

# PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

**2002 - 2036**

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **11.06.2002**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **15.06.2001 22.04.2002**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **2001/936 2002/621**

(33) Země priority: **AT AT**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **12.02.2003**

**(Věstník č. 2/2003)**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>:

**C 22 C 1/08**

(71) Přihlašovatel:

**HÜTTE KLEIN-REICHENBACH GESELLSCHAFT  
M. B. H., Schwarzenau, AT;**

(72) Původce:

Dobesberger Franz, Schwarzenau, AT;  
Flankl Herbert, Perg, AT;  
Leitmeier Dietmar, Schleißheim/Wels, AT;  
Birgmann Alois, Moosdorf, AT;

(74) Zástupce:

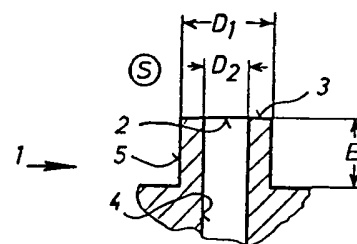
**Kubát Jan Ing., Přístavní 24, Praha 7, 17000;**

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Zařízení a způsob k výrobě kovové pěny**

(57) Anotace:

Vynález se týká zařízení k přivádění plynu do taveniny ze zpěnitelného kovu k výrobě kovové pěny, prostřednictvím alespoň jedné trubky. Vynález se dále týká způsobu k výrobě kovové pěny a rovněž tělesa z kovové pěny. Podle vynálezu alespoň jedna vyčnívající přivodní plynová trubka (1) zasahuje do taveniny (S), přičemž na zasahující konci je plocha průřezu výstupního otvoru (2) pro plyn 0,006 až 0,2 mm<sup>2</sup>, a čelní trubková plocha (3) je menší než 4,0 mm<sup>2</sup>, přičemž je zajištěna rovnoměrnost průměru, resp. velikost příslušných jednotlivých bublin a velikost plynových bublin nastavením parametrů vstupního proudění plynu. Pro zajištění stálých kritérií pro oddělování bublin během dlouhých časových intervalů sestává alespoň oblast zasahujícího konce z keramiky.



## Zařízení a způsob k výrobě kovové pěny

### Oblast techniky

Vynález se týká zařízení k přivádění plynu do taveniny ze zpěnitelného kovu k výrobě kovové pěny, prostřednictvím alespoň jedné trubky.

Vynález se dále týká způsobu k výrobě kovové pěny vháněním plynu do zpěnitelné kovové taveniny.

### Dosavadní stav techniky

V inovačních technologiích jsou ve zvýšené míře vyžadovány materiály s novým profilem vlastností. Jeden takový materiál představuje kovová pěna, která má jednak, ve srovnání s plným materiálem, podstatně menší specifickou hmotnost, a jednak odlišné mechanické vlastnosti, a vykazuje zcela jiné materiálové chování.

K výrobě materiálů z kovové pěny jsou známy různé způsoby. Například se do kovové taveniny mohou přidávat substance, a v této tavenině se mohou rozdělovat, přičemž tyto substance se rozpouštějí při dané teplotě tavení kovové fáze za vyvíjení plynu. V této tavenině se přitom tvoří se, resp. vytvořené plynové bubliny zmrazují, a tak vytvářejí pěnové těleso.

Dále jsou známy způsoby zpěňování, při nichž se plyn přivádí pod povrch roztaveného zpěnitelného kovu, takzvaného tekutého kompozitního materiálu, a tak se vytváří kovová pěna.

Ze spisu WO 91/01387, resp. EP-483 184 B1 je například znám takový plynulý způsob zpěňování.

Přivádění plynu do tekutého kovu se může také provádět

pomocí víru podle spisu EP-545957 B1, přičemž v takto vyrobeném a ztuhlém pěnovém materiálu jsou uspořádány póry s rozdílným průměrem, z čehož vyplývá jen málo opakovatelné materiálové chování. Nastavení velikosti pórů nebo rozdělení velikostí v pěnovém tělese přitom není v dostatečné míře možné.

Podle spisu US 5 281 251 se plyn přivádí do taveniny pomocí plnicího zařízení, které má tvar mísidla a na vnějších koncích lopatek má výstupní otvory pro plyn. Podobný tvar provedení prostředku pro přivádění plynu nebo vibrující nebo oscilující tryska jsou zveřejněny ve spise US 5 334 236.

Pro dosažení účinného vyrobení pěny bylo navrženo (EP-544291 A1), přidávání plynu do tekutého kovu prostřednictvím řady trysek na způsob oscilujícího tryskového hřebenu nebo pomocí vertikální trysky, nad níž je umístěna rotující vrtulová míchačka k promíchávání plynových bublin.

Všechna známá zařízení k výrobě kovové pěny pomocí vhánění plynu do taveniny mají společné nevýhody, že se póry nebo plynové bubliny vytvářejí s velkými rozměrovými rozdíly, a jejich velikost a rozdělení velikostí nejsou nastavitelné v požadované míře. Z toho často vyplývají nežádoucí poměrně vysoké specifické hmotnosti a nedostatečné opakovatelné materiálové chování kovové pěny.

#### Podstata vynálezu

Vynález zde chce nabídnout pomoc od těchto nedostatků a klade si za cíl, vytvořit zařízení úvodem zmíněného typu, pomocí něhož je možno přivádět plyn do taveniny ve formě pórů nebo bublin, přibližně stejného objemu a s nastavitelnou velikostí. Dalším úkolem vynálezu je vytvořit způsob k vyrobení požadované kovové pěny.

Tohoto cíle se dosáhne zařízením tohoto typu podle vynálezu tím, že vyčnívající přívodní plynová trubka zasahuje do taveniny, přičemž na zasahujícím konci je plocha průřezu výstupního otvoru pro plyn 0,006 až 0,2 mm<sup>2</sup>, a čelní trubková plocha je menší než 4,0 mm<sup>2</sup>.

Výhody dosažené tímto vynálezem, spočívají v podstatě v tom, že na přívodní plynové trubce se při tvorbě pórů pro jejich určitou velikost vytvářejí stálá kritéria pro oddělování bublin.

Když se do zpěnitelného kovu přivádí podle stavu techniky plyn otvorem v tryskové desce, vznikne, jak ukázaly pokusy, bublina, přičemž následně vznikne kolem otvoru rozšíření přídržné oblasti bubliny. Okamžik uvolnění a s ní v praxi vytvořená velikost bubliny na tryskové desce nepodléhá žádným přísným a úzkým zákonnostem, takže je takto vyrobena kovová pěna s bublinami, které mají nejrůznější průměry. Když jsou v tryskové desce vytvořeny například dva nebo více otvorů pro přívod plynu do tekutého kovu, může se toto rozšíření příslušné přídržné oblasti bubliny na povrchu desky tak dalece zvětšovat, že se jednotlivé bubliny spojí za vytvoření příliš velké bubliny, což je proti smyslu požadovaného vytváření bublin. Jak bylo úvodem uvedeno, byly činěny pokusy pro dosažení cíleného oddělování plynových bublin z trysky, nebo pro rozdělení velkých bublin relativním pohybem přívodního otvoru plynu v kovu nebo promícháním, což však nepřineslo v dostatečné míře požadovaný účinek.

Pomocí geometrického provedení přívodní plynové trubky podle vynálezu se mohou poprvé vytvořit požadovaná stálá kritéria pro oddělování bublin v tavenině, která poskytují v podstatě stejně velké objemy jednotlivých bublin, a podle toho i vyrobenou pěnu.

Vytvoření tohoto zařízení se může s výhodou provést tak, že výstupní otvor přívodní plynové trubky zasahuje do taveniny v rozsahu alespoň pěti násobku, přednostně alespoň desetinásobku, hodnoty největšího vnitřního rozměru tohoto výstupního otvoru. Tím jsou obzvláště účinně dosažitelná kritéria odtrhávání bubliny v tavenině.

Když má přívodní plynová trubka ve výhodném provedení kruhový výstupní otvor pro plyn a kruhovou čelní hranu nebo prstencovitou čelní plochu, jsou obzvláště hospodárně vyrobitelná provedení trubkového čela k řízení velikosti plynových bublin.

Pro dosažení stability při nepatrné čelní ploše přívodní plynové trubky, a také vysoké trvanlivosti zařízení v provozu zpěňování, může být výhodné, když přívodní plynová trubka zasahující do taveniny má alespoň v oblasti konce výstupního otvoru pro plyn vnější povrch ve tvaru kulové úseče, komolého kužele nebo komolého jehlanu. Přitom je výhodné, provést vnější povrch přívodní plynové trubky tak, že úhel, který svírá tvořící přímka komolého tělesa s osou vstupního plynového kanálu, má hodnotu menší než  $60^\circ$ , přednostně menší než  $45^\circ$ .

Z technického hlediska zařízení, ale také vzhledem k výkonu zařízení a k jakosti produktu, může být dále podstatnou výhodou, když alespoň dvě, přednostně více než dvě přívodní plynové trubky, zejména s právě stejným vzájemným odstupem, který má přednostně hodnotu větší než desetinásobek míry zasahování výstupního otvoru, resp. přívodní plynové trubky do taveniny, jsou uspořádány ve vyměnitelném tryskovém dílu, tzv. „kačeru“ (části dmyšné soupravy) nádoby s taveninou u zařízení na výrobu kovové pěny. Takto je umožněno zajištění velkého množství vysoce hodnotné pěny v krátkém časovém intervalu, což je případně žádoucí při dalším intenzivním zpracování výchozího materiálu, zejména u velkých dílů.

Ačkoliv se zařízením úvodem zmíněného typu dosáhne vynikajících výsledků v jednotlivých pokusech a v malosériovém provozu, pokud jde o rovnoměrnost objemů plynových bublin, tak bylo nyní zjištěno při pokusech na proveditelnost zajištění kovové pěny pro velkosériovou výrobu konstrukčních dílů a kompozitních dílů pro automobilový průmysl, že během dlouhodobého provozu se může měnit geometrie zařízení působením taveniny, resp. reakcí zařízení s taveninou, čímž se ukazuje, že v dlouhodobém provozu již není dáno zajištění stálých kritérií pro oddělování bublin.

Na tomto základě směřuje vynález k dalšímu uspořádání, kterým se může dosáhnout také v dlouhodobém provozu během dlouhých časových intervalů stálých kritérií pro oddělování bublin při zpěňování kovové taveniny.

Úkol, dosáhnout takového uspořádání zařízení, kterým se může dosáhnout také v dlouhodobém provozu během dlouhých časových intervalů stálých kritérií pro oddělování bublin při zpěňování kovové taveniny je vyřešen tím, že přívodní plynová trubka je alespoň v oblasti zasahujícího konce vytvořena z keramiky.

Takto dosažené výhody spočívají obzvláště v tom, že při vytvoření zařízení podle vynálezu zůstává jeho geometrie i při dlouhodobém kontaktu s kovovou taveninou, která je horká alespoň několik set stupňů Celsia, v podstatě nezměněná, pročež také při častém používání zařízení v dlouhých časových intervalech při zpěňování kovových tavenin může být dosaženo stálých kritérií pro oddělování bublin. Vysoká tvarová stálost a dlouhá doba používání zařízení podle vynálezu při kontaktu s taveninou umožňuje nyní zajistit kovové pěny o rovnoměrně vysoké jakosti v dlouhodobém provozu bez opravy, resp. výměny zařízení. Vynález přitom využívá poznatku, že díly zařízení, popřípadě

celé zařízení, vyrobené z keramiky, ve srovnání s dosud používanými zařízeními vyrobenými z oceli, reagují s kovovými taveninami výrazně pomaleji, a přitom současně při stejné geometrii umožňují rovněž vytvoření hydrofobního systému, pokud jde o tvorbu plynových bublin přiváděním plynu do taveniny.

U zařízení podle vynálezu se dosáhne obzvláště vysoké reakční pasivity a vynikajících užitných vlastností, když je keramikou oxidová keramika, zejména keramika z oxidu hlinitého.

Další úkol vynálezu, vytvořit způsob úvodem zmíněného typu, pomocí něhož je vyrobitelná vysoce hodnotná kovová pěna vhnáním plynu do zpěnitelného kovu, je vyřešen tím, že se rovnoměrnost průměru, resp. velikost příslušných jednotlivých bublin a velikost plynových bublin, řídí geometrickým uspořádáním trysek a nastavením parametrů vstupního proudění plynu do kovové taveniny.

Výhody dosažené kovové pěny spočívají zejména v tom, že v podstatě stejně velké bubliny podstatně zlepšují pomocná kritéria kovových ohraničení při mechanickém zatížení, vzhledem k nízké specifické hmotnosti pěnového tělesa, a dále zlepšují požadované materiálové chování.

Když jsou vyžadována tělesa z pěnového kovu, podle jejich použití, s různými průměry právě stejně velkých bublin, může se podle vynálezu snadno dosáhnout rovnoměrnosti velikosti jednotlivých bublin pomocí zasahování vstupní plynové trubky do taveniny, a velikost jednotlivých bublin se může řídit pomocí velikosti plochy výstupního průřezu pro plyn, velikosti čelní plochy vstupní trubky a výšky tlaku plynu. Když nyní obsahují tělesa z pěnového kovu plynové bubliny právě se stejným objemem, avšak s různou velikostí, je také odlišné jejich materiálové chování při deformaci, čímž se pro určité účely použití vyrábí nejvhodnější předmět.

Rozsáhlé pokusy ukázaly, že rovnoměrnost velikostí pěnových bublin se může dále stupňovat, když se plyn přivádí do taveniny pod tlakem, který kolísá, resp. který se mění kolem své střední hodnoty, nebo se přivádí pomocí pohyblivých oscilujících trysek.

Z technického hlediska způsobu, ale také vzhledem k vysoké jakosti výrobků, může být dále výhodou, když se plyn vhání pod tlakem asi 30 až 1 200 kPa (0,3 až 12 barů), přednostně 30 až 500 kPa (0,7 až 5 barů) do zpěňovaného kovu.

Může se vyrobit těleso z kovové pěny, které je obzvláště lehké, resp. které má nepatrnou objemovou hmotnost, když se vyrábí kovová tavenina z lehkého kovu, přednostně z hliníku nebo z hliníkové slitiny. Tím se také může dosáhnout mnohostranně vyžadovaného materiálového chování při nízké hmotě dílu.

Zpěnitelnost kovu, ale také vytvoření pěnové matrice, resp. pěnové stěny se mohou podstatně zlepšit, když se k výrobě zpěnitelné kovové taveniny používají částice SiC nebo Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, a rovněž další nekovové částice nebo částice z mezimetalických fází. Přitom je s ohledem na stálost a pevnost, zejména pevnost na vzpěr, příznivé, když se používají částice ke stabilizování kovové pěny o velikosti 1 až 50 mikrometrů, přednostně 3 až 20 mikrometrů, a rovnoměrně se rozdělí do pěnové matrice, přičemž se může dosáhnout vynikajících výsledků, když se ze základního kovu vyrábí zpěnitelná kovová tavenina s objemovým podílem částic 2 až 50 % objem., zejména 18 až 28 % objem.

Při provádění plynulého zpěňování podle úvodem popsaného způsobu bylo zjištěno, že zejména při nepatrných obsazích částic taveniny míře může v nepatrné dojít k prasknutí bublin, opatřených částicemi nebo kovem, nacházejících se nad povrchem taveniny. Tím se mohou spojit bubliny v tekuté kovové pění,

takže ztuhlá kovová pěna může mít větší póry vytvořené ze dvou nebo několika jednotlivých bublin, kde tyto póry mohou tvořit výchozí body pro selhání materiálu při mechanickém namáhání, zejména při vysokém bodovém tlakovém namáhání.

Cíle vynálezu, vytvořit dále takový způsob, že se částečnému prasknutí bublin může dalekosáhle zabránit, se dosáhne tím, že se plyn vhání pod povrchem taveniny alespoň v odstupě  $S$  (v mm) podle vzorce:

$$S = - 11,5 + 144,6 \times P^{-0,55}$$

příčemž  $P$  je číselná hodnota obsahu částic v tavenině v % objemových.

Výhody docílené dalším vytvořením vynálezu spočívají v podstatě v tom, že zajištěním výšky výstupu podle vynálezu musí plynové bubliny přiváděné do zpěňované kovové taveniny při výstupu na povrch taveniny urazit minimální cestu v tavenině obsahující částice, kde na této cestě na površích plynových bublin může být právě shromážděno dostatečně částic, aby byly bubliny stabilizovány proti prasknutí, jakmile protnou povrch taveniny. Zejména se takto mohou také zpěnitelné kovové taveniny s nízkým obsahem částic, například dvou procent objemových, nyní převést jednoduchým způsobem na stabilní kovové pěny vysoké jakosti, tím že je podle vynálezu zajištěna odpovídající vysoká výška výstupu.

Když, jak bylo dále zjištěno, se vhání plyn s obsahem kyslíku, přednostně vzduch, zejména v podstatě čistý kyslík, může se překvapivě zvýšit výhodné působení minimální výšky výstupu plynových bublin, nastavené na obsah částic taveniny, protože na povrchu plynových bublin, opatřených částicemi nebo kovem se současně vytváří vrstva oxidu, působící vyztužujícím způsobem.

K zajištění výchozího materiálu pro výrobu předmětů z kovové pěny s požadovaným materiálovým chováním směřuje vynález také k tomu, vyrobit tekutou kovovou pěnu s plynovými bublinami, které jsou ohraničeny stěnami z tekuté kovové matrice s pevnými vyztužujícími částicemi. Tohoto cíle se dosáhne tím, že průměr největších plynových bublin, lomeno průměrem nejmenších plynových bublin, má hodnotu nižší než 2,5. Taková tekutá kovová pěna se může při použití nejrůznějších prostředků tvarovat s vysokou přesností na díly, a může se nechat ztvrdnout, přičemž podle velikosti jednotlivých bublin a hodnotě poměru je dosažitelná určitá tloušťka dílu a jeho chování při pěchování při působení tlakovým napětím. Pěnové díly s hustotou právě 0,09 až 0,11 dosáhnou například jenom při nepatrně vzrůstajících tlakových napětích od 0,25 do 0,8 MPa stupně pěchování až 70 %.

Tělesa z kovové pěny, které odolá jak vysokému plošnému, tak vysokému bodovému mechanickému zatížení, se dosáhne tím, že u kovové pěny úvodem zmíněného typu jsou póry vytvořeny v podstatě v kulovitě nebo elipsoidně uzavřeném tvaru, přičemž právě největší průměry pórů jsou rozděleny monomodálně, a póry jsou vytvořeny v podstatě z jednotlivých stabilizovaných bublin, a přičemž vnitřní povrchy stěn jsou alespoň částečně potaženy oxidem.

Těleso z kovové pěny podle vynálezu má, pokud jde o izotropii mechanických vlastností, při příznivém monomodálním rozdělení velikostí prostorově rozdělených pórů, dodatečně oxidem vyztuženou stěnovou strukturu pórů, čímž se může dosáhnout zvýšené zatížitelnosti v provozu, resp. se může zvýšit doba používání konstrukčních dílů s jednotkou kovové pěny. Na základě, že vytváření pórů znamená, že tyto póry v podstatě odpovídají jednotlivým stabilizovaným bublinám

tekuté kovové pěny, hodí se toto těleso z kovové pěny podle vynálezu k použití jako konstrukční díly, ne jenom při vysokých plošných zatíženích, ale také při vysokých bodových zatíženích.

### Přehled obrázků na výkrese

Vynález bude dále blíže osvětlen pouze na právě jednom příkladu provedení, podle výkresu, kde na obr. 1 je znázorněna přívodní plynová trubka, na obr. 3 je znázorněna přívodní plynová trubka s vnějším povrchem ve tvaru komolého kužele, na obr. 3 je znázorněn tryskový díl, na obr. 4 je formou diagramu znázorněna závislost minimální výšky výstupu podle vynálezu na obsahu částic taveniny a na obr. 5 je formou diagramu znázorněno rozdělení velikostí pórů tělesa z kovové pěny podle vynálezu.

### Příklady provedení vynálezu

Na obr. 1 je znázorněna přívodní plynová trubka 1, která zasahuje do taveniny v rozsahu E. Přívodní plynová trubka 1 má mezi vnitřní plochou 4 a vnější plochou 5 rovnoměrnou tloušťku stěny s čelní trubkovou plochou 3, která zasahuje do taveniny S.

Na obr. 2 je znázorněna přívodní plynová trubka 1 s rozsahem E zasahování do taveniny S, tato trubka 1 má ve výstupní oblasti vnější povrch 6 ve tvaru komolého kužele nebo komolého jehlanu, který ve svém prodloužení svírá úhel s osou 7 plynového vstupního kanálu. S takovým typem provedení přívodní plynové trubky 1 může být při vysoké stabilitě a síle základního dílu vytvořena čelní trubková plocha 3 s nejmenší čelní plochou, přecházející až k čelní hraně.

Na obr. 3 je znázorněn typ provedení s tryskovým dílem 8, tak zvaným „kačerem“ (částí dmyšné soupravy), který je přednostně uspořádán uvolnitelně a vyjímatelně ve stěně 9 nádoby s taveninou. V tomto tryskovém dílu 8 jsou ve vzájemném odstupu A<sub>1</sub> a A<sub>2</sub> uspořádány tři přívodní plynové trubky 1, 1', 1'', které zasahují do taveniny S. Takové lehce vyměnitelné tryskové díly 8 se přednostně používají tehdy, když se mají vyrábět kovové pěny v podstatě se stejným objemem jednotlivých bublin, avšak s rozdílnými velikostmi bublin, protože jsou tím krátkodobě měnitelná kritéria tvorby: velikost plochy výstupního průřezu pro plyn a velikost vstupní plynové trubky - čelní plocha.

Podle schematického výkresu budou ještě jednou krátce vysvětleny mechanismy tvorby bublin.

Když se přivádí plyn do taveniny S, vytvoří se v tavenině na výstupním otvoru 2 přívodní plynové trubky 1 konvexní vyklenutí. Kolem tohoto zvětšujícího se vyklenutí visí tavenina na okolní ploše výstupního otvoru pro plyn. Protože nyní systém mezních ploch taveniny a stěny představuje hydrofobní systém, je přilnavost tekutého kovu kolem výstupního otvoru pro plyn nepatrná, což vede k výskytu oddělování a plošné migraci ohraničení plynové bubliny na stěně. Tím jsou podmínky pro oddělování pro plynovou bublinu dalekosáhle neurčité, což může vést k nejrůznějším velikostem bublin. Když jsou prostřednictvím několika výstupních otvorů vytvořeny bubliny, tak se ve většině případů spojí, čímž se zabrání požadovanému zpěnění nebo se vytvoří nerovnoměrná struktura bublin pěnové hmoty.

Když má například vyčnívající přívodní plynová trubka 1 vnitřní průměr D<sub>2</sub> a průřez výstupního otvoru 2 a rovněž vnější průměr D<sub>1</sub>, tak z toho vychází rozměr čelní trubkové plochy 3.

Při přivedení plynu do taveniny může nyní ohraničení plynové turbíny však migrovat jenom k vnější hraně čelní trubkové plochy 3, čímž je dán podstatný vliv na kritéria pro oddělování. Také sousední přívodní plynové trubky 1, 1', 1'', které zasahují do zpěnitelné taveniny S, vytvářejí na základě odskakujících ploch na vnějších hranách čelních ploch 3 definovaná kritéria pro oddělování, takže je dalekosáhle vyloučeno spojování a vznik velkých bublin.

V četných řadách pokusů byly roztaveny různé hliníkové slitiny, obsahující částice, například AlSi7Mg, dále slitina, známá také jako A 356, se slitinami obsahujícími kromě hliníku v podstatě 7 % hmotn. křemíku a 1 % hmotn. hořčíku, nebo například AA 6061 (hliníková slitina se složením podle normalizační hliníkové asociace číslo 6061), v jednom tavicím kelímku, přičemž bylo provedeno nastavení obsahu částic v tavenině popřípadě přimísením jedné slitiny bez obsahu částic, vyhovující v tomto chemickém složení. Následně byl do tavenin, obsahující částice, přiveden plyn. Toto přivádění se provádělo ve všech pokusech právě pomocí jednotlivého tryskového tělesa s výstupním otvorem, přičemž přicházelo v úvahu použití tryskového tělesa z chrom-niklové oceli a z keramiky.

V první řadě pokusů byla zkoumána trvanlivost různých tryskových těles. Při provádění právě pěti pokusů zpěňování během periody 20 sekund až 45 minut jednak s tryskami z chrom-niklové oceli, a jednak s tryskami z oxidu hlinitého, bylo možno u ocelových trysek, které byly v provozu déle než 2 minuty, zjistit vizuálně změnu tvaru výstupního otvoru pro plyn působením taveniny. V odpovídající shodě vykazovala kovová pěna, která byla vyrobena na začátku a na konci způsobu zpěňování, a která byla sejmuta s povrchu taveniny, různé

průměry pórů. Naproti tomu u tryskových těles, sestávajících z oxidu hlinitého, nebyly patrné žádné takové změny geometrie, i u nepřetržitého používání déle než 45 minut. Podle toho mohla být v průběhu celé zkušební periody vyrobena kovová pěna s rovnocennými vlastnostmi pórů. Také jiné keramické materiály, jako  $\text{SiO}_2$  nebo  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , mohou být použity s výhodou proti ocelím, přičemž vyšší životnosti bylo ale dosaženo s tryskovými tělesy z  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Ve druhé řadě pokusů se s tryskovými tělesy z oxidu hlinitého při stálém obsahu částic  $P$  taveniny měnila výška výstupu  $S$  přivedeného plynu a byla zkoumána jakost kovových pěn vyrobených při různých hloubkách přivádění plynu. Přitom se ukázal s odkazem na obr. 4 následující průběh: Při nepatrném obsahu částic  $P$  taveniny, například 2 % objem., se může při nízké výšce výstupu  $S$  vyrobit pěna, v níž při pozorování průřezu byly k dispozici póry, které byly vytvořeny alespoň ze dvou bublin. Takové póry jsou jednoduše zjistitelné podle toho, že jsou vytvořeny ve tvaru podélného elipsoidu, s vysokým poměrem delší osy ke kratší ose. Takový průběh můžeme zpozorovat u zkoumaných obsahů částic v oblasti  $A$  výšky výstupu, na obr. 4. Jakmile však výška výstupu  $S$  při daném obsahu částic  $P$  již nespadá do oblasti  $A$  na obr. 4, ale zvýší se do té míry, že přejde do oblasti  $B$ , může se vyrobit kovová pěna, u níž se může na základě zvýšené dráhy výstupu shromáždit dostatek částic na povrchu bublin, aby tak byly stabilizovány proti prasknutí v tekuté kovové pění. Experimentálně zjištěné nutné výšky výstupu v podstatě k úplnému stabilizování bublin jsou do obr. 4 zaneseny pro různé obsahy částic ve formě trojúhelníků. Čára rozdělující oblast  $A$  a oblast  $B$  vytváří srovnávací křivku přizpůsobenou experimentálním údajům, obecného vzorce:

$$Y = a + X^b$$

Při dodržení minimální výšky výstupu byly u kovové pěny v průřezu větším než 95 %, částečně větším než 99 % zjištěny póry, které odpovídaly jednotlivým plynovým bublinám. Na obr. 5 je znázorněno rozdělení velikostí pórů kovové pěny, která byla vyrobena při dodržení podmínek zpěňování podle vynálezu. Jak je patrné podle sloupkového diagramu na obr. 5, je při monomodálním rozdělení velikostí pórů při střední hodnotě 4 mm podíl pórů asi s 6 mm jenom nepatrně vyšší než při 2 mm, to znamená, že tyto velikosti pórů jsou na obou stranách střední hodnoty rozděleny přibližně ve stejném rozsahu, resp. ve stejné četnosti.

Ve třetí řadě pokusů byly studovány účinky vhaněného plynu na složení materiálu a na vlastnosti materiálu. Přitom se v rámci sekundárních elektronických mikroskopických (SEM) zkoumání neočekávaně ukázalo, že při použití plynu s obsahem kyslíku, jako je z hlediska nákladů výhodný vzduch, se na površích pórů v částečných oblastech vytvořila dodatečná vrstva oxidu. Vrstva oxidu působí vyztužujícím vlivem na kovovou pěnu, což ukázalo 5% až 7% zvýšení energie potřebné ke stlačení těles z kovové pěny podle vynálezu na poloviční objem. Další zvýšený nárůst téže deformační energie asi o 10 % bylo pozorováno při použití čistého kyslíku jako zpěňovacího plynu. Takto jsou vnitřní plochy stěn v podstatě úplně, t.j. minimálně na 90 %, potaženy vrstvou oxidu, jak mohlo být prokázáno zachycením pomocí SEM.

## P A T E N T O V É    N Á R O K Y

1. Zařízení k přivádění plynu do taveniny ze zpěnitelného kovu k výrobě kovové pěny, prostřednictvím alespoň jedné trubky, v y z n a č u j í c í    s e    t í m, že vyčnívající přívodní plynová trubka (1) zasahuje do taveniny (S), přičemž na zasahujícím konci je plocha průřezu výstupního otvoru (2) pro plyn  $0,006$  až  $0,2 \text{ mm}^2$ , a čelní trubková plocha (3) je menší než  $4,0 \text{ mm}^2$ .

2. Zařízení podle nároku 1, v y z n a č u j í c í    s e    t í m, že výstupní otvor (2) přívodní plynové trubky (1) zasahuje do taveniny v rozsahu (E) alespoň pěti násobku, přednostně alespoň desetinásobku, hodnoty největšího vnitřního rozměru (D2) tohoto výstupního otvoru (2).

3. Zařízení podle nároku 1 nebo 2, v y z n a č u j í c í    s e    t í m, že přívodní plynová trubka (1) má kruhový výstupní otvor (2) pro plyn a kruhovou čelní hranu nebo prstencovitou čelní plochu (3).

4. Zařízení podle nároků 1 až 3, v y z n a č u j í c í    s e    t í m, že přívodní plynová trubka (1) zasahující do taveniny (S) má alespoň v oblasti konce výstupního otvoru (2) pro plyn vnější povrch (6) ve tvaru kulové úseče, komolého kužele nebo komolého jehlanu.

5. Zařízení podle nároků 1 až 4, v y z n a č u j í c í    s e    t í m, že úhel ( $\alpha$ ), který svírá tvořící přímka (61) povrchu (6) komolého tělesa s osou vstupního plynového kanálu, má hodnotu menší než  $60^\circ$ , přednostně menší než  $45^\circ$ .

6. Zařízení podle nároků 1 až 5, v y z n a č u j í c í s e t í m, že alespoň dvě, přednostně více než dvě přívodní plynové trubky (1, 1', 1''), zejména s právě stejným vzájemným odstupem (A1, A2), který má přednostně hodnotu větší než desetinásobek rozsahu (E) zasahování výstupního otvoru (2) do taveniny (S), jsou uspořádány ve vyměnitelném tryskovém dílu (8) nádoby (9) s taveninou u zařízení na výrobu kovové pěny, kde

$$A \geq 10 \times E$$

7. Zařízení k přivádění plynu do taveniny ze zpěnitelného kovu k výrobě kovové pěny, prostřednictvím alespoň jedné trubky, přičemž vyčnívající přívodní plynová trubka zasahuje do taveniny, přičemž na zasahujícím konci je plocha průřezu výstupního otvoru pro plyn 0,006 až 0,2 mm<sup>2</sup>, a čelní trubková plocha je menší než 4,0 mm<sup>2</sup>, v y z n a č u j í c í s e t í m, že přívodní plynová trubka (1) alespoň v oblasti zasahujícího konce sestává z keramiky.

8. Zařízení podle nároku 7, v y z n a č u j í c í s e t í m, že keramikou je oxidová keramika, zejména keramika z oxidu hlinitého.

9. Způsob výroby kovové pěny vháněním plynu do zpěnitelné kovové taveniny, v y z n a č u j í c í s e t í m, že se rovnoměrnost průměru, resp. velikost příslušných jednotlivých bublin a velikost plynových bublin řídí geometrickým uspořádáním trysek a nastavením parametrů vstupního proudění plynu do kovové taveniny.

10. Způsob podle nároku 9, v y z n a č u j í c í s e t í m, že se rovnoměrnosti velikosti jednotlivých bublin dosáhne zasahováním přívodní plynové trubky do taveniny, a velikost

jednotlivých bublin se řídí velikostí plochy průřezu výstupního otvoru pro plyn, velikostí čelní plochy přívodní plynové trubky a výškou tlaku plynu.

11. Způsob podle nároku 9 nebo 10, v y z n a č u j í c í s e tím, že se plyn přivádí do taveniny pod tlakem, který kolísá, resp. který se mění kolem své střední hodnoty, nebo se přivádí pomocí pohyblivých oscilujících trysek.

12. Způsob podle nároku 9 nebo 10, v y z n a č u j í c í s e tím, že se plyn vhání pod tlakem 30 až 1 200 kPa (0,3 až 12 barů), přednostně 30 až 500 kPa (0,7 až 5 barů).

13. Způsob podle nároků 9 až 12, v y z n a č u j í c í s e tím, že se kovová tavenina vyrábí z lehkého kovu, přednostně z hliníku nebo z hliníkové slitiny.

14. Způsob podle nároků 9 až 13, v y z n a č u j í c í s e tím, že se k výrobě zpěnitelné kovové taveniny používají částice SiC nebo  $Al_2O_3$ , a rovněž další nekovové částice nebo částice z mezimetalických fází.

15. Způsob podle nároků 9 až 14, v y z n a č u j í c í s e tím, že se používají částice ke stabilizování kovové pěny, o velikosti 1 až 50 mikrometrů, přednostně 3 až 20 mikrometrů.

16. Způsob podle nároků 9 až 15, v y z n a č u j í c í s e tím, že se vyrábí zpěnitelná kovová tavenina s objemovým podílem částic 2 až 50 % objem., přednostně 18 až 28 % objem.

17. Způsob podle nároků 9 až 16 k výrobě kovové pěny vháněním plynu do zpěnitelné kovové taveniny, přičemž se řídí

rovnoměrnost průměru, resp. velikost příslušných jednotlivých bublin a velikost plynových bublin, v y z n a č u j í c í s e tím, že se plyn vhání pod povrchem taveniny alespoň v odstupu S (v mm) podle vzorce:

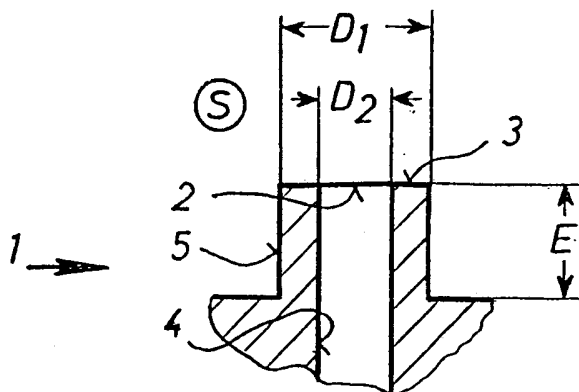
$$S = - 11,5 + 144,6 \times P^{-0,55}$$

příčemž P je číselná hodnota obsahu částic v tavenině v % objemových.

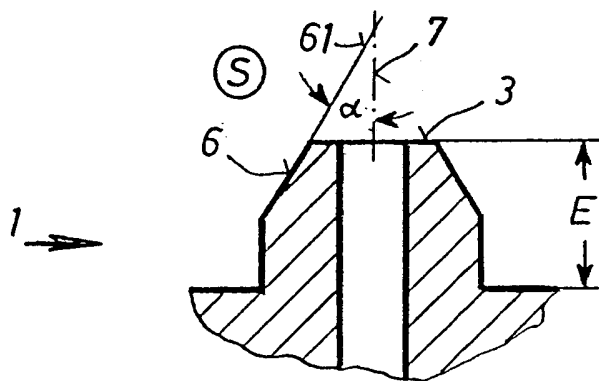
18. Způsob podle nároků 1 až 17, v y z n a č u j í c í s e tím, že se vhání plyn s obsahem kyslíku, přednostně vzduch, zejména v podstatě čistý kyslík.

19. Tekutá kovová pěna s plynovými bublinami, které jsou ohraničeny stěnami z tekuté kovové matrice s pevnými vyztužujícími částicemi, v y z n a č u j í c í s e tím, že průměr největších plynových bublin, lomeno průměrem nejmenších plynových bublin, má hodnotu nižší než 2,5.

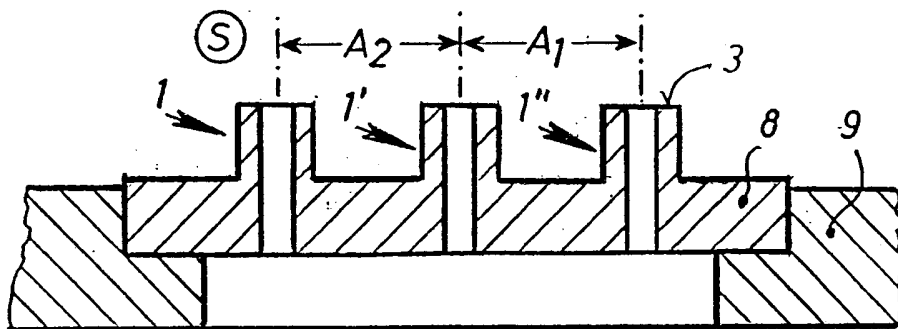
20. Těleso z kovové pěny, s prostorově rovnoměrně rozdělenými póry, sevřenými pevnou stěnou, příčemž tato stěna sestává s kovové matrice a z částic uložených v této stěně, v y z n a č u j í c í s e tím, že tyto póry jsou vytvořeny v podstatě v kulovitě nebo elipsovité uzavřeném tvaru, příčemž právě největší průměry pórů jsou rozděleny monomodálně, a póry jsou vytvořeny v podstatě z jednotlivých stabilizovaných bublin, a příčemž vnitřní povrchy stěn jsou alespoň částečně potaženy oxidem.



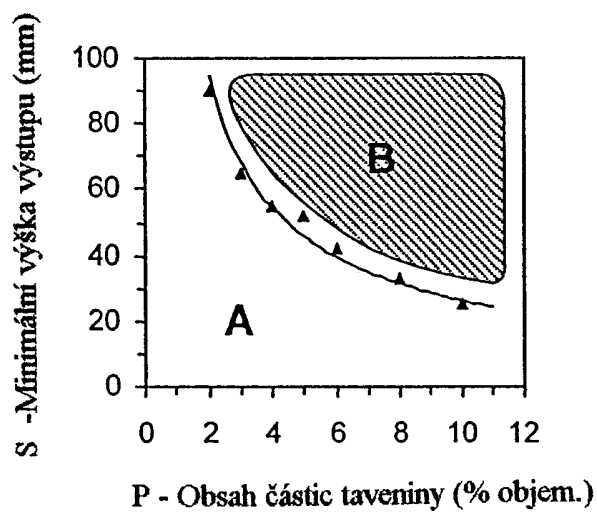
obr. 1



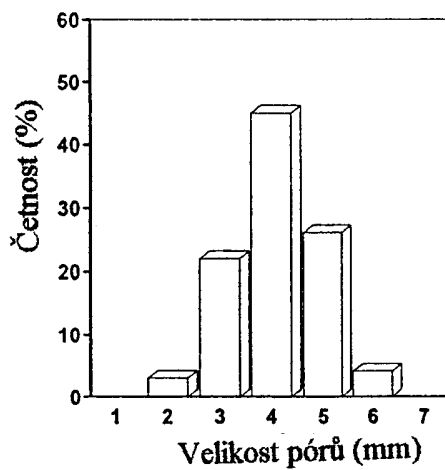
obr. 2



obr. 3



obr. 4



obr. 5