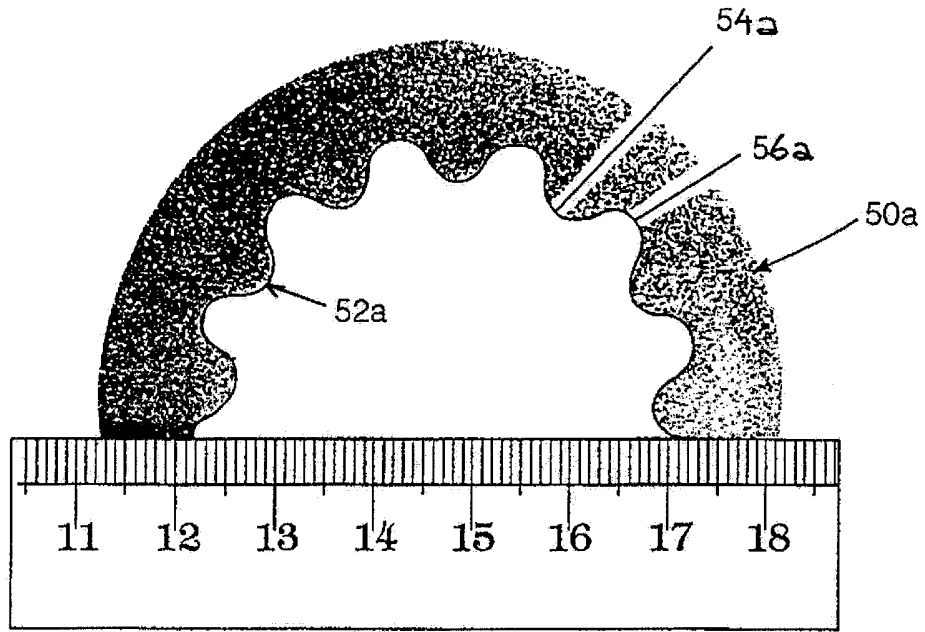
40 **16.** Zařízení podle kteréhokoli z nároků 10 až 15, **v y z n a ě n é t í m**, že elektrolyt obsahuje anorganickou kyselinu, s výhodou kyselinu sírovou, dusičnou nebo chlorovodíkovou.

45

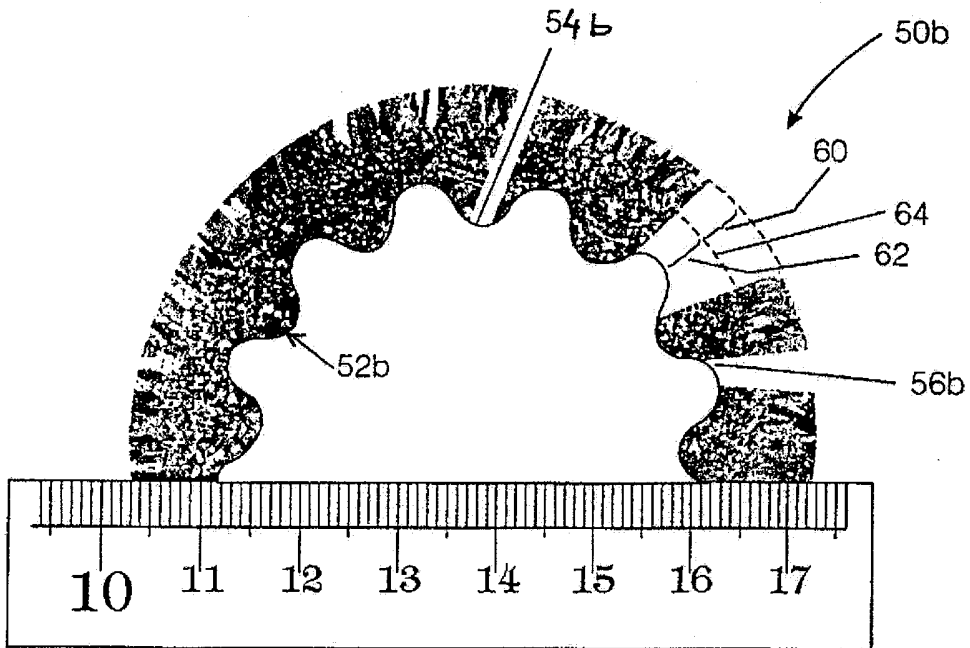
20 výkresů



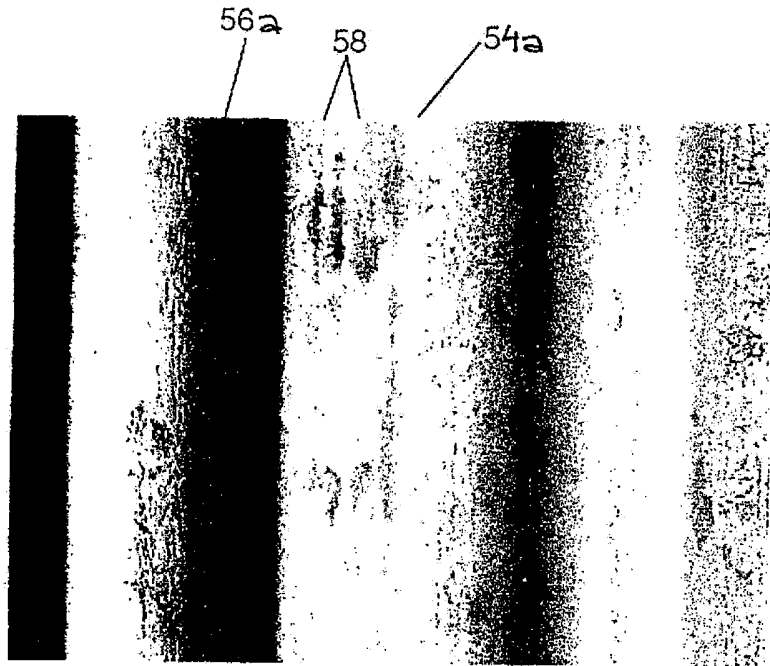
OBR. 1



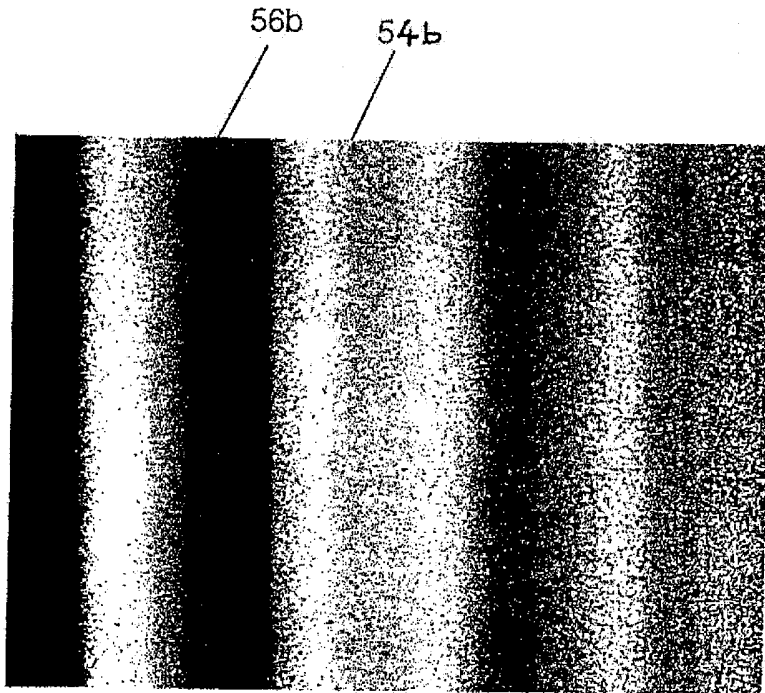
OBR. 2A
(STAV TECHNICKY)



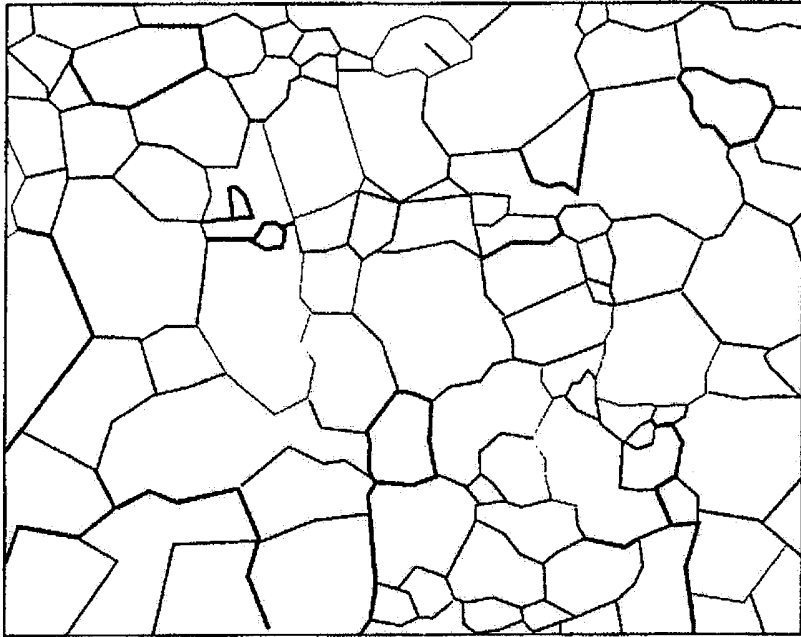
OBR. 3A



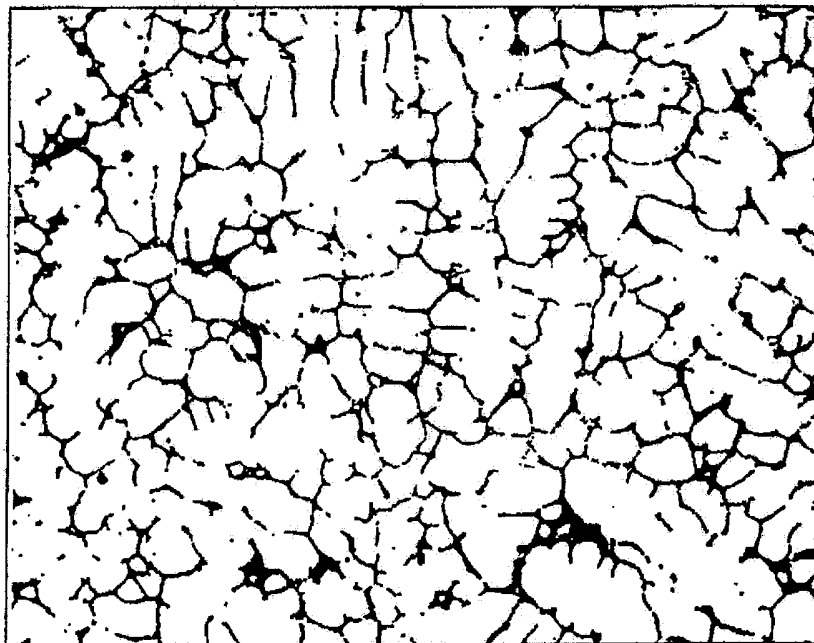
OBR. 2B
(STAV TECHNICKY)



OBR. 3B



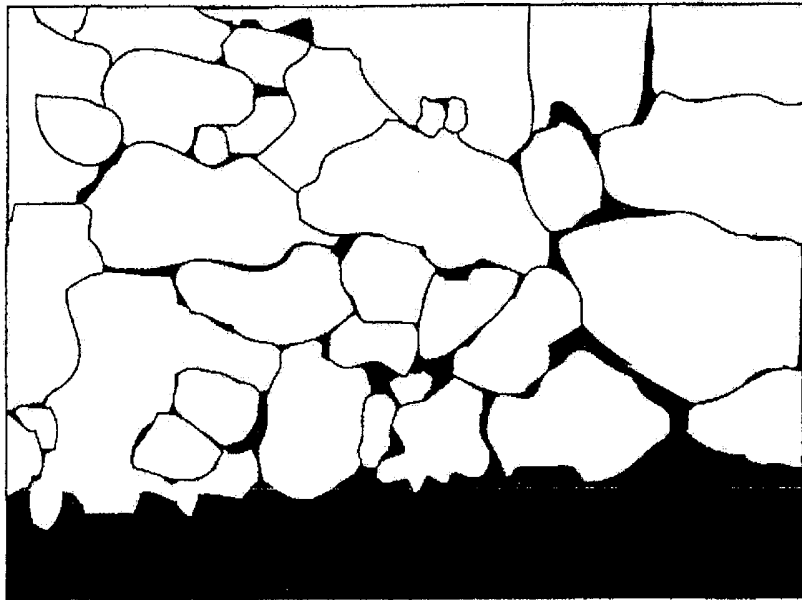
OBR. 2C
(STAV TECHNIKY)



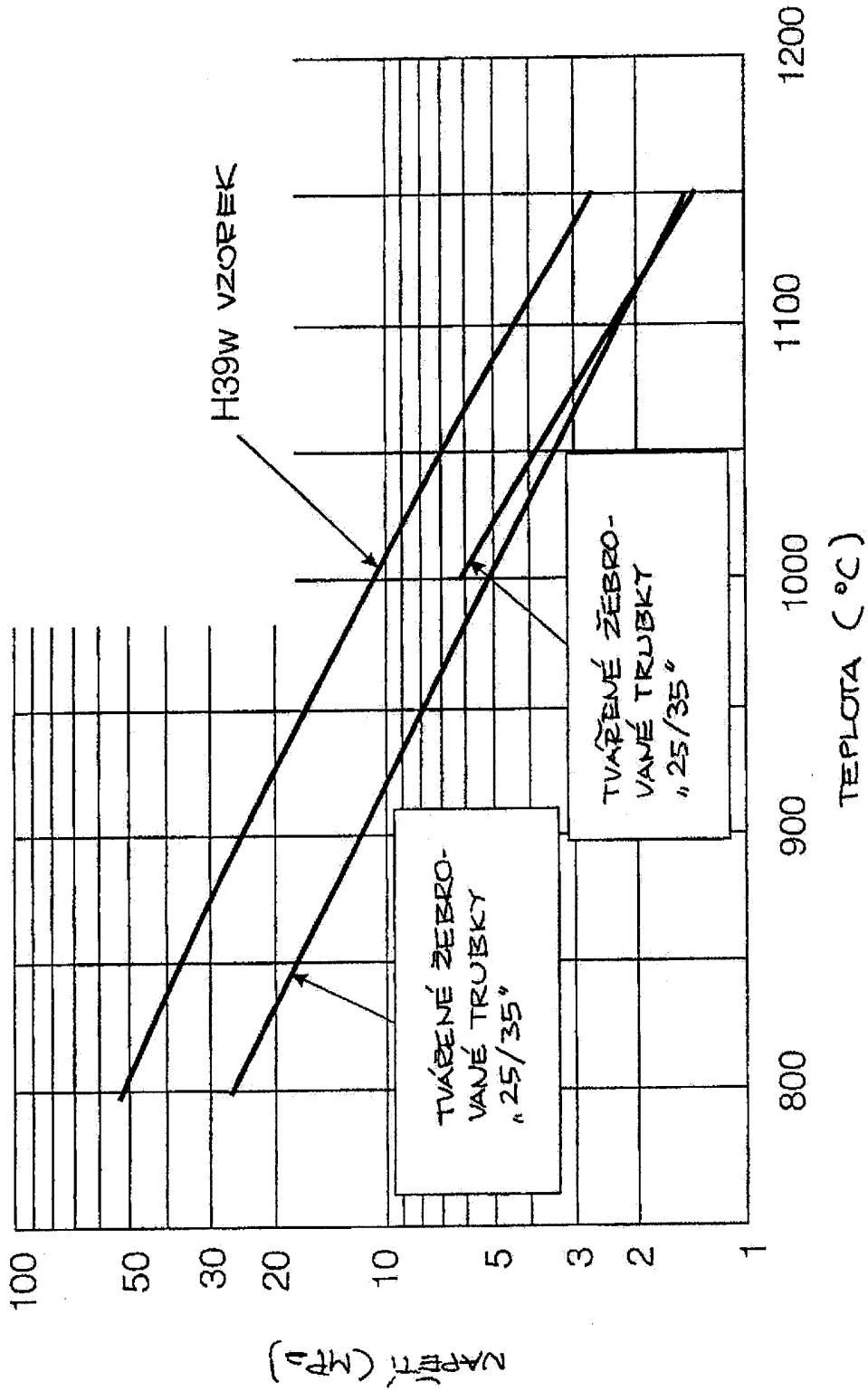
OBR. 3C



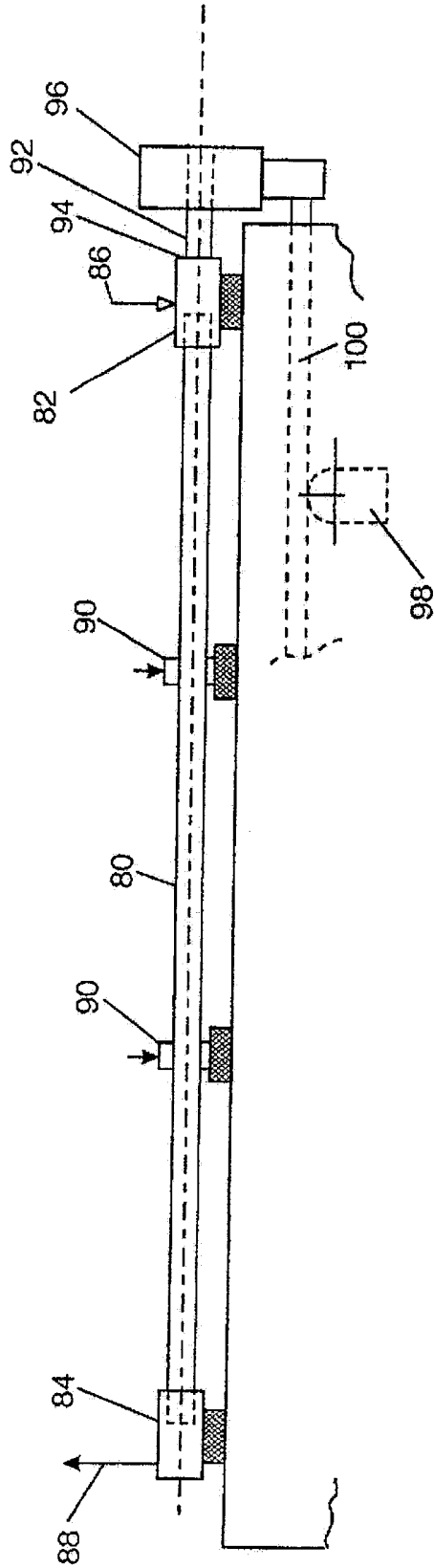
OBR 2D
(STAV TECHNIKY)



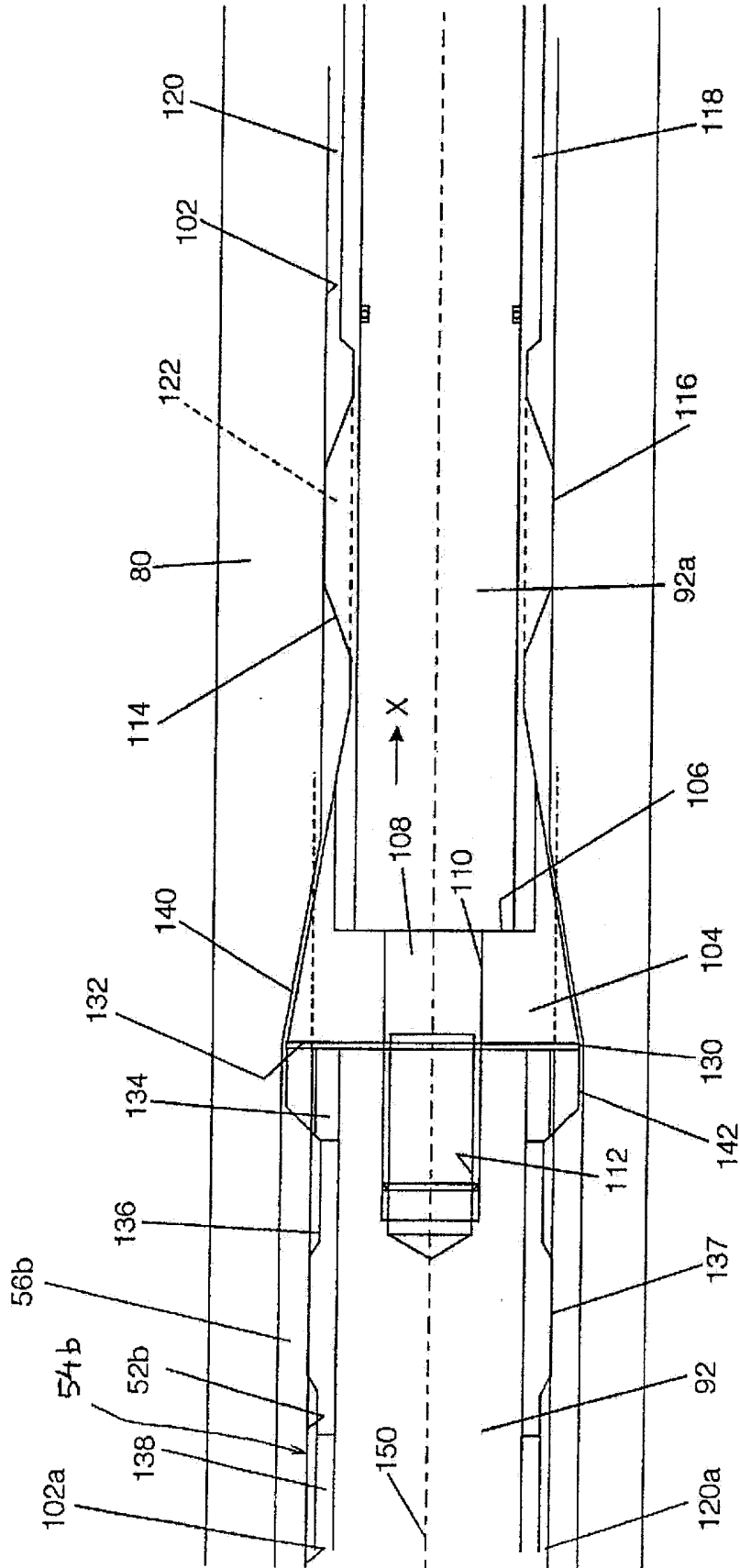
OBR. 3D



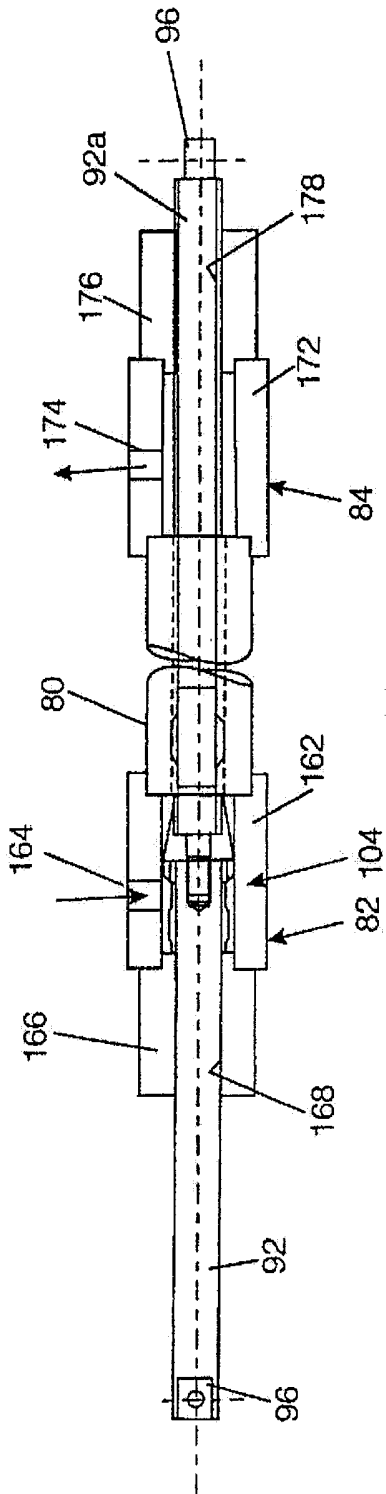
OBR. 4



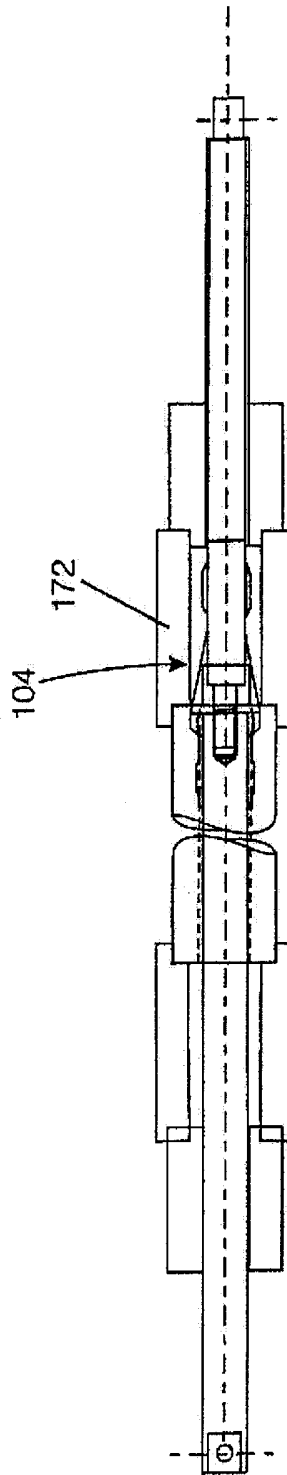
OBR. 5



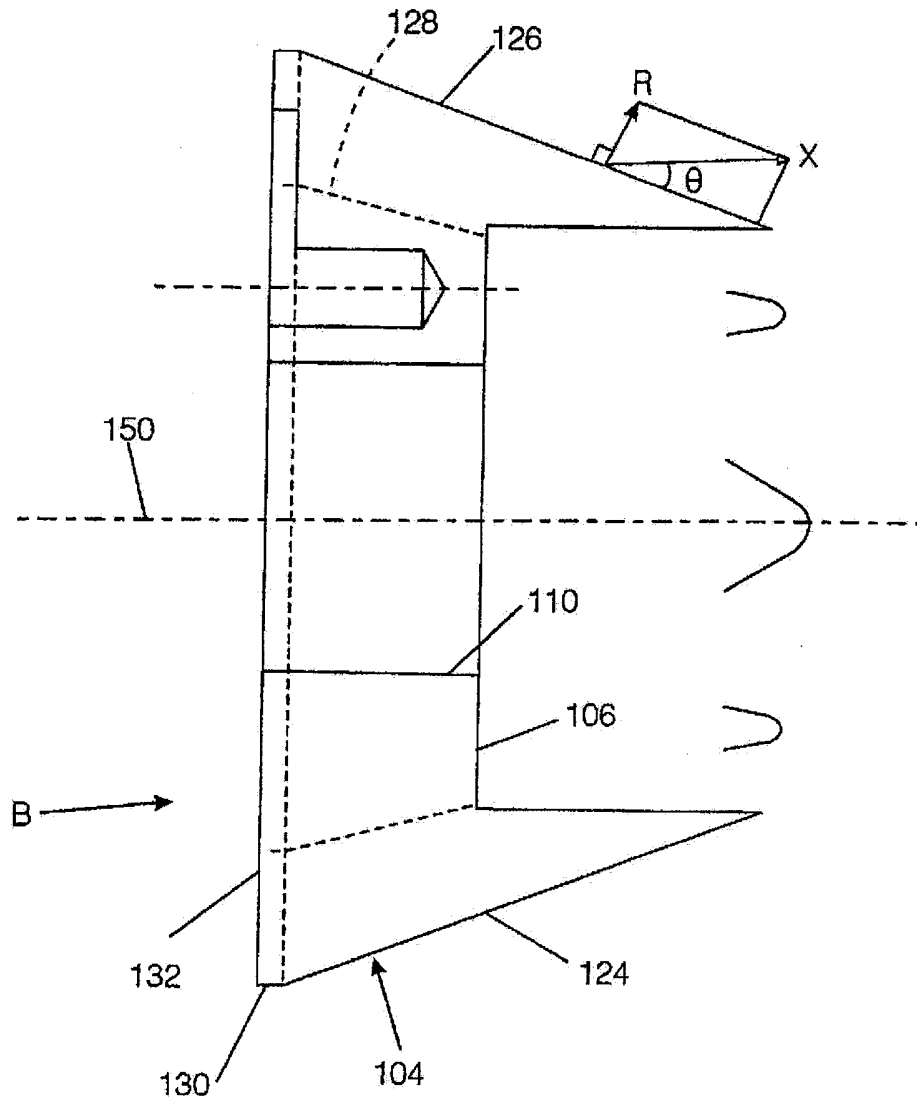
OBR. 6



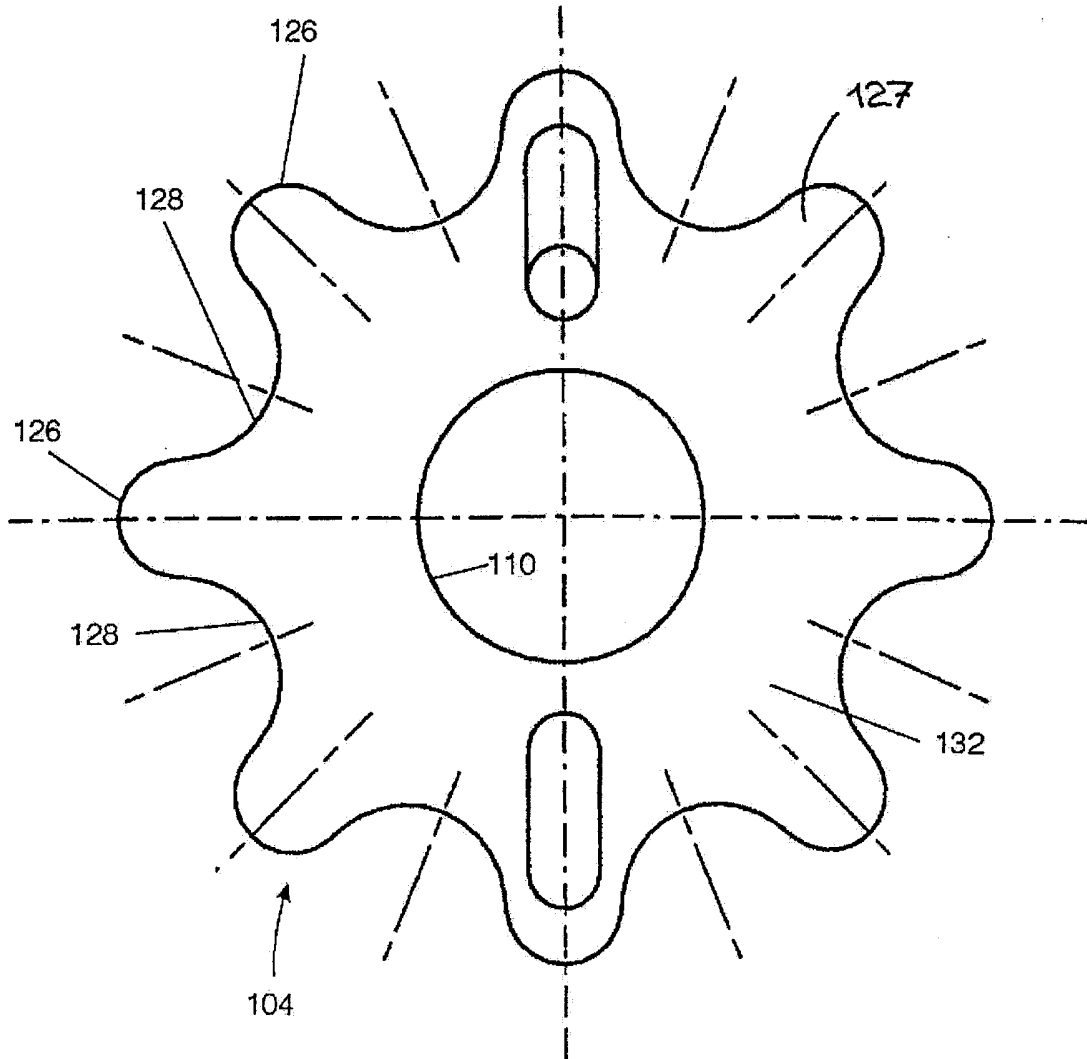
OBR. 7A



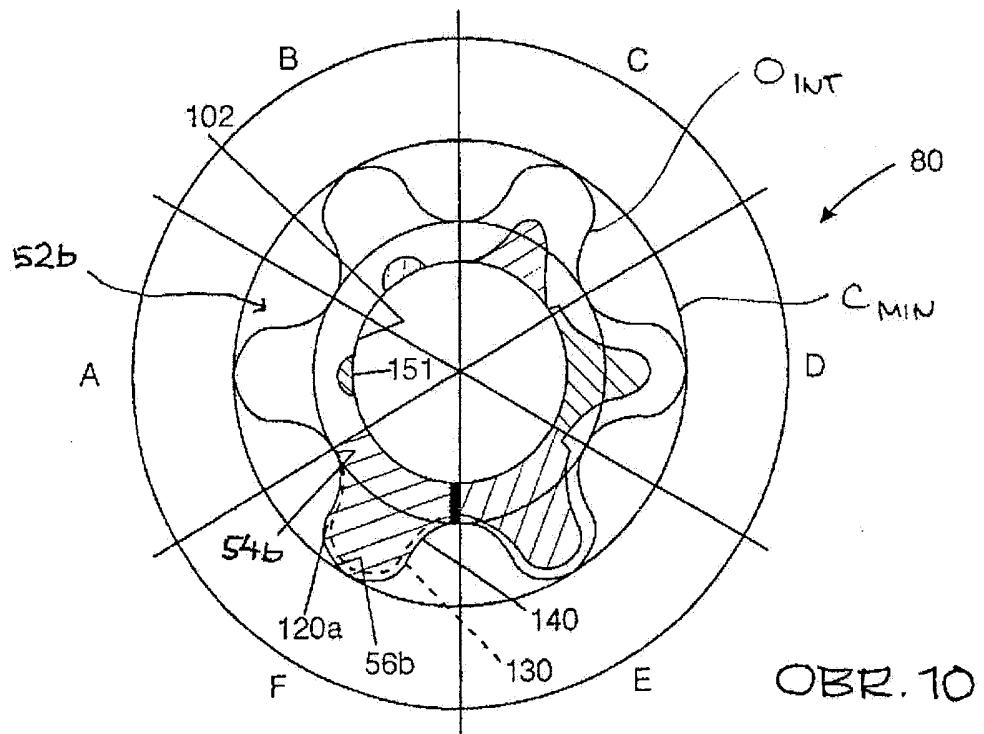
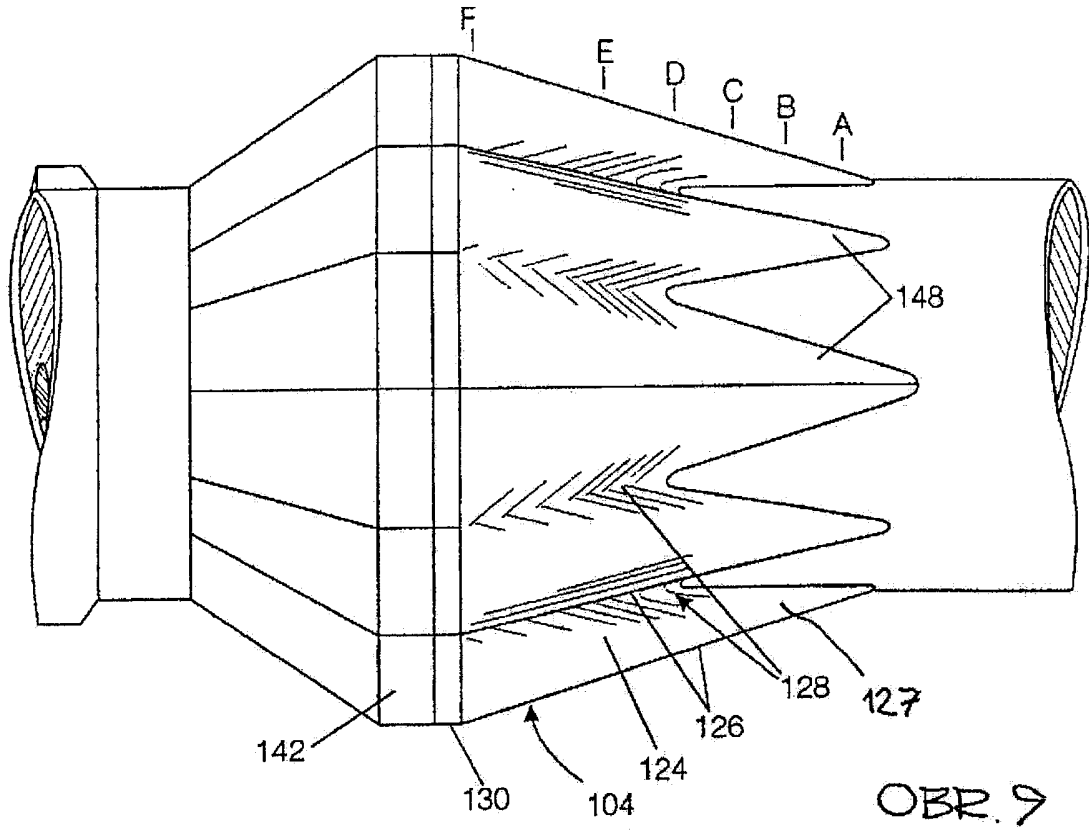
OBR. 7B

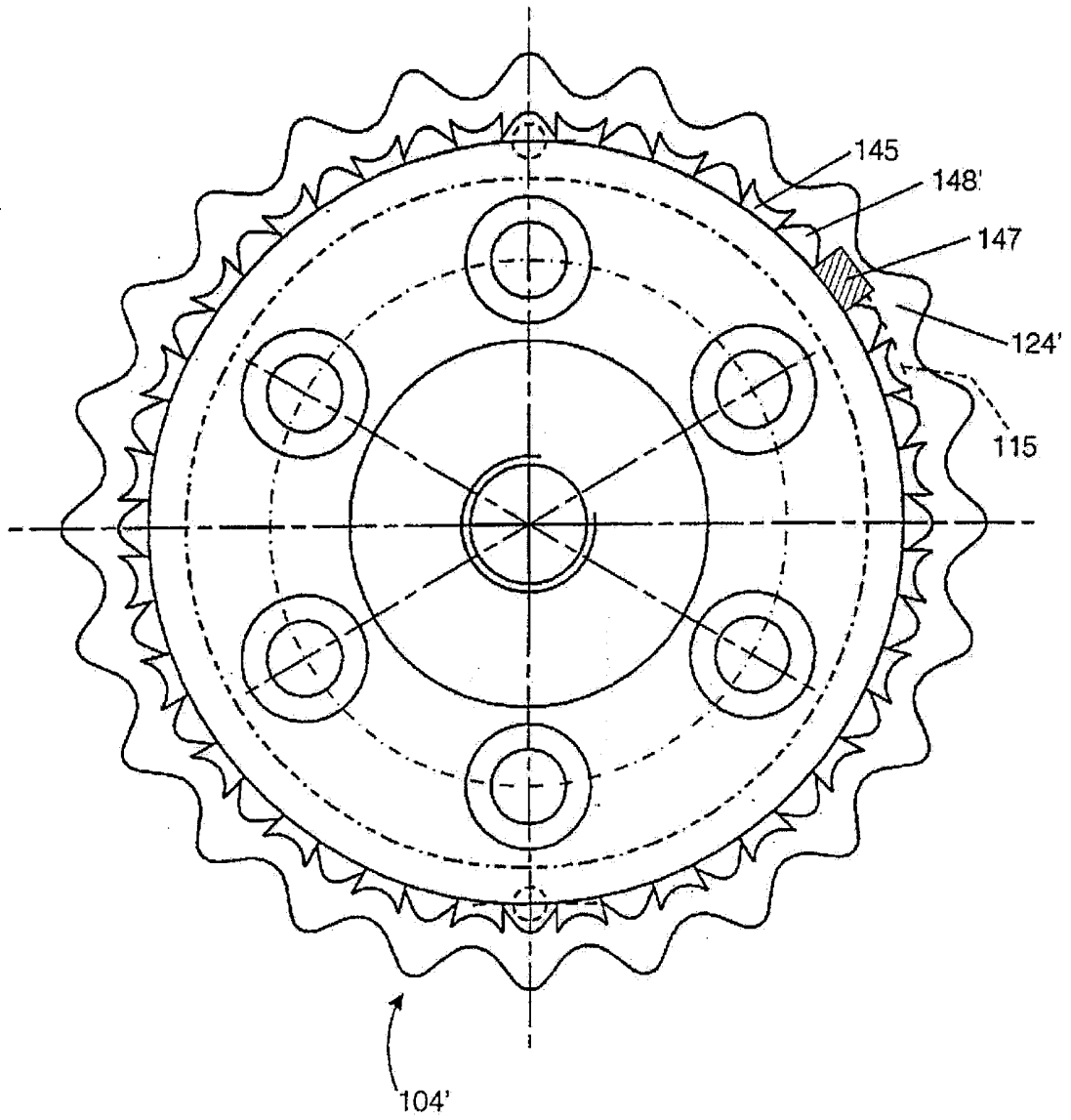


OBR. 8a

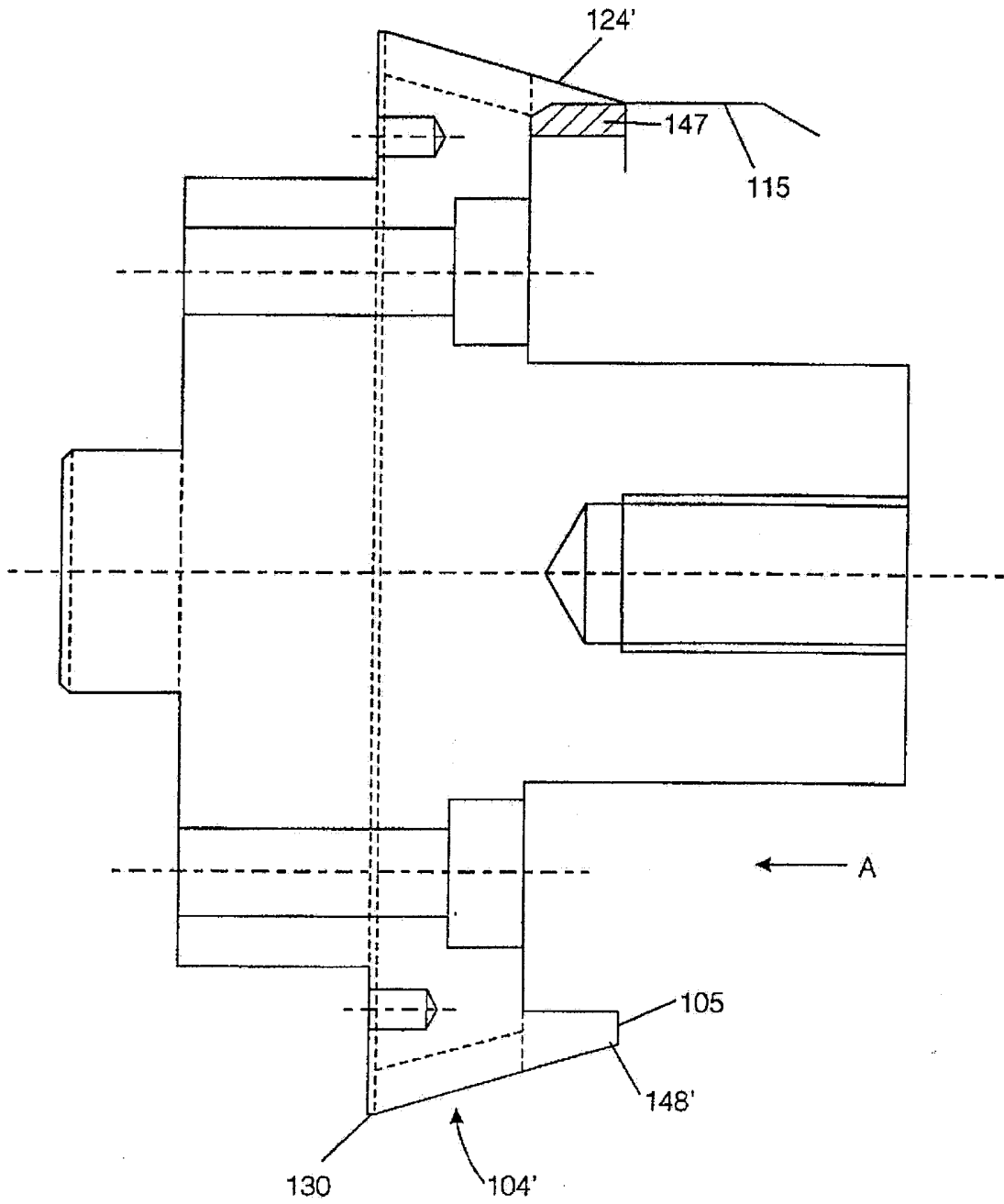


OBJ. 8B

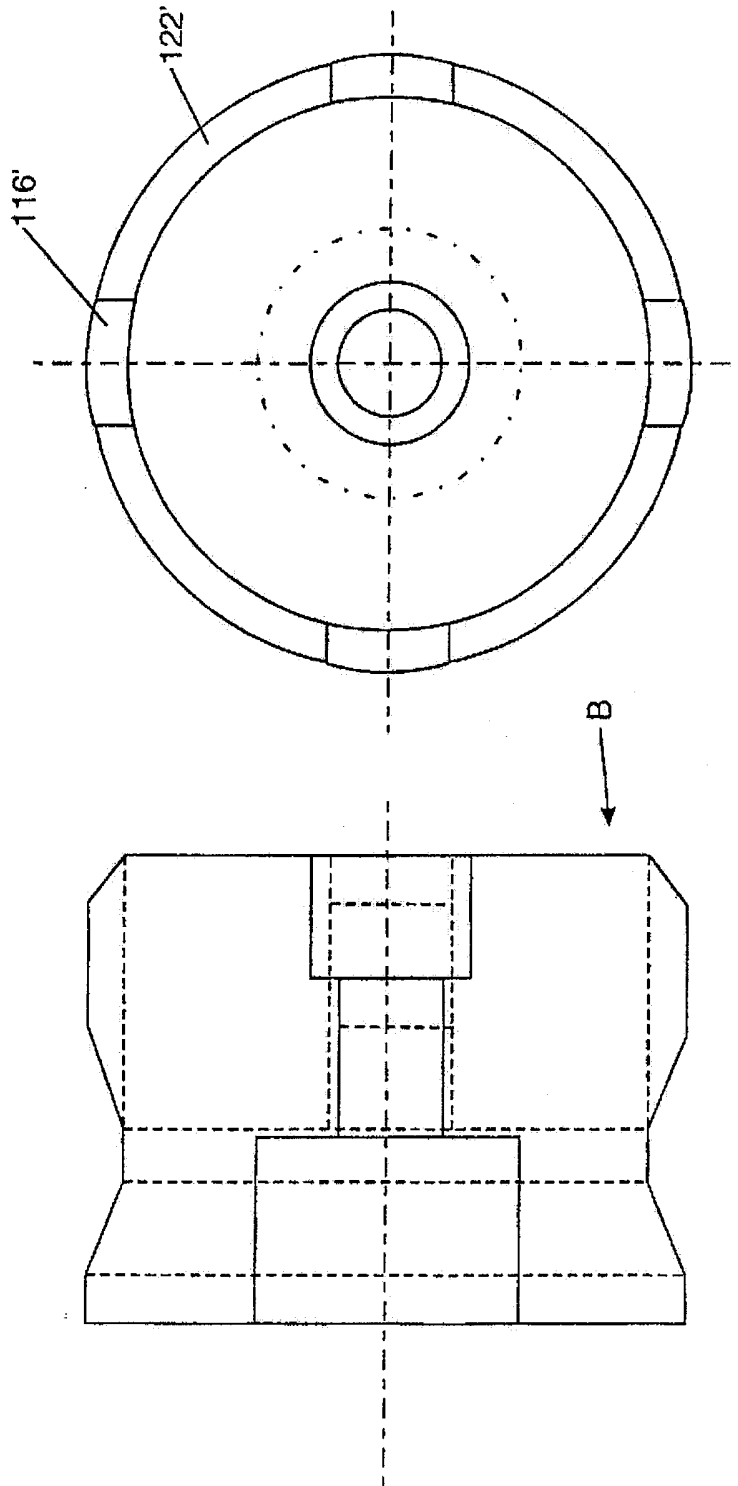




OBJ. 12A

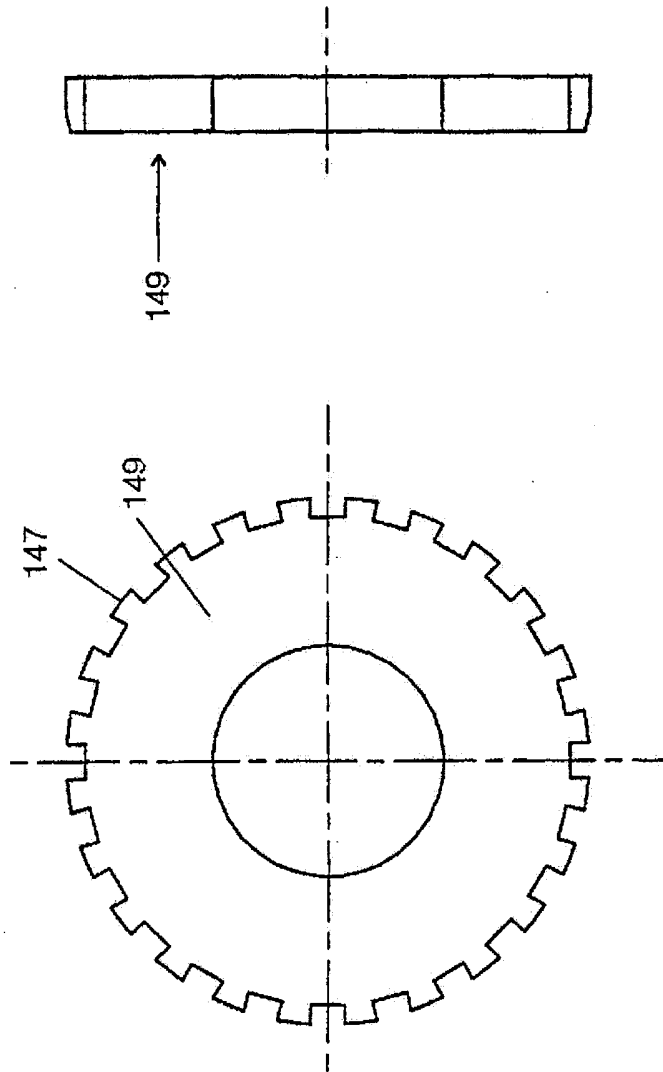


OBR. 12 B



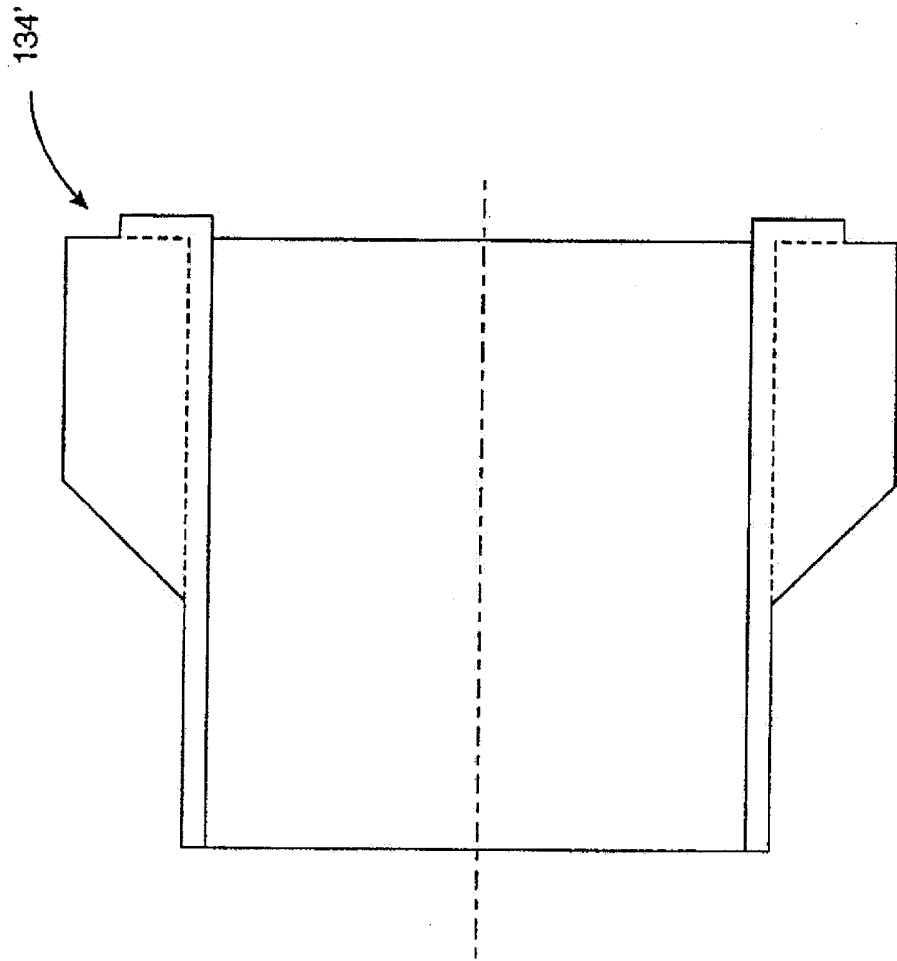
OBR. 13B

OBR. 13A

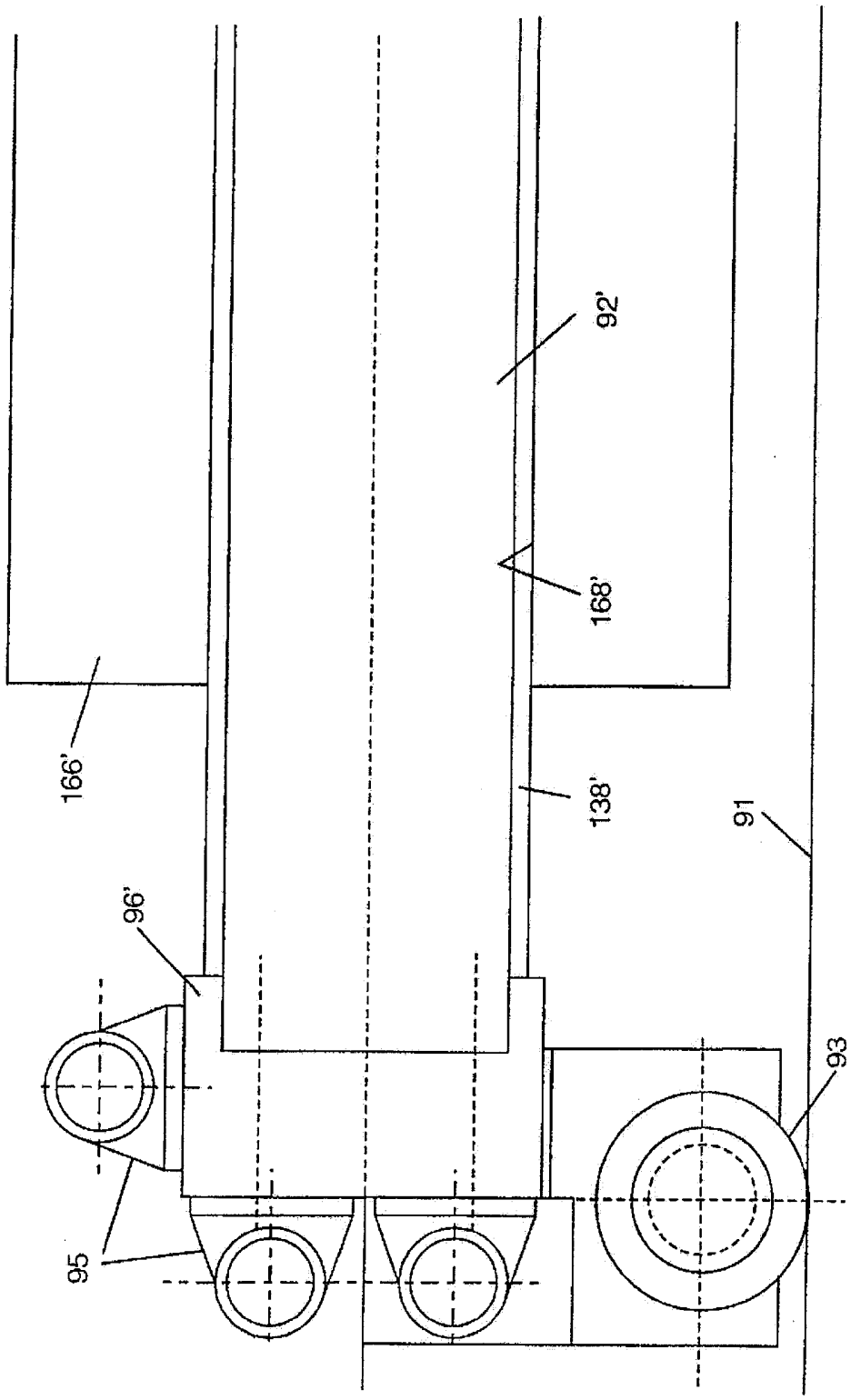


OBR. 14B

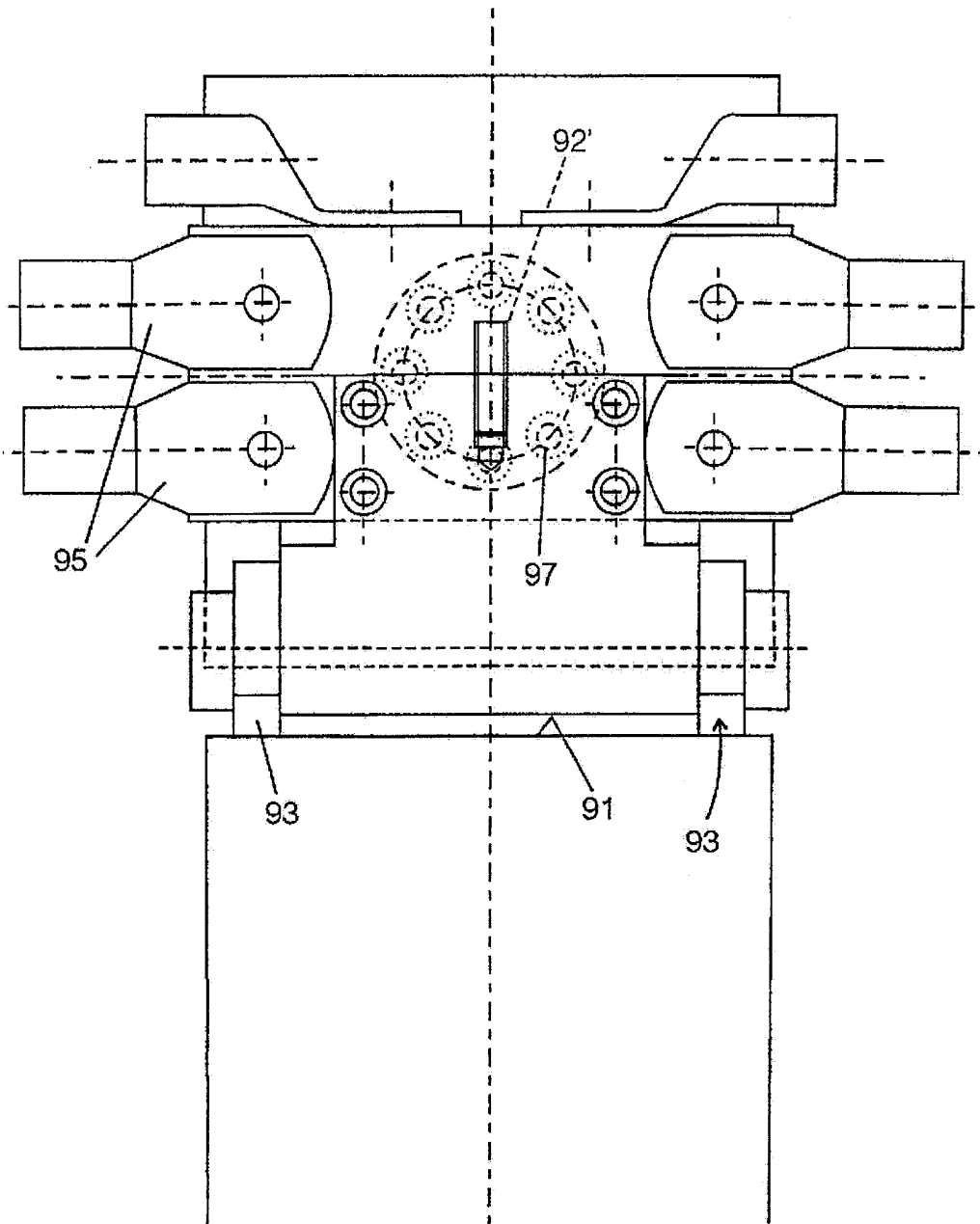
OBR. 14A



OBR. 15



OBR. 16 A



OBR. 16 B

Konec dokumentu