

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

304 437

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

C22C 1/08

(2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2002-2035**
(22) Přihlášeno: **11.06.2002**
(30) Právo přednosti:
15.06.2001 AT A9352001
(40) Zveřejněno: **12.02.2003**
(Věstník č. 2/2003)
(47) Uděleno: **26.03.2014**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku:
07.05.2014
(Věstník č. 19/2014)

(56) Relevantní dokumenty:

WO 9101387 A1; 46886; 46887; 46888.

(73) Majitel patentu:
HÜTTE KLEIN-REICHENBACH
GESELLSCHAFT M. B. H., Schwarzenau, AT

(72) Původce:
Franz Dobesberger, Schwarzenau, AT
Herbert Flankl, Perg, AT
Dietmar Leitmeier, Schleißheim/Wels, AT
Alois Birgmann, Moosdorf, AT
Peter Schulz, Simbach, DE

(74) Zástupce:
Ing. Jan Kubát, Přístavní 24, 170 00 Praha 7

30,0 mm a při prostorovém posuzování kovové pěny je poměr maximálních délkových rozměrů dvou vždy rozdílných dutin u průměrného počtu alespoň 20 párů menší než 45, přednostně menší než 15, a zejména menší než 5.

(54) Název vynálezu:
**Způsob výroby lehkého tvarového tělesa a
lehké tvarové těleso z kovové pěny**

(57) Anotace:
Způsob výroby lehkého tvarového tělesa, při němž se z kovové taveniny, obsahující částice, tvoří kovová pěna přiváděním plynu nebo směsi plynů do této taveniny, přičemž se pěna alespoň částečně přivádí do kokily, a její tekutá fáze se v kokile nechá ztuhnout, přičemž se vyrábí kovová pěna, která je schopná téci, s monomodálním rozdělením rozměrů dutin tím, že se plyn přivádí alespoň jednou vyčnívající přívodní trubkou, která zasahuje do taveniny, kovová pěna se přivádí ve volně tekoucím stavu do lící formy nebo kokily a v ní se zhutňuje v podstatě pod všestranným tlakem, čímž se ohraničujícími stěnami z kovové taveniny obsahující částice, které uzavírají dutiny, udělují alespoň částečně rovinné oblasti a přitom se ohraničující stěny nechávají ztuhnout tím, že se z taveniny odvádí skupenské teplo tuhnutí. Lehké tvarové těleso z kovové pěny, vytvořené s ohraničujícími stěnami, sestávající se z kovové matrice, do níž jsou vloženy částice, přičemž ohraničující stěny obklopují množství v podstatě kulových a/nebo v podstatě elipsoidních dutin, u kterého kovová pěna tvarového tělesa vykazuje při prostorovém posuzování monomodální rozdělení dutin, přičemž podílově maximální délkové rozměry dutin jsou v rozsahu 1,0 až

CZ 304437 B6

Způsob výroby lehkého tvarového tělesa a lehké tvarové těleso z kovové pěny

Oblast techniky

5

Vynález se týká způsobu výroby lehkého tvarového tělesa, při němž se z kovové taveniny, obsahující částice, tvoří kovová pěna přiváděním plynu nebo směsi plynů do taveniny, přičemž se pěna alespoň částečně přivádí do kokily a její tekutá fáze se v kokile nechá ztuhnout.

10

Vynález se dále týká lehkého tvarového tělesa z kovové pěny, vytvořené s ohraničujícími stěnami, sestávající se z kovové matrice, do níž jsou vloženy částice, přičemž ohraničující stěny obklopují množství v podstatě kulových a/nebo v podstatě elipsoidních dutin.

15

Dosavadní stav techniky

20

Tvarová tělesa z kovové pěny mají přirozeně malou hustotu a mají v závislosti na struktuře zvláštní mechanické materiálové vlastnosti. Takovým tělesům mohou být například při vyvozování dvou nebo trojrozměrných tlakových napětí udělována velká deformování se stupněm pěchování až 70 % a více. Tyto materiály se zvláštními vlastnostmi jsou výhodně upotřebitelné v technologických použitích, například jako tlumiče energie v automobilové výrobě a podobně.

25

Při použití takových tvarových těles pro vybrané funkce s určitými parametry je důležité, zajistit vždy stejné a opakovatelné znaky co do vlastností materiálů.

30

Ze spisu EP 483 184 B1 je znám způsob výroby kovové pěny vyztužené částicemi, podle něhož se plyn, tvořící komůrky, přivádí do taveniny z kovu s jemně rozdělenými vyztužujícími prostředky, vytváří se zpěněný kovový kompozitní materiál a s povrchu roztaveného materiálu se odeberá nashromážděná pěna a nechává se ztuhnout. Tato kovová pěna však vykazuje bubliny s nekontrolovatelnou velikostí, resp. s nekontrolovatelným rozdělením velikostí, z čehož vyplývá nanejvýš neostrý profil vlastností pěnového, resp. tvarového tělesa, a rovněž to přináší funkčně technické nejistoty.

35

Jiné lehké kovové těleso podle spisu EP 545 957 B1 a US 5 221 234 má množství uzavřených a izolovaných, všeobecně kulových pórů s velikostmi v rozsahu 10 až 500 mikrometrů. Takové malé póry s velkými rozdíly průměrů mohou sice propůjčit kovovému tělesu, vytvořenému s hliníkem, menší specifickou hmotnost ve srovnání s plným materiálem, ale při definovaných podmínkách zpravidla nejsou dosažitelné hodnoty, jako je hustota nižší než $1,0 \text{ g/cm}^3$ a stupeň pěchování vyšší než 60 % materiálu.

40

K výrobě různých tvarů lehkých těles, vytvořených z kovové pěny, je již navržen celý počet sekvence pracujících způsobů a zařízení (US 5 281 251, DE 43 26 982 C1) a/nebo nepřetržitě pracujících způsobů a zařízení (US 5 334 236, EP 544 291 A1, DE 43 26 982 C1, WO 91/03578), pomocí nichž jsou vyrobitelné zcela principiálně funkčně schopné předměty, avšak jejich mechanické vlastnosti nemohou být nastaveny s často vyžadovanou přesností.

50

US 4 973 358 popisuje způsob výroby kovu obsahujícího plynové bubliny, přičemž se do kapalného kovu, který obsahuje stabilizátory, zavádí pod jeho hladinu plyn pomocí rotujícího hřídele a vytváří se pěnový kov, který se ochlazuje pod teplotu tuhnutí a vytváří se pěnové těleso s mnoha buňkami. V tomto spisu se tedy popisuje způsob, podle kterého se vyrábí tuhý vypěněný kov mající mnoho uzavřených buněk, takže pro těleso z kovové pěny je charakteristické, že má uzavřené duté prostory.

55

WO 91/01 387 popisuje způsob výroby částicemi vyztuženého pěnového kovu, přičemž kontinuálně probíhající způsob sestává z kroků, že se vytváří tavenina se ztužovacím prostředkem, do

této taveniny se zavádí plyn, který vytváří bubliny, tavenina pění a kapalná kovová pěna se sbírá na hladině taveniny a nechává se ztuhnout za vytváření tělesa z pěnového kovu. Tento spis se tedy zabývá v první řadě výrobou vypěnitelných tavenin tím, že se do kapalného kovu vpravují ztužovací částice.

5

Podstata vynálezu

Vynález zde chce nabídnout pomoc od těchto nedostatků a klade si za cíl vytvořit způsob úvodem zmíněného typu k výrobě lehkých tvarových těles, pomocí něhož je vnitřní struktura tělesa vyrobitelná takovým způsobem, že materiál má v podstatě přesné mechanické charakteristické hodnoty.

Dalším cílem tohoto vynálezu je vytvořit tvarové těleso uvedeného typu, jehož konstrukce vykazuje dalekosáhle přesné deformační chování v závislosti na přivedeném, obzvláště vícerozměrovém tlakovém napětí.

Tohoto cíle podle vynálezu se dosahuje způsobem výroby lehkého tvarového tělesa, při němž se z kovové taveniny, obsahující částice, tvoří kovová pěna přiváděním plynu nebo směsi plynů do taveniny, přičemž se pěna alespoň částečně přivádí do kokily a její tekutá fáze se v kokile nechá ztuhnout, který podle vynálezu spočívá v tom, že se vyrábí kovová pěna, která je schopná téci, s monomodálním rozdělením rozměrů dutin tím, že se plyn přivádí alespoň jednou vyčnívající přírodní trubkou, která zasahuje do taveniny, kovová pěna se přivádí ve volně tekoucím stavu do licí formy nebo kokily a v ní se zhutňuje v podstatě pod všestranným tlakem, čímž se ohraničující stěnám z kovové taveniny obsahující částice, které uzavírají dutiny, udělují alespoň částečně rovinné oblasti a přitom se ohraničující stěny nechávají ztuhnout tím, že se z taveniny odvádí skupenské teplo tuhnutí.

Výhody dosažené tímto vynálezem spočívají v podstatě v tom, že monomodální rozdělení rozměrů dutin v kovové pění tvoří předpoklad pro chování materiálu při určitých napěťových stavech. Přitom je podílově maximální průměr dutin důležitý pro výšku meze pružnosti materiálu a pro snesitelné specifické plošné zatížení při působení tlakového napětí na díl.

Aby se v ohraničujících stěnách vytvořily alespoň částečně rovinné oblasti, je potřebné v podstatě všestranné, popřípadě nepatrné tlakové zatížení pěny, která je schopná téci, z čehož může vyplývat několik výhod. Obzvláště důležitá je však ta výhoda, že takto jsou ohraničující stěny a jejich uzlové oblasti v pěnovém materiálu příznivě nastaveny, resp. vytvarovány, na mechanické zatížení na tlak nebo na vzpěr. Tím je dosažitelné, aby při překročení definované meze napětí nastalo ohnutí stěn pěny, resp. zborcení pórů a absorbování energie s vysokými stupni deformace, resp. přechování při nepatrném zpevnění lehkého tělesa.

Jak pro monomodální rozdělení rozměrů dutin v úzkých mezích, tak pro přesné nastavení podílově maximálního průměru dutin v pěnovém materiálu, se ukázalo být obzvláště výhodné, když se vyrábí kovová pěna, která je schopná téci, s monomodálním rozdělením rozměrů dutin s jejich podílově maximálním délkovým rozměrem v rozsahu 1,0 až 30,0 mm.

Z výrobně technického hlediska, ale také vzhledem k jakosti výrobku, může být příznivé, když se zhutnění kovové pěny, která je schopná téci, provádí v kokile s vnitřními rozměry, které odpovídají požadovaným rozměrům tvarového tělesa.

50

Další úkol vynálezu, obzvláště vzhledem k požadovanému chování materiálu při mechanickém zatížení, se řeší tím, že u lehkého tvarového tělesa z kovové pěny, vytvořeného s ohraničujícími stěnami, sestávajícího se z kovové matrice, do níž jsou vloženy částice, přičemž ohraničující stěny obklopují množství v podstatě kulových a/nebo v podstatě elipsoidních dutin podle vynálezu kovová pěna tvarového tělesa vykazuje při prostorovém posuzování monomodální rozdělení

55

dutiny, přičemž podílově maximální délkové rozměry dutiny jsou v rozsahu 1,0 až 30,0 mm a při prostorovém posuzování kovové pěny je poměr maximálních délkových rozměrů dvou vždy rozdílných dutin u průměrného počtu alespoň 20 párů menší než 45, přednostně menší než 15, a zejména menší než 5.

5

Výhody takto vytvořeného lehkého tvarového tělesa z kovové pěny jsou v podstatě založeny na tom, že se tak, jak to již bylo výše náznakově vysvětleno, dosahuje vzhledem k uzlovému utvoření stěn plynových bublin pomocí monomodality příznivých poměrů. Při bimodálním, polymodálním nebo multimodálním rozdělení velikostí dutin se vyskytují ve stěnových uzlech většinou zesílení, popřípadě s malými a/nebo velice malými póry, jakož i lunkrové nedokonalosti, což jednak zvyšuje specifickou hmotnost pěnového tělesa a zvyšuje vynaložení kovu k jeho vytvoření, a jednak může rušit rozdělení silových složek, čímž není jednoznačně určitelný vzpěr stěnových ploch při zatížení.

10

15

Výhody dosahované podle vynálezu u účinku mechanismů působení při rozdělení složek tlakových sil se mohou zvýšit, když mají ohraničující stěny, které uzavírají dutiny, alespoň částečně rovinné oblasti.

20

Když tak, jak se dá dále v příznivém případě předpokládat, je při prostorovém posuzování kovové pěny poměr maximálních délkových rozměrů dvou vždy rozdílných dutin u průměrného počtu alespoň 20 párů menší než 45, jsou dosažitelné dalekosáhle úzké oblasti zatížení, v nichž začíná borcení dutin pěny.

25

Přitom se může dále zvýšit přesnost přechodu z pružné změny tvaru do plastického deformování materiálu v závislosti na tlakovém napětí, když je při prostorovém posuzování kovové pěny poměr maximálních délkových rozměrů dvou vždy rozdílných dutin u průměrného počtu alespoň 20 párů menší než 30, přednostně menší než 15, a zejména menší než 5. Tyto hodnoty se vztahují na vytvořené dutiny, přičemž se zanedbávají lunkry vzniklé ve tvarovém tělese při tunutí.

30

Právě tak důležité pro výrobu kovové pěny a pro chování tvarového tělesa při mechanickém zatížení je složení a struktura tekutého kovu a každé resp. všech ohraničujících stěn dutin.

35

Když jsou částice k vyztužení uloženy v kovové matici jako rovnoměrně rozdělené, je tak dáno vysoké a izotropní vyztužení základního kovu vzhledem k mechanickému zatížení. Přitom je také příznivé, když jsou vzájemně sousedící dutiny úplně od sebe odděleny kovovou maticí. Jednotlivé trhliny, které mohou vzniknout mechanickými napětími při ochlazování, nejsou při zatížení přechováním účinné.

40

Obzvláště lehká tvarová tělesa jsou jako taková vyrobitelná podle vynálezu, když kovová matrice sestává z lehkého kovu, přednostně z hliníku nebo hliníkové slitiny.

Když mají dále částice uložené v kovové matici velikost 1 až 50 mikrometrů, přednostně 3 až 20 mikrometrů, je dosažitelný obzvláště výhodný poměr hmotnosti k vlastnostem.

45

Jako vyztužení, resp. zesílení základního kovu pro jeho vypěnění a zpevnění, resp. pro konstrukci dělicích stěn bublin vyztužených na vzpěr, se ukázaly jako neočekávaně příznivé vměšky nekovových částic, přednostně částic SiC a/nebo Al₂O₃ a/nebo částice z mezimetalických fází.

50

Jako obzvláště výhodné se přitom ukázalo, když objemový podíl uložených částic v kovové matici činí 10 % objem. až 30 % objem., přednostně 15 % objem. až 30 % objem.

55

Příznivý poměr hmotnosti k vlastnostem lehkého tvarového tělesa typu podle vynálezu se může zvýšit, když hustota kovové pěny činí méně než 1,05 g/cm³, přednostně méně než 0,7 g/cm³, a zejména méně než 0,3 g/cm³.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude dále blíže osvětlen pomocí výkresů, na kterých jsou obrázky a diagramy, zhotovené při zkoušení materiálu, kde na obr. 1 jsou zobrazeny obrázky řezů u lehkého tvarového tělesa podle vynálezu, na obr. 2 je grafické zobrazení vztahu hustoty a napětí při pěchování tvarových těles, na obr. 3 je grafické zobrazení stupně pěchování v závislosti na pěchovacím napětí při pěchování tvarového tělesa, na obr. 4 jsou obrázky A, B, C řezů uzlových tvarů v stěně pěny, na obr. 5 jsou v půdoryse obrázky A, B, C řezů pěnových těles s rozdílnou prostorovou hustotou a na obr. 6 je grafické zobrazení střední místní hustoty u pěnového tělesa podle vynálezu a u srovnávacího pěnového tělesa.

Příklady provedení vynálezu

Na vyobrazení A a B obr. 1 je v řezu znázorněno vytvoření dutin ve tvarovém tělese podle vynálezu, které je z A1. Při monomodálním rozdělení rozměrů byly v tělese dle vyobrazení A zjištěny největší délkové rozměry dutin v oblasti mezi 20 a 12 mm, přičemž podílově maximální rozměr činil 17,2 mm. Ačkoliv bylo provedeno jenom asi 3,2% zhutnění kovové pěny schopné toku, jsou v ohraničujících stěnách, které uzavírají dutiny, vytvořeny zřetelně rovinné oblasti.

Z obr. 2 je patrná závislost pěchovacího napětí při pěchování tvarového tělesa na jeho hustotě. Při vývojových pracích bylo zjištěno, že monomodální rozdělení největšího délkového rozměru dutin, a rovněž jejich přibývajících rovnot, působí zužujícím způsobem na pásmo rozptylu této závislosti. Jinými slovy, když se v pěnovém tělese vyskytuje monomodální rozdělení dutin, a dutiny vykazují určitou velikost v úzkých mezích, tak je při působení tlakového napětí na něj začátek deformování, resp. borcení, pro tento materiál přesnou hodnotou. Tím je chování pěnového konstrukčního tělesa výhodným způsobem přesně vypočitatelné, resp. pro určité funkce lze stanovit, jak má být pěnový díl vytvořen, resp. jakou má mít strukturu.

Napětí v závislosti na deformaci při pěchování je pro srovnání zobrazeno na obr. 3 podle výsledků zkoušení tří tvarových těles. Struktura lehkých tvarových těles 1 a 2, s objemovou hustotou $0,091 \text{ g/cm}^3$ a $0,114 \text{ g/cm}^3$, byla podle vynálezu, srovnávací těleso 3 vykazovalo bimodální rozdělení rozměrů dutin, s koncentracemi materiálu v uzlech stěn pěny. Na pěchovacích křivkách těles 1 a 2 lze zjistit až ke stupni pěchování 70 % jejich velmi nepatrné zpevnění. Srovnávací těleso 3 ukazuje, až ke stupni pěchování asi 45 % zřetelné zpevnění materiálu, které se od této hodnoty ještě dále zvyšuje. To svědčí o účinku bimodálního rozdělení rozměrů dutin.

Na obr. 4 jsou znázorněny uzlové tvary stěny pěny u lehkých těles podle vyobrazených řezů.

Na vyobrazení A je zobrazeno vytvoření stěny s ostrými hranami mezi třemi dutinami. Takové uzly mají sklon k brzkému vytváření trhlin a lomů ve spojovací oblasti.

Z vyobrazení B je patrný zesílený stěnový uzel. Toto vytvoření uzlů vede ke zvýšené specifické hmotnosti a k nepříznivému vytvoření silových složek při pěchovacím zatížení tělesa.

Na vyobrazení C je znázorněn uzel se stěnovými díly, přičemž jak tloušťka stěn, tak hmota uzlu vzhledem k vysoké deformaci při pěchování je vytvořena s nepatrným zesílením tělesa při vysokých stupních pěchování.

Na obr. 5 jsou v půdoryse zobrazena tělesa z kovové pěny, vytvořená podle vynálezu, bez zhutnění, přičemž plyn byl vždy přiváděn s odlišnými oddělovacími parametry pro bubliny, pomocí vyčnívající přívodní trubky, zasahující do taveniny. Je zde patrné monomodální rozdělení příslušných rozměrů plynových bublin. Přitom má těleso podle vyobrazení A specifickou hmotnost $0,1 \text{ g/cm}^3$, tělesa podle vyobrazení B a C mají specifickou hmotnost $0,2 \text{ g/cm}^3$ a $0,4 \text{ g/cm}^3$.

K výpočtu hodnot místní hustoty (mapování hustoty) může být použito sad údajů počítačové tomografie. Proces zprůměrování k výpočtu místní hustoty dovoluje, určit materiálové rozdělení mezi zprůměrovanými objemy. Diagramy vypočítaných hodnot hustoty ze zkoušení mohou poskytnout informace o homogenitě lehkého tvarového tělesa.

Z obr. 6 je patrná relativní četnost střední místní hustoty ve tvarovém tělese podle vynálezu, zjištěná způsobem s využitím počítačové tomografie, která je označena číslem 1 a ve srovnávacím tělese je označena číslem 2. Střední místní hustota tělesa 1 má asi při $0,22 \text{ g/cm}^3$ úzké maximum četnosti, což dokazuje monomodální rozdělení rozměrů dutin a úzký rozsah podílově maximálního délkového rozměru dutin. Naproti tomu je multimodální srovnávací těleso vyznačeno širokým průběhem středních místních hodnot hustoty, vykazujícím zřetelné prolomení.

PATENTOVÉ NÁROKY

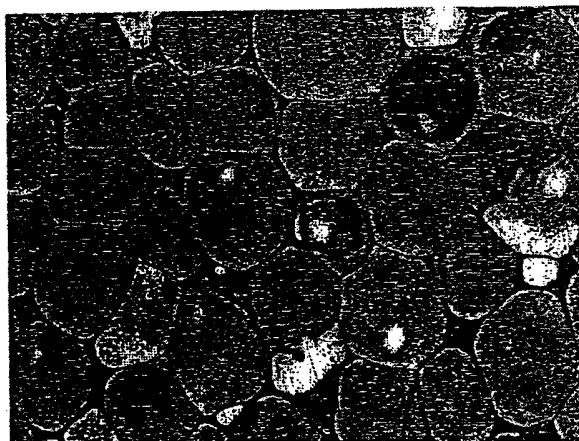
1. Způsob výroby lehkého tělesa, při němž se z kovové taveniny, obsahující částice, tvoří kovová pěna přiváděním plynu nebo směsi plynů do taveniny, přičemž se pěna alespoň částečně přivádí do kokily a její tekutá fáze se v kokile nechá ztuhnout, **vyznačující se tím**, že se vyrábí kovová pěna, která je schopná téci, s monomodálním rozdělením rozměrů dutin tím, že se plyn přivádí alespoň jednou vyčnívající přívodní trubkou, která zasahuje do taveniny, kovová pěna se přivádí ve volně tekoucím stavu do lící formy nebo kokily a v ní se zhutňuje v podstatě pod všestranným tlakem, čímž se ohraničujícími stěnám z kovové taveniny obsahující částice, které uzavírají dutiny, udělují alespoň částečně rovinné oblasti a přitom se ohraničující stěny nechávají ztuhnout tím, že se z taveniny odvádí skupenské teplo tuhnutí.

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že se vyrábí kovová pěna, která je schopná téci, s monomodálním rozdělením rozměrů dutin, s jejich podílově maximálním délkovým rozměrem v rozsahu 1,0 až 30,0 mm.

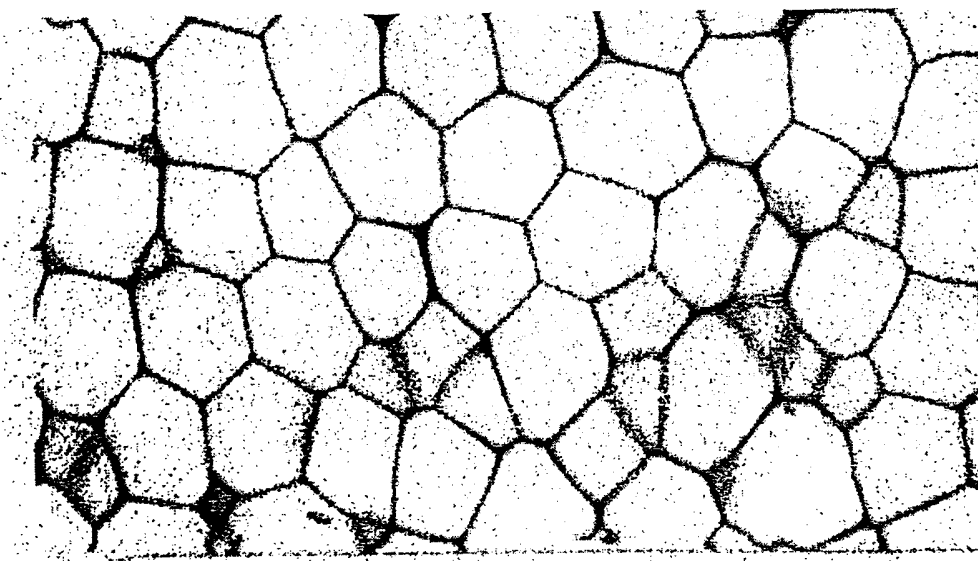
3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že se zhutnění kovové pěny, která je schopná téci, provádí v kokile s vnitřními rozměry, které odpovídají požadovaným rozměrům tvarového tělesa.

4. Lehké tvarové těleso z kovové pěny, vytvořené s ohraničujícími stěnami, sestávající se z kovové matrice, do níž jsou vloženy částice, přičemž ohraničující stěny uzavírají v podstatě kulové a/nebo v podstatě elipsoidní dutiny, vyrobené způsobem podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že kovová pěna tvarového tělesa vykazuje při prostorovém posuzování monomodální rozdělení dutin, přičemž podílově maximální délkové rozměry dutin jsou v rozsahu mezi 1,0 a 30,0 mm a při prostorovém posuzování kovové pěny je poměr maximálních délkových rozměrů dvou vždy rozdílných dutin u průměrného počtu alespoň 20 párů menší než 45, přednostně menší než 15 a zejména menší než 5.

5 výkresů

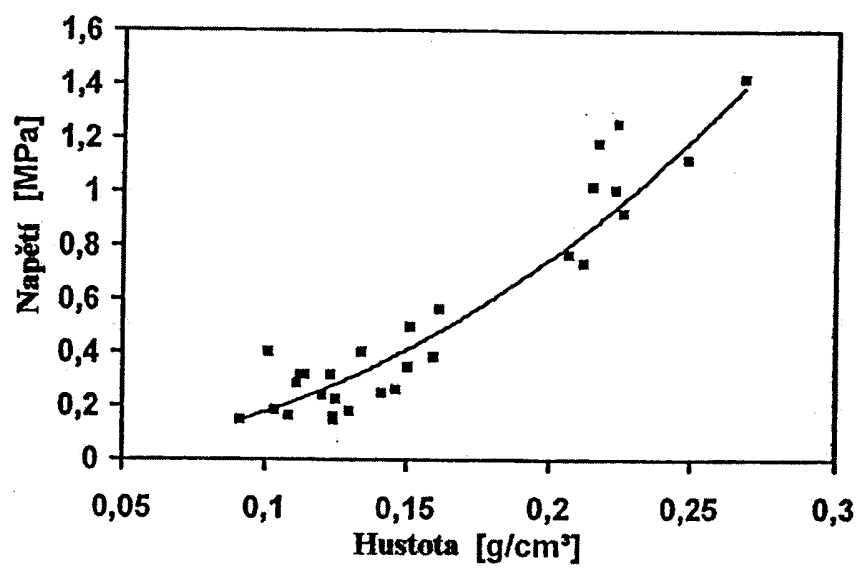


obrázek A

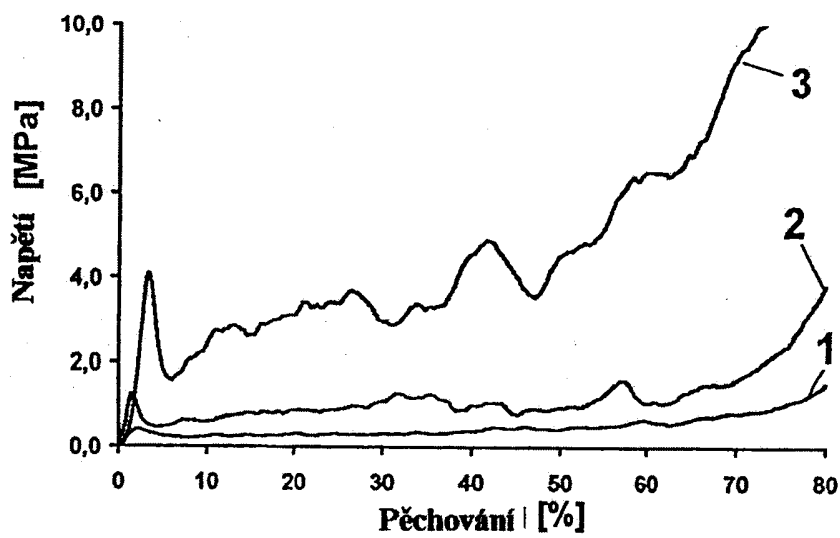


obrázek B

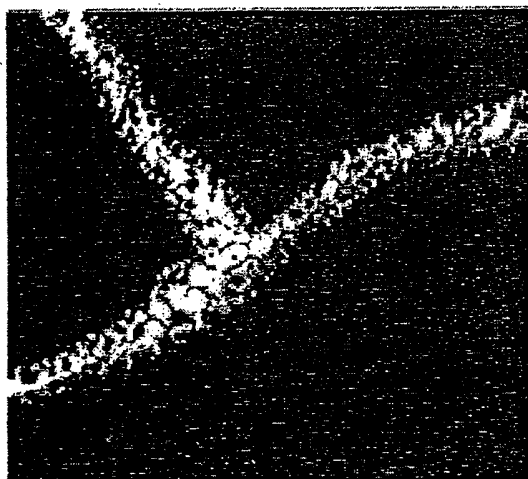
obr. 1



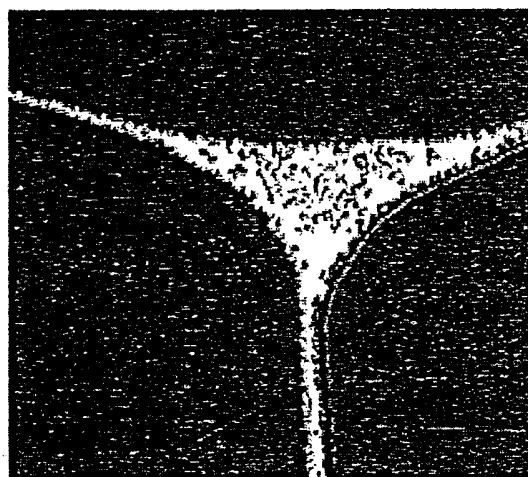
obr. 2



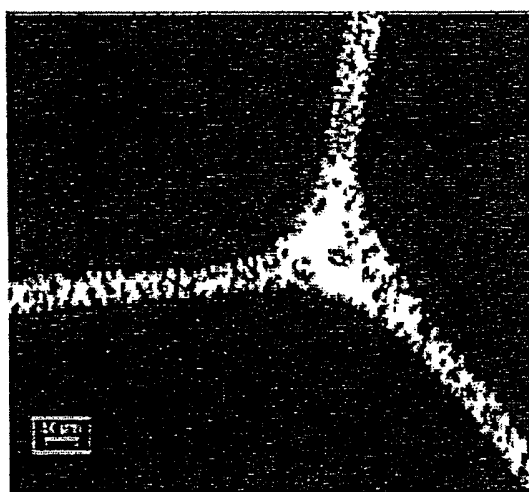
obr. 3



obrázek A

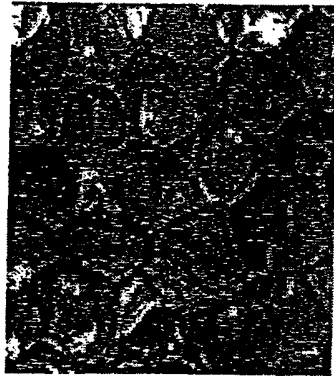


obrázek B



obrázek C

obr. 4



obrázek A

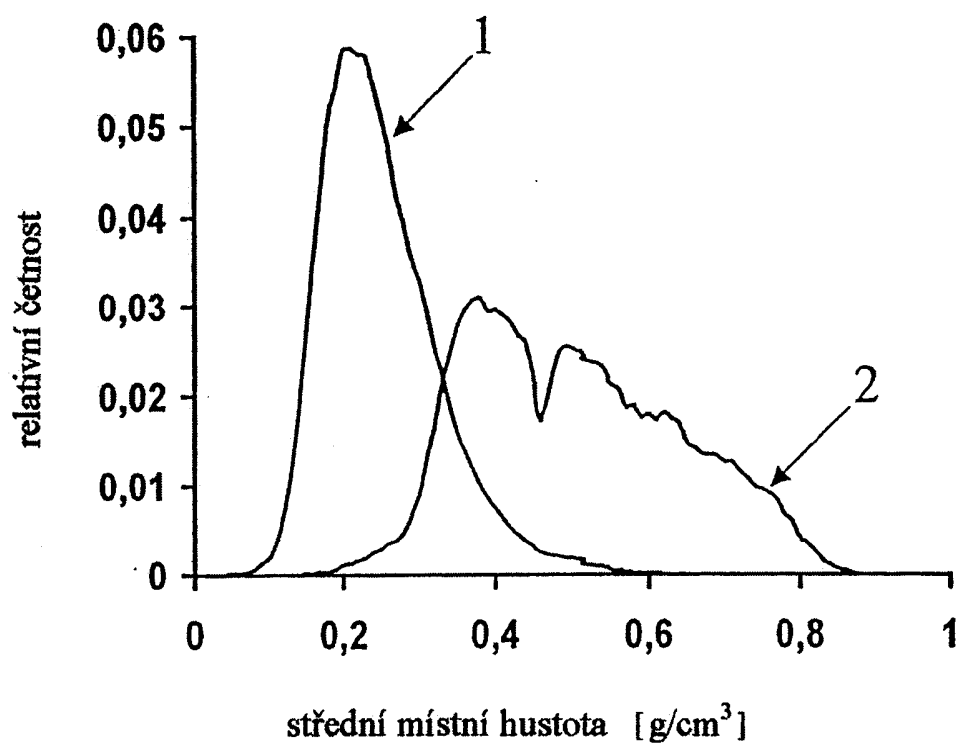


obrázek B



obrázek C

obr. 5



obr. 6

Konec dokumentu
