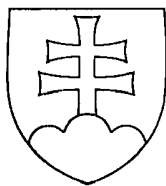


SLOVENSKÁ REPUBLIKA

(19) SK



ÚRAD
PRIEMYSELNÉHO
VLASTNÍCTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

**ZVEREJNENÁ PRIHLÁŠKA
VYNÁLEZU**

- (22) Dátum podania: 22.02.95
(31) Číslo prioritnej prihlášky: 08/221 374
(32) Dátum priority: 31.03.94
(33) Krajina priority: US
(43) Dátum zverejnenia: 08.05.1996
(86) Číslo PCT: PCT/US95/02185, 22.02.95

(21) Číslo dokumentu:

1497-95

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.⁶ :

**C 22C 21/00,
B 22D 21/00**

(71) Prihlasovateľ: BRUSH WELLMAN INC., Cleveland, OH, US;

(72) Pôvodca vynálezu: Marder James M., Shaker Heights, OH, US;
Haws Warren J., Cleveland, OH, US;

(54) Názov prihlášky vynálezu: **Hliníková zliatina, spôsob jej výroby a výrobky z tejto zliatiny**

(57) Anotácia:
Zliatina na báze hliníka obsahuje od 1 do 99 % hmotn. berýlia a vyrába sa tak, že po dodaní hliníkovej zložky v práškovej forme a berýlionej zložky v práškovej forme, sa obe zložky zmiešajú a nasleduje tavenie pri teplote blízko nad teplotou solidus hliníka. Pri tomto spôsobe nie je potrebné miešanie roztavených hliníkových-berýliových zliatin a šmykové namáhanie, nakoľko sa využívajú atomizované alebo mleté častice berýlia, zmiešané s tuhými časticami hliníka, alebo s tekutým hliníkom.

Hliníková zliatina, spôsob jej výroby a výrobky z tejto zliatiny

Oblasť techniky

Predložený vynález sa vzťahuje na zliatiny berýlia a hliníka. Bližšie, vynález opisuje spôsob prípravy zliatin hliníka, obsahujúcich berýlium a ich tvarovanie na užitočné konštrukčné výrobky.

Doterajší stav techniky

Zliatiny hliníka a berýlia sú v odbore známe. Napríklad Cooperov patent číslo 1,254.987 opisuje prídavok hliníka do berýlia na zlepšenie obrábateľnosti berýlia. V šesťdesiatych rokoch sa spojili spoločnosti Lockheed a Berylco s NASA na vývoj hliníkovej zliatiny s 62 %-ami (hmotnostnými) berýlia, ktorá sa nazvala "Lockalloy" a opisuje sa v patente 3,337.334. Lockalloy sa vyrábal v tvare plechov a zabudovával sa do podtrupovej kýlovej plochy experimentálneho lietadla YF12 (Duba, Program YF12 Lockalloyové podtrupové plochy, záverečná správa NASA CR-144971, 1976). Po zavedení zliatiny Lockalloy sa získalo množstvo údajov o valcovaných zliatinách, vyrobených z predzliatiny hliníka, ktorá mala 62 % berýlia. Pozri napríklad London, Alloys Composites, Beryllium Science and Technology, zväzok 2, Plenum Press, New York (1979).

V literatúre sa uvádzajú prídavky prvkov druhého a tretieho poriadku do hliníkových-berýliových zliatin. Známe sú prísady horčíka, kremíka, niklu alebo striebra na prípravu ternárnych alebo kvarternárnych zliatin hliníka s berýliom, ako ich opisuje McCarthyho patent číslo 3,664.889. Tieto zliatiny sa vyrábajú z rýchlo solidifikovaného zliatinového prášku, konsolidovaného a spracovaného bežným spôsobom. Ruská práca o ternárnych zliatinách a o zliatinách hliníka s berýliom vyššieho poriadku sa rôzne opisuje v : Molčanova

et al., Phase Equilibria in the Al - Be - Ni System at 600°C, Vestník Mosk. Univ.Chim., (ZSSR) Zv. 27(3), strany 266 - 271 (1986); Komarov et al, Increasing the Strength of Welded Joints in an Al - Be - Mg Alloy by Heat Treatment, Weld. Proc.(ZSSR), Zv. 26(1), strany 32 - 33 (1979); Kollachev et al., Constructional Alloys of Aluminum Beryllium and Magnesium, Metallovedenie Term. Obrabotky Metallov (ZSSR), Zv. 13, strany 196 - 249 (1980); Nagorskaya et al., Crystallization in Al - Be - Mg - Zn Quarternary System Alloys, Metallovedenie Term. Obrobotki Metallov (ZSSR), Zv. 9, strany 72 - 74 (1973).

Je známe, že pri výrobe zliatin bohatých na hliník sa pridávajú malé podiely berýlia na vytvorenie ochrannej oxidovej vrstvy. Tieto prídavky zabraňujú oxidácii hliníka a ďalších zložiek zliatiny počas tavby a odlievania. Napríklad možno uviesť, že Brush Wellman Inc., Elmore, Ohio, vyrába a odbytuje hliníkom bohaté predzliatiny, obsahujúce 10 % alebo menej berýlia, na ďalšie spracovanie u výrobcov hliníkových zliatin. Zvyšková úroveň obsahov berýlia v hliníkových výrobkoch nižších značiek je nižšia ako 0,01 %.

Najčerstvejší fázový diagram hliníka s berýliom poukazuje na jednoduché eutektikum bez vzniku tuhých roztokov na jednom alebo druhom konci diagramu. Tento fázový diagram je reprodukován na obrázku 1 v prílohe a je prevzatý z Murray, The Aluminum-Beryllium System, Phase Diagrams of Binary Beryllium Alloys, ASM International Monographs on Alloy Phase Diagrams, str. 9 (1987).

Brush Wellman Inc. z Elmore, Ohio, široko skúmal hliníkové zliatiny, obsahujúce od asi 10 do asi 75 % (hmotnostných) berýlia. Pozri D.Hashiguchi, A. Ashurst, F. Grensing, J. Marder, Aluminum Beryllium Alloys for Aerospace Application, konferencia European Space Agency Structural Materials Conference, Amsterdam (marec 1992). Výskum ukázal, že hliníková zliatina s asi 62 % (hmotnostných) berýlia má 70 % objemových berýlia, a zliatina s 50 % (hmotnostnými) berýlia má 59 % objemových percent berýlia. Tiež sa zistilo, že pre

hustotu a modul pružnosti zliatin v rámci tohto systému vyhovuje zmiešavacie pravidlo, t. zn. všeobecne je možná interpolácia týchto vlastností zliatin v rozsahu od čistého berýlia po čistý hliník.

Výsledky štúdií v zariadeniach Brush Wellman v Elmore tiež ukázali, že sa môžu vyrábať aj veľké odlievané ingoty aj jemné predzliatinové atomizované práškové častice s mikroštruktúrami, ktoré vykazujú kompozitný charakter, pozostávajúci z berýlia v hliníkovej matrici. Brush Wellman, Cleveland, Ohio v súčasnosti uplatňuje tieto zliatiny na trhu ako extrudáty a výlisky z plechu pod obchodným označením AlBeMetTM.

Všetky v súčasnosti známe spôsoby výroby zliatin, založených na hliníku a obsahujúce berýlium vyžadujú úplné roztavenie oboch východiskových materiálov, hliníka aj berýlia. Všeobecne sa násady kovového hliníka a kovového berýlia prevedú do tekutého stavu v komore so žiaruvzdornou vymurovkou, vo vákuu a pri teplote značne vyšej ako 1280 °C, čo je teplota topenia berýlia. Takáto tavenina sa zvyčajne potom odlieva do ingotu, alebo sa atomizuje pomocou inertného plynu na prášok predzliatiny. Tieto vysokoteplotné hutnícke postupy sú finančne pomerne náročné a v odbore sa považuje za potrebné mať spôsoby s nižšími teplotami a tiež také, ktoré na konečnú úpravu tvaru výrobkov vyžadujú menej obrábania, čím sa dosiahne zodpovedajúce zníženie odpadu.

Napríklad, AlBeMetTM sa u Brush Wellman Inc. ďalej spracoval na užitočné súčiastky dvoma alternatívnymi spôsobmi. Oba spôsoby vyžadujú vákuové tavenie hliníkových a berýliových východiskových materiálov v žiaruvzdornom téglíku s keramickou výstielkou pri teplotách, typicky v rozmedzí medzi asi 1350 °C do asi 1450 °C. V prvom alternatívnom spôsobe, roztopená hliníkovo - berýliová tavenina sa leje žiaruvzdornou tryskou tak, aby tavenina vytvorila prúd, ktorý sa zachytí vysokorýchlostným prúdom inertného plynu. Prúd plynu s veľkou rýchlosťou rozstrekuje prúd taveniny na jemné zrnká, ktoré tuhnú na prášok predzliatiny. Jednotlivé zrná,

ktoré tvoria prášok predzliatiny, majú veľmi jemnú dendritickú mikroštruktúru, obsahujúcu fázu berýlia v hliníkovej matrici zliatiny. Prášok predzliatiny sa potom konsoliduje izostatickým lisovaním pri teplote miestnosti alebo vytlačáním za vzniku pomerne hrubého tvaru, ktorý sa potom môže opracovať na použiteľný výrobok.

Druhá alternatíva spracovania AlBeMetTM-u na súčiastky je bežné odlievanie ingotov až do priemeru asi 150 mm (6 palcov), kedy sa roztavený hliník s berýliom leje do dutiny grafitovej formy a chladne na tuhý ingot. Mikroštruktúru týchto odliatkov tvorí pomerne hrubá dendritická berýliová fáza v matrici hliníkovej zliatiny. Povrch odliatku a horná "horúca hlava" sa odstráni a ingot sa ďalej spracuje valcovaním, vytlačáním alebo obrobením do konečného tvaru výrobku.

Tieto alternatívy sú pomerne drahé a na získanie konečného tvaru sa vyžadujú lacnejšie postupy.

Zvyčajné spracovanie v polotuhom stave alebo t.zv. tixo-tvarovanie (thixo-forming) kovov je výrobný spôsob, ktorý využíva výhodnú nízku zdanlivú viskozitu, dosiahnuteľnú nepretržitým a silným miešaním počas chladenia teplom roztavených kovov (Brown et al., Net-Shape Forming via Semi-Solid Processing, Advanced Materials & Processes, Jan. 1993, strany 327 - 338). V súčasnosti sa používajú rôzne názvy tohto spôsobu spracovania v polotuhom stave ako sú reo-odlievanie (rheo-casting), suspenzné odlievanie (slurry-casting), tixo-kovanie (thixo-forging) a kovanie v polotuhom stave (semi-solid forging). Každý z týchto názvov zahŕňa odlišnosti v postupe pri spracovaní v polotuhom stave, alebo v druhu použitého zariadenia.

Spracovanie v polotuhom stave všeobecne začína prvým ohrevom kovu alebo kovov na ich teplotu likvidu, čím vznikne roztavený kov alebo zliatina. V odbore sú známe a používané rôzne spôsoby, ako dosiahnuť v roztavenom kove šmykové namáhania počas ich pomalého ochladzovania za vzniku in situ ekvixiálnych častíc, dispergovaných v objeme taveniny. V tom-

to stave sa kov označuje ako tixotropný, alebo že je v stave polotuhej disperzie. Tixotropné disperzie sa vyznačujú nedendritickou mikroštruktúrou a môže sa s nimi pomerne ľahko narábať aj v zariadeniach na hromadnú výrobu, čo umožňuje automatizáciu a dôkladnú kontrolu aj pri zvýšenej výrobnosti odliatkov (Kenney et al., Semisolid Metal Casting and Forging, Metals Handbook, 9th Ed., 1988, Vol.15, strany 327 - 338).

Nedendritickú štruktúru kovových disperzií v polotuhom stave opísal Flemings v US patente č. 3,902.544. V tomto patente zverejnený spôsob je predstaviteľom stavu v oblasti, ktorý sa sústreďuje na silnú konvekciu počas pomalého chladnutia tak, aby sa dosiahla disperzia ekviaxiálnych častíc, ktorá vedie k nedendritickej mikroštruktúre (Flemings, M.C., Behavior of Metal Alloys in the Semisolid State, Metallurgical Transactions, 1991, Vol. 22A, strany 957 - 981).

Pred týmto zverejnením sa publikovaný výskum sústreďoval na hľadanie a pochopenie úlohy veľkosti síl, ktoré pôsobia pri deformácii a trieštení dendritických štruktúr pri použití vysokoteplotného namáhania v šmyku. Zistilo sa, že polotuhé zliatiny majú viskozitu, ktorá vzrástla na niekoľko desiatok až niekoľko sto Pa.s (na niekoľko sto až tisícky Poiso), v závislosti od hodnoty deformačnej rýchlosti (Kenney et al., Semisolid Metal Casting and Forging, Metals Handbook, 9th Ed., 1988, Vol. 15, strana 327), a že viskozita polotuhej suspenzie, meraná v priebehu nepretržitého chladnutia silne závisí od vyvolaného šmykového namáhania. Meraná viskozita sa znižovala so zvyšujúcim sa šmykovým namáhaním (Flemings, M.C., Behavior of Metal Alloys in the Semi-Solid State, ASM News, Sept. 1991, strany 4 - 5).

Tak sa aj následné komerčné využitia sústredili na vývoj rôznych spôsobov miešania tekutých kovov pred, alebo v podstate súčasne s tvarovaním do formy, aby sa dosiahla približne sféroidná alebo jemne-zrnitá mikroštruktúra polotuhej suspenzie. Vyvinuli sa dva hlavné prístupy procesu tvarovania - (1) reo-liatie (rheo-casting), pri ktorom sa

suspenzia pripravuje v samostatnom miesiči a dopravuje sa do formy; a (2) polotuhé kovanie (semi-solid forging), pri ktorom sa odleje predvalok do formy, vybavenej miešaním, čím vzniká sféroidná mikroštruktúra priamo vo forme.

Winterov patent číslo 4,229.210 napríklad zverejňuje spôsob vyvolania turbulentného pohybu v chladnúcich kovoch účinkom elektrodynamických síl pri použití osobitného miesiča, zatiaľ čo Winterove patenty čísla 4,434.837 a 4,457.355 zverejňujú formy, vybavené magnetohydrodynamickým miešaním.

Sú vyvinuté rôzne spôsoby miešania alebo miesenia, ktoré vyvolávajú v chladnúcich kovoch šmykové namáhania a tak umožňujú vznik polotuhej disperzie. Napríklad Youngov patent číslo 4,482.012, Dantzigov patent číslo 4,607.682 a Ashokov Patent číslo 4,642.146 opisujú zariadenie na elektromagnetické miešanie s cieľom vyvolať v tekutých kovoch potrebné šmykové namáhanie. Vyvolanie vyžadovaného šmykového namáhania miesením sa opisuje v Kenney-ho patente číslo 4,471.818, v Gabathulerovom patente číslo 5,186,236 a v Colotovom patente číslo 4,510.987.

Využitie doteraz známeho spracovania technológiou polotuhej disperzie pri zliatinách hliníka, obsahujúcich berýlium, je obtiažne, nakoľko v predzliatinách prítomné dendritické štruktúry vyžadujú mimoriadne vysokoteplotné tixotropné spracovanie za vákua. Uvedené teploty musia byť vyššie ako je teplota topenia berýlia (1280 °C).

Tento vynález opisuje riešenia hore opísaných problémov pri výrobe zliatin hliníka, obsahujúcich berýlium, a ďalej zverejňuje zlepšenie pri spracovaní kovových zliatin technikou polotuhej disperzie.

Podstata vynálezu

Podľa uvedeného sú predmetom tohto vynálezu použiteľné zliatiny hliníka, obsahujúce prísady berýlia v rozsahu od 1 do 99 % hmotnostných berýlia, pripravované upraveným spôsobom spracovania polotuhých disperzií.

Predmetom tohto vynálezu sú tiež použiteľné zliatiny založené na hliníku s prísadami berýlia, výhodne v rozsahu od 5 do 80 % hmotnostných, pripravované upraveným spôsobom spracovania polotuhých disperzií.

Ďalším predmetom tohto vynálezu je spôsob spracovania polotuhých disperzií, ktorý nevyžaduje zahrievanie na mimoriadne vysoké teploty nad krivku likvidus, nevyhnutné pre určité kovy ako je berýlium.

Ďalším predmetom vynálezu je spôsob spracovania na takmer čistý tvar výrobku z hliníkových-berýliových zliatin, ktorý nevyžaduje vysokoteplotné vákuové tavenie.

Ďalší predmet tohto vynálezu je spôsob spracovania na takmer čistý tvar výrobku z hliníkových - berýliových zliatin pri nízkej teplote, využívajúci vytvorenie ochrannej vrstvy nereaktívneho plynu nad vsádzkou na ochranu berýliovej fázy voči škodlivej oxidácii.

Ďalší predmet tohto vynálezu je spôsob spracovania polotuhých disperzií, ktorý nevyžaduje pôsobenie šmykového namáhania.

Ďalší predmet tohto vynálezu je upravené spracovanie polotuhej disperzie hliníkových zliatin s obsahmi od 5 do 80 % hmotnostných rozpráškovaného berýlia, čo vylučuje potrebu spracovania technikou úplného roztopenia kovov.

Ďalší predmet tohto vynálezu je spôsob, ktorým sa môže vytvarovať presný, čistý tvar hliníkovej súčiastky, ktorá obsahuje významné podiely berýlia.

Ďalší predmet tohto vynálezu je spôsob výroby presných častí zo zliatin založených na hliníku, obsahujúcich berýlium v rozmedzí od 5 % do 80 % hmotnostných.

Tento vynález zahŕňa spôsoby, ktoré poskytujú použiteľné zliatiny hliníka, obsahujúce berýlium, a spôsob získania čistého tvaru hliníkových - berýliových súčastí, ktoré obsahujú významné podiely berýlia. Výraz "čistý tvar", ako sa tu používa v rom zmysle, že opisuje súčiastky, ktoré majú tvar veľmi blízky konečnému tvaru, t.zn. použije sa presné

liatie, ktoré potom vyžaduje len veľmi málo obrábania pred uvedením výrobku do používania.

Toto zverejnenie opisuje nové využitie tuhých berýliových častíc, rozptýlených v tekutom alebo práškovom hliníku na výrobu berýlium obsahujúcich zliatin hliníka, čo umožňuje spracovanie týchto berýlium obsahujúcich zliatin spôsobom polotuhej dispezie. V tomto opise nárokované zlatiny majú hustoty nižšie ako ostatné známe hliníkové zliatiny a moduly pružnosti smerujúce k modulu pružnosti berýlia, pričom sa modul zvyšuje so zvyšujúcim sa podielom berýlia v zliatine. Moduly vyhovujú lineárnej kombinácii modulu hliníka 69 GPa (10 miliónov psi) s modulom berýlia 305 GPa (44 miliónov psi). Posledne uvedené je konzistentné s konceptom zmiešavacieho pravidla na predpovedanie vlastností hliníkovo - berýliových zliatin, diskutovaným vyššie.

Súčasnú zliatinu sa môžu vyrobiť bežnou hutníckou technikou - odliatím ingotov, alebo známou technikou atomizácie. Ale tu opísaný spôsob umožňuje lepšie spájať hliník, buď roztavený alebo v tuhej forme, s tuhými časticami berýlia pri výrazne nižších teplotách. Prísada tuhých častíc berýlia na vznik vyžadovanej zmesi a vhodné rozptýlenie v roztavenom alebo v tuhom práškovom hliníku pri určitých nízkych teplotách sa opisuje a nárokuje výhradne v tomto zverejnení. Nasledujúca tabuľka uvádza prehľad vlastností rôznych berýlium obsahujúcich hliníkových zliatin, vyrobených v zhode s týmto vynálezom.

T a b u ľ k a I

Porovnanie vlastností hliníkových zliatín obsahujúcich berýlium

Be (hmotn.%)	Hustota ($\text{kg.m}^{-3} \cdot 10^3$)	Modul (GPa)	E/Rho ($\text{mm} \cdot 10^6$)	koef. tepl. roz. ($\text{m/m}/^\circ\text{C} \cdot 10^{-6}$)
0	2,699	69	2606	24
5	2,643	86	3314	23
10	2,588	101	4020	22
15	2,532	117	4729	21
20	2,476	132	5436	20
25	2,421	146	6144	20
30	2,393	159	6850	19
35	2,337	173	7559	18
40	2,282	185	8265	18
45	2,254	197	8974	17
50	2,198	208	9680	16
62	2,115	234	11379	15
70	2,059	250	12510	14
80	1,976	269	13924	13
90	1,920	286	15339	12
100	1,156	304	16756	11,5

Pretože východiskový materiál je zmesou dvoch práškov a nie je tu zrejma tendencia vzájomného oddelovania sa práškov počas ich spracovania, môžu sa v zhode s týmto vynálezom pripraviť zliatinové kompozície od 1 % do 99 % berýlia, zvyšok je hliník.

Spotrebiteľský trh vyžaduje hliníkové zliatiny najmä s vyšším modulom pružnosti a s nízkou hustotou. Ako je uvedené v Tabuľke I, dosiahli sa plynulé zmeny vlastností od vlastností samotného hliníka na jednej strane až po vlastnosti berýlia na strane druhej. Napríklad 5 %-ný prídavok berýlia k hliníku spôsobuje asi 25 %-né zvýšenie modulu pri takmer rovnakej hustote v porovnaní so základnou hliníkovou zliatinou. To znamená že sa v zhode s teraz zverejneným spôsobom môže dosiahnuť najmenej 25 %-né zvýšenie modulu s minimálnym 5 %-ným prídavkom berýlia k zliatine, založenej na hliníku.

V jednom z uskutočnení tohto vynálezu sa sféroidný prá-

šok berýlia mieša s hliníkovým práškom, hliníkovými stružličkami alebo s hliníkom v inej jemne disperznej forme. Prášok sféroidného berýlia sa vyrobil výhodne spôsobom atomizácie roztaveného berýlia.

V ďalších príkladoch sa na prípravu sféroidného prášku berýlia využila tiež technika atomizácie v inertnom plyne, ktorá je odborníkom dostatočne známa. V tomto znaku vynálezu polotuhého spracovania sa uprednostňuje použitie atomizovaného berýlia, nakoľko častice guľového tvaru zlepšujú tokové vlastnosti počas tvarovania a spôsobujú tiež menšiu eróziu povrchov použitých zariadení.

Ďalšie spôsoby prípravy berýliového prášku sa opisujú v Stonehouse et al., *Distribution of Impurity Phases, Beryllium Science & Tech.*, 1979, Vol. 1, strany 182 - 184, čo je tu zahrnuté odkazom. Použiteľné je aj mleté berýlium v spojení s, alebo ako alternatíva k prášku sféroidných častíc berýlia. Mleté berýlium sa bežne vyrába trieštivým mletím spôsobom ako je spôsob Coldstream, ktorý je dobre známy odborníkom v tejto oblasti. Tieto a ďalšie základné spôsoby zdobňovania berýliového prášku, ktoré sú použiteľné v praxi aj pri tomto vynáleze, sú dostupné v odbornej literatúre, ako je Marder et al., *P/M Lightweight Metals, Metals Handbook, 9th Ed.*, 1984, Vol. 7, strany 755 - 763; Stonehouse A.J., a Marder J.M., *Beryllium, ASM International Metals Handbook, 10th Ed.*, 1990, Vol. 2, strany 683 - 687; a Ferrera et al., *Rocky Flats Beryllium Powder Production, United Kingdom Atomic Energy Authority Memorandum*, 1984, Vol. 2, JOWOG 22/M20, ktoré sú tu všetky zahrnuté odkazm. Vo všetkých prípadoch pochádzal východiskový berýliový materiál, použitý pri výskumoch spojených s horeuvedenými publikáciami, od Brush Wellman Inc., Ohio.

Komerčné prášky čistého hliníka a hliníkových zliatin sú dostupné zo zdrojov ako je Valimet Co. of Stockton, California. Určité zliatiny založené na hliníku, zodpovedajúce spracovaniu podľa súčasných spôsobov, zahŕňujú zliatiny od American Society for Metals, Aluminum Alloy čísla 1100,

1300, 2024, 5056, 6061, A356, a A357. Ich zloženie je tabeľované v H.Boyer & T.Gail, Eds., Aluminum Alloys, ASM International Metals Handbook, Desk Edition, 1985, tabuľka 2, strany 6 - 24 a 6- 25, a tabuľka 3, strany 6 - 55; všetky tieto strany sú tu zahrnuté odkazom.

Vo výhodnom uskutočnení sa zmes prášku sféroidného berýlia a hliníkových stružlín zahrieva na teplotu, pri ktorej sa topí iba hliníková zložka zmesi (typicky vyše 640 °C), čím vzniká suspenzia berýliových čiastočiek v tekutom hliníku. Tak sa získa polotuhá disperzia hliníka a berýlia bez zvýšenia teploty na extrémne hodnoty a získa sa nedendritická berýliová fáza mikroštruktúry bez toho, aby bolo potrebné do roztopeného kovu zaviesť vonkajšie šmykové sily. Tento postup bol tiež úspešný pri použití ochrannej atmosféry nad povrchom kovu, ako je prostredie vákua alebo nereaktívneho plynu ako je argón, dusík alebo hélium.

Obrázok 2 je mikrofotografia, znázorňujúca vyžadovanú nedendritickú mikroštruktúru hliníkovej-berýliovej zliatiny, vyrobenej horúcim lisovaním hliníkoveho prášku a ekviaxiálneho berýliového prášku za vákua pri 704 °C v zhode s predloženým spôsobom. Zliatiny, ktoré majú štruktúru znázornenú na obrázku 2 sú použiteľné na priame strojárenské aplikácie ako je solidifikácia priamo na prípravu súčiastok, alebo sa môžu podrobiť bežným spracovateľským kovohutníckym postupom, ako sú valcovanie, kovanie alebo vytlačanie.

Zliatiny so štruktúrou znázornenou na obrázku 2 môžu slúžiť tiež ako prekurzory polotuhého spracovania disperzie na čisté tvary výrobkov. Obrázok 3 je mikrofotografia, znázorňujúca vyžadovanú štruktúru po upravenom polotuhom spracovaní disperzie hliníkovej - berýliovej zliatiny. Mikroštruktúra je podobná mikroštruktúre uvedenej na obrázku 2. Uvedený upravený postup polotuhého spracovania disperzie nevyžaduje nijaké šmykové namáhanie, ako je miešanie tekutej zliatiny pred jej tuhnutím. Tixotropné zmesi so štruktúrami podobnými mikroštruktúre znázornenej na obrázku 3 sa stretávajú alebo odlievajú za použitia vhodne upraveného vytlača-

cieho alebo odlievacieho zariadenia a formy. Typicky sa takýto postup vykonáva v zariadeniach podobných zariadeniam, používaným na injekčné vstrekovanie plastov.

Zvyčajné spracovanie v polotuhom stave sa rozdeľuje na dve hlavné časti: (1) na stupeň prípravy suroviny, ktorý je nevyhnutný, aby vznikla vhodná východisková mikroštruktúra a (2) na stupeň tvarovania v polotuhom stave. Na rozdiel od už známych postupov spracovania v polotuhom stave, teraz predkladaný spôsob nevyžaduje osobitný stupeň prípravy suroviny, pretože sa vhodná mikroštruktúra dosahuje ihneď a samočinne tým, že sa vychádza z dvoch práškových zložiek, zahriatých nad teplotu solidus iba jednej zo zložiek.

Rozpustnosť berýlia v hliníku, alebo hliníka v berýliu v koncových častiach tejto binárnej sústavy je veľmi nízka. Preto teplota spracovania materiálu na tixotropné tvarovanie podľa teraz nárokovaného spôsobu polotuhého spracovania ostáva nižšia ako je teplota likvidus hliníkovej - berýliovej zliatiny. Možno tak použiť zariadenie, vyrobené ako menej zložité a z pomerne nie drahých konštrukčných materiálov, ktoré nemusia byť odolné extrémnym teplotám, potrebným na tavenie berýlia (vyše 1280 °C). Zvolená teplota spracovania závisí od vyžadovaného objemového zlomku tuhého materiálu v disperzii. Celkový podiel tuhej fázy, prítomnej v disperzii, je tvorený podielom pridaného tuhého berýlia spolu s podielom (ak vôbec je prítomný) z čiastočne roztavenej hliníkovej zložky. Tieto inovované prístupy umožňujú spracovanie polotuhým spôsobom na čisté tvary z hliníkových - berýliových zliatin pri nižších teplotách, ako sú teploty typické pri hliníkových výrobkoch.

Sú všeobecne známe dva spôsoby tvarovania v polotuhom stave: (1) tixotropné kovanie, pri ktorom sa obrobok zliatiny tvaruje vtláčaním do uzavretej zápustky, alebo priechodom do dutiny formy účinkom piesta; (2) tixotropné odlievanie, pri ktorom sa polotuhý kov dopravuje do dutiny formy jej otáčaním. Obidva uvedené spôsoby sú použiteľné aj v tomto vynáleze, ako sa uvádza v ďalej uvedených príkladoch.

Prehľad obrázkov na výkresoch

Obrázok 1 je v súčasnosti uznávaný fázový diagram sústavy hliník - berýlium.

Obrázok 2 je mikrofotografia, znázorňujúca ekviaxiálnu morfológiu berýliovej fázy hliníkovej - berýliovej zliatiny, vyrobenej zhodne so súčasným postupom.

Obrázok 3 je mikrofotografia, znázorňujúca zachovanie ekviaxiálnej morfológie berýlia po upravenom spracovaní polotuhej disperzie hliníkovej - berýliovej zliatiny, ktorej štruktúra je podobná štruktúra z obrázku 2.

Obrázok 4 znázorňuje zostavu čítacích a záznamových hláv, zhotovenú z teraz zverejňovanej zliatiny hliníka a berýlia.

Obrázok 5 znázorňuje čistý tvar vystavovacieho mechanizmu zo zostavy na obrázku 4. Sily, pôsobiace na rameno sú tu znázornené šípkami.

Príklady uskutočnenia vynálezu

Ďalej uvedené príklady sa viedli v smere pripraviť čisté tvary výrobkov z uvedených hliníkových zliatin s prídavkami berýlia. Hliníkové - berýliové zliatiny sa vyrobili z polotuhého stavu v takmer čistom tvare výrobkov použitím in situ tuhnutia, alebo zápusťkového kovania. Podľa uvedených príkladov je zrejmé, že tixotropné tvarovanie zliatiny, založenej na hliníku s prídavkami tuhého berýlia, je uskutočniteľné bez pôsobenia šmykového namáhania zvonku.

Pred začatím pokusov sa nainštalovali všetky zariadenia na ochranu ovzdušia a zdravia, bezpečnostné zariadenia, vrátane doplnkového vetracieho systému HEPAVAC. Počas pokusov a na konci čistiaceho zariadenia sa periodicky kontrolovala čistota vzduchu meraním počtu častíc. Všetci zúčastnení boli počas pokusov vybavení vhodnými maskami na filtráciu vzduchu a vhodnými odevmi. Ďalšie podrobnosti o bezpečnosti práce sú dostupné od Brush Wellman Inc., Cleveland, Ohio.

Tixotropné liatie, ThixomoldingTM, je lejársky spôsob polotuhého odlievania, vyvinutý spoločnosťou Thixomat Corporation, Ann Arbor, Michigan, pod licenciou patentov US čísla 4,694.881, 4,694.882 a 5,040.589, všetky patriace spoločnosti Dow Chemical Company, Midland, Michigan. Patenty čísla 4,694.881, 4,494.882 a 5,040.589 zverejňujú spôsob a zariadenie na injekčné vstrekovanie kovových zliatin a sú tu zahrnuté odkazom. Ako je uvedené v časti Pozadie vynálezu, súčasný stav v odbore, vrátane prínosu uvedených troch patentov, vyžaduje prídavné šmykové namáhanie do v podstate ztekutých kovov, aby vznikla nevyhnutná nedendritická mikroštruktúra. Zariadenie na spracovanie spôsobom ThixomoldingTM sa v ďalej uvedených pokusoch upravilo, ale tie časti spôsobu ThixomoldingTM, ktoré na vznik nedendritickej mikroštruktúry vyžadujú vyvolávanie šmykového namáhania v tekutých kovoch sa nepoužili.

Príklad 1

Východiskové materiály na spôsob spracovania Al-Be zliatin v polotuhom stave

Na vytvorenie tekutej fázy na prípravu uvedených hliníkových - berýliových zliatin sa môžu použiť na hliníku založené zliatiny, iné ako komerčne čistý hliník. Na upravený tixotropný spôsob podľa tohto vynálezu sa môžu použiť na hliníku založené zliatiny tiež ako prekurzor. Zliatiny hliníka sa vyberali vzhľadom na ich kompatibilitu s berýliom. Táto kompatibilita sa všeobecne charakterizuje ako neprítomnosť prvkov, ktoré by mohli s berýliom vytvárať slabé, krehké alebo iné škodlivé intermetalické zlúčeniny pri pomerne nízkych teplotách, užívaných pre spracovanie v polotuhom stave.

Uvedenému kritériu vyhovuje viacero zliatin, zahrnujúc hliníkovú zliatinu označenú spoločnosťou American Society for Metals ako Aluminum Alloy No. 1100, 1300, 2024, 5056, 6061, A356 a A357 (H. Boyer et al., Eds., Aluminum Alloys,

ASM Int l Metals Handbook, Desk. Ed., 1985, strany 6-24, 6-25 a 6-55). Zloženie týchto zliatin je v dole uvedenej Tabuľke II.

T a b u ľ k a II

Nominálne zloženie vybraných hliníkových zliatin

Zliatina AA č.	Si	Prvok Mg	Cu	Cr
1100	-	-	0,12	-
6061	0,6	1,0	0,3	0,2
5056	-	5,0	-	0,1
1350	-	-	-	-
A356	7,0	0,3	-	-
A357	7,0	0,5	-	-

Napríklad sa zmieša prášková hliníková zliatina č. 6061 (dostupná od Reynolds Aluminum Co., Louisville, Kentucky) s ekviaxiálnym práškom berýlia (nárazovým mletím pripravený berýliový prášok od Brush Wellman Inc., Elmore, Ohio). Výsledná zmes sa potom izostaticky lisuje pri teplote nad teplotou solidus zliatiny č. 6061 (asi 645 °C), ale dostatočne nízko pod teplotou topenia berýlia.

Výsledný materiál slúži, napríklad, ako vstup pre upravený spôsob ThixomoldingTM na výrobu presných súčastí. Použité teploty spracovania pre uvedený východiskový materiál sú medzi 645 °C a 700 °C, aby sa taval len hliník. Ako ukazuje Tabuľka II, hliníková zliatina č. 6061 obsahuje horčík, meď a chróm. Každý z nich vytvára s berýliom škodlivé intermetalické zlúčeniny, ak sa zmes spracúva pri vysokých teplotách, vyžadovaných pri doterajších spôsoboch s celkom roztavenou kovovou vsádzkou (A. Ashurst, Structure and Properties of I/M AlBe Alloys, Presented at ASM-Sponsored Aeromat, máj 1991, Long Beach, California). V spôsobe podľa tohto vynálezu pomerne nízke teploty spracovania na získanie tekutej fázy bohatej hliníkom zabraňujú vzniku uvedených škodlivých zlúčenín a dovoľujú oveľa širšie zlievárenské možnosti.

Príklad 2

Príprava prekursorov na bežné spracovanie

Upravený spôsob polotuhého spracovania podľa tohto vynálezu sa môže použiť na výrobu prekursorových materiálov pre následné bežné metalurgické postupy. Prášky hliníka, alebo na hliníku založenej zliatiny, ako je zliatina 6061, a berýlia sa zmiešali a vo vákuu sa za horúca lisovali v teplotnej oblasti nad teplotou solidus hliníkovej zliatiny a pod teplotou topenia berýlia, ako je uvedené v príklade 1. Produkt z tohto stupňa konsolidácie v polotuhom stave má tvar predvalku pre kovanie do zápustky na čistý tvar časti.

V závislosti od efektívnosti výrobného procesu použije sa tiež kovanie do otvorenej formy. Kovanie uvedenej časti nastáva v teplotnej oblasti pod teplotou solidus hliníkovej zliatiny a poskytuje bežne spracovaný čistý opracovaný tvar.

Príklad 3

Príprava prekursorov na spracovanie polotuhým spôsobom

Upravené spracovanie polotuhým spôsobom podľa tohto vynálezu sa tiež použije na výrobu prekursorových materiálov na spracovanie polotuhým spôsobom. Prášky hliníka, alebo na hliníku založenej zliatiny, ako je zliatina 6061 a berýlia sa zmiešajú a vo vákuu sa za horúca lisujú v teplotnej oblasti nad teplotou solidus hliníkovej zliatiny a nižšie teploty topenia berýlia, ako je uvedené hore v príkladoch 1 a 2.

Produkt zo stupňa konsolidácie v polotuhom stave je v tvare predvalku pre kovanie v uzavretej forme na čistý tvar dielu. Takéto diely sa výhodne lisujú v teplotnej oblasti nad teplotou solidus hliníkovej zliatiny, čím sa získajú polotuhým spôsobom spracované čisté tvary obrobených dielov. Treba však poznamenať, že teplota tohto stupňa konečného lisovania môže byť nad alebo pod teplotou likvidus hliníkovej zliatiny, čím sa nastaví celkový podiel tuhého materiálu v konečnom stupni spracovania. Celkový podiel tu-

hej látky je rovný podielu prítomného berýlia, zväčšený o príspevok tuhého podielu z hliníkovej zliatiny (ak vôbec nejaký je).

Príklad 4

Príprava prekursorových materiálov pre kovanie do uzavretej zápustky

Na obrázku 2 je mikrofotografia, znázorňujúca vyžadovanú nedendritickú štruktúru hliníkovej-berýliovej zliatiny, vyrobenej horúcim lisovaním vo vákuu z hlinikového prášku s práškom berýlia s ekviaxiálnym tvarom častíc pri teplotách medzi 645 °C a 700 °C v zhode so spôsobom podľa tohto vynálezu. Nedendritická štruktúra sa získala bez nevyhnutnosti použiť pred tuhnutím šmykové namáhanie taveniny, napríklad miešanie. Na obrázku 2 znázornená štruktúra je použiteľná na strojárske výroby priamym tuhnutím do tvaru súčiastok, alebo sa môže podrobiť bežným kovohutníckym spracovateľským postupom ako je následné valcovanie, kovanie alebo vytlačanie.

Nedendritická mikroštruktúra, znázornená na obrázku 2, sa dosiahla v hliníkovej zliatine so 40 % berýlia, stuhnutím vo forme po vákuovom horúcom lisovaní komerčného hlinikového prášku, dodávaného spoločnosťou Reynolds Aluminum Co., Louisville, Kentucky a práškového berýlia, získaného od Nuclear Metals Inc., West Concord, Massachusetts.

Podrobnejšie, prášková zmes 60 % hmotnostných technicky čistého hlinikového prášku -0,03 mm (-400 mesh) a 40 % hmotnostných atomizovaného berýlia -0,30 mm (-50 mesh) sa zahrievala vo vákuu pri 704 °C a vyvinul sa tlak, aby sa polotuhá zmes skompaktovala. Nedendritická štruktúra sa dosiahla bez pôsobenia šmykových síl, pretože druhá fáza (berýlium) ostala počas celého procesu tuhá.

Alternatívne sa môžu prášky konsolidovať pri teplote nižšej ako je teplota solidus hliníka, približne 645 °C, tak, že sa hliník netaví. Nedendritická štruktúra, získaná

konsolidáciou pod teplotou solidus, je podobná mikroštruktúra, znázornenej na obrázku 2. Takéto zliatiny sa použili ako prekurzory pre spracovanie v polotuhom stave, ako je objasnené v ďalšom príklade.

Príklad 5

Kovanie do uzavretej zápustky

Na obrázku 2 znázornená štruktúra môže slúžiť tiež ako štruktúra prekursora na spracovanie v polotuhom stave na výrobky v čistom tvare. Obrázok 3 je mikrofotografia, ukazujúca vyžadovanú mikroštruktúru po spracovaní hliníkovej -berýliovej zliatiny v polotuhom stave, ktorej mikroštruktúra je podobná mikroštruktúre z obrázku 2. Tento postup spracovania nevyžaduje pred tuhnutím nijaké šmykové namáhanie, napríklad miešanie. Tixotropné zmesi so štruktúrami podobnými tým, ktoré sú zobrazené na obrázku 3 sa vstrekujú alebo odlievajú za použitia vhodne upraveného extrudéra alebo odlievacieho a formovacieho zariadenia. Uvedený postup sa typicky vykoná v zariadeniach, podobných zariadeniam na injekčné vstrekovanie plastov.

Obrázok 3 ešte znázorňuje, že nedendritická mikroštruktúra hliníkovo - berýliovej zliatiny, vyrobenej v zhode s technikou opísanou v príklade 4, sa zachová aj po spracovaní v polotuhom stave. Podobne ako postup spracovania v príklade 4, kovanie v polotuhom stave tu nevyžadovalo vonkajšie šmykové namáhanie zliatiny.

Tuhé Al-Be predvalky sa opracovali z prekursora, vyrobeného podľa postupov, objasnených v príklade 4. Bližšie, prekursor sa pre tento príklad pripravil konsolidáciou zmesi 40 % hmotnostných atomizovaného berýlia -0,04 mm (-325 mesh, dostupného od Brush Wellman Inc., Elmore, Ohio) a 60 % hmotnostných technicky čistého hliníkoveho prášku -0,03 mm (-400 mesh, od Reynolds Aluminum Co., Louisville, Kentucky) pri 621 °C, pod teplotou solidus hliníka.

Predvalky sa potom zahrievali v peci na teploty oblasti

polotuhého stavu (asi 704 °C). Predohriate predvalky sa pomocou kliešti preniesli do foriem a potom sa vstrekovali do uzavretých dutín, kde tuhli. Obrázok 3 znázorňuje výslednú mikroštruktúru po spracovaní vstrekováním/kovaním. Veľkosť a tvar berýliovej fázy sa ďalším spracovaním nezmenili, pretože berýlium počas celého postupu spracovania ostalo v tomto stave.

V tomto príklade sa opísaným spôsobom lisovali tiež súčiastky, ktoré majú tenké zárezy; forma sa navrhla tak, že obsahovala tvar vyžadovaných tenkých zárezov.

Príklad 6

Príprava prekurzorových materiálov odlievaním

K roztavenému hliníku sa pridalo ekviaxiálne berýlium. Na zabránenie oxidácie sa použilo hliníkové tavidlo. 40 %-né prísady berýlia sa pridávali do roztaveného hliníka. Tavenina sa potom nechala stuhnúť vo forme. Vytvorila sa nedendritická mikroštruktúra bez toho, že by bolo nevyhnutné šmykové namáhanie zliatiny, pretože pridané berýlium malo ekviaxiálny tvar tuhých častíc a ich tvar sa nezmenil.

Dosiahnutá mikroštruktúra je využiteľná v strojárstve na odliatky súčiastok tuhnutím vo forme, alebo sa môže podrobiť bežným kovohutníckym spracovateľským postupom, ako je následné valcovanie, kovanie, alebo vytlačanie. Dosiahnutá mikroštruktúra môže tiež slúžiť ako prekurzorová mikroštruktúra na spracovanie v polotuhom stave na výrobu súčiastok v čistom tvare.

Príklad 7

Spracovanie hliníkových zliatin v polotuhom stave

V tomto príklade je súhrn postupov výroby súčiastok spôsobom: upraveného spracovania v polotuhom stave zo zmiešaných práškov, potom horúcim izostatickým lisovaním na dosiahnutie úplnej hutnosti materiálu a následným bežným kovaním na získanie tvaru.

Zmiešal sa hliníkový prášok s 40 % hmotnostnými práškami berýlia. Zmes sa vložila do lisovacej formy vákuového horúceho lisu. Vákuové horúce lisovanie sa vykonalo pri teplote 650 °C tlaku asi 7 MPa (1000 psi) na dosiahnutie 95 %-nej hustoty vzhľadom na teoretickú hustotu (5 %-ná pórovitosť).

Predvalok sa potom vložil do horúceho izostatického lisu a stlačil pri asi 100 MPa (15 ksi) a pri 600 °C na úplné zhutnenie. Výsledný diel sa potom koval pri teplote, pri ktorej bol v celkom tuhom stave, asi pri 600 °C. Potom sa obrábal na konečné súčiastky s vlastnosťami podobnými, ako sú vlastnosti uvedené v tabuľke I.

Alternatívne sa diely vyrobili upraveným spôsobom polotuhého spracovania zmiešaných práškov s následným izostatickým lisovaním na dosiahnutie úplného zhutnenia, potom kovaním v polotuhom stave na získanie tvaru. Po vákuovom horúcom lisovaní pri asi 650 °C a tlaku 7 MPa (1000 psi) na dosiahnutie 95 %-nej hustoty (5 %-ná pórovitosť), predvalok sa vykove v polotuhom stave pri asi 704 °C do tvaru blízkeho konečnému tvaru a má vlastnosti podobné vlastnostiam, uvedeným v tabuľke I.

Preformy hliníkovej zliatiny, obsahujúcej berýlium, vyrobené vákuovým horúcim lisovaním, horúcim izostatickým lisovaním alebo iným spôsobom konsolidácie sa ďalej spracujú v následných operáciách (a) až (c):

- (a) tixotropným kovaním;
- (b) tixotropným odlievaním; alebo
- (c) tixotropným vytláčaním (v polotuhom stave).

Príklad 8

Porovnávacie skúšky po spracovaní v celkom tuhom stave

Spočiatku sa kombinácia kovového hliníka a berýlia tavila a upravila do formy Al-Be prášku, ktorý sa za horúca spracoval valcovaním v celkom tuhom stave. V oddelenom postupe sa Be prášok a samostatne pripravený Al prášok spojili a za horúca valcovali postupom v celkom tuhom stave. V oboch postupoch sa použila základná hliníková zliatina č.

1100 s 20 % prášku berýlia, spracovaná vytláčaním a následne valcovaním na plech. Skúšky materiálu na pevnosť v ťahu sa vykonali z materiálu po vyvalcovaní aj z popusteného materiálu v podmienkach po uvoľnení napätia. Získané hodnoty umožňujú porovnávanie vlastností z predzliatiny získaného a atomizovaného (na rozdiel od pôvodne zo zložiek miešaného) práškoveho východiskového materiálu, tepelne spracovaného v obidvoch uvedených podmienkach. Výsledky sú zhrnuté v tabuľke III.

T a b u ľ k a III

Pevnosť v ťahu hliníkovej - berýliovej zliatiny

Spôsob a tepelné podmienky pri spracovaní	Medza toku (MPa)	Pevnosť v ťahu (MPa)	Predĺženie (%)	Modul (MPa)
Atomizovaním				
po valcovaní	179	220	14,8	102
popustené	128	181	11,6	80
Miešaním práškov				
po valcovaní	130	142	3,6	80
popustené	70	126	14,9	-

Pevnosť plechov, vyrobených postupom s miešaním pôvodných práškov je podstatne nižšia ako plechov, vyrobených z atomizovanej predzliatiny. Hodnoty modulov pružnosti vzoriek z pôvodne miešaných práškov sú významne nižšie ako moduly pružnosti vzoriek po atomizácii predzliatinového materiálu.

Z uvedeného vyplýva, že z tohto materiálu sa iba miešaním práškov bez spracovanie v polotuhom stave nedajú dosiahnuť vyžadované hodnoty modulov.

Uvedený príklad poukazuje na to, že jednoduché miešanie hliníkoveho a berýlioveho prášku, nasledované konsolidáciou a valcovaním nie je dostatočné na dosiahnutie vyžadovaných vlastností. Upravený spôsob spracovania v polotuhom stave podľa tohto vynálezu je nevyhnutný.

Príklad 9

Užitočné konštrukčné výrobky

Nespočetné príklady výrobkov, vyrábaných zo zliatin podľa tohto vynálezu môžu zahrňovať ramienka vystavovacieho mechanizmu diskových pohonov, turbínové lopatky, skrinky leteckej elektroniky a plášte lietadiel. Obrázky 4 a 5 znázorňujú otáčavú zostavu ramienok vystavovacieho mechanizmu, ktorá má vrtanie na otáčanie okolo hriadeľa diskového pohonu na nastavovanie polohy snímačej hlavy radiálne naprieč disku, v ktorom zostava ramienok je celok vyrobený z jedného kusa, pozostávajúca zo zliatiny hliníka, obsahujúcej berýlium, ktorá obsahuje od 1 do 99 % hmotnostných berýlia, zvyšok je hliníková zložka.

Obrázok 4 podrobnejšie zobrazuje čítaciu/záznamovú zostavu pohonu pevného disku 10 s viacerými hlavami 12, upevnenými na ramenách pohonu 14. Hlavy 12 a ramená pohonu 14 sa zostavené spolu na pohonnom hriadeli 16, ktorý sa otáča vzájomným pôsobením cievky 18 a magnetu 20, uloženom v lôžku 22 magnetu. Ramená pohonu 14 sú uložené pružne k disku, ak disk stojí. Keď sa disk otáča, tlak vzduchu pod hlavou 12 ju ľahko dvíha ponad disk.

Ako je zrejmé z uvedeného opisu, ramená 14 pohonného mechanizmu sú namáhané vertikálnymi silami 24 a šikmými silami 26, ako znázorňuje obrázok 5. Ramená 14 pohonu musia byť dostatočne tuhé, aby minimalizovali amplitúdu vertikálnej vibrácie a tak sa predišlo poškodeniu diskov nad a pod ramenami 14 pohonu. Podobne musia byť ramena 14 pohonu dostatočne tuhé na minimalizáciu amplitúdy priečných vibrácií, aby tak zabezpečovali rýchlejšiu odozvu pri čítaní alebo zázname na príslušnej adrese na disku. Minimalizácia úchyľiek vo vertikálnom smere sa dosahuje použitím laminovaných materiálov. Ekviaxiálna morfológia berýliovej fázy hliníkovej - berýliovej zliatiny, vyrobenej v zhode s postupom podľa tohto vynálezu, je účinná na minimalizáciu úchyľiek v oboch smeroch, vo vertikálnom aj v priečnom smere.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Hliníková zliatina, obsahujúca berýlium, zahrnujúca od 1 do 99 % hmotnostných berýlia, zvyšok je hliníková zložka, v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že tuhé berýlium je ekviaxiálne a je dispergované v uvedenej hliníkovej zložke.

2. Zliatina podľa nároku 1, v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že obsahuje asi od 5 do asi 80 % hmotnostných berýlia.

3. Zliatina podľa nároku 1, v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že obsahuje asi od 5 do asi 80 % hmotnostných ekviaxiálneho tuhého berýlia, dispergovaného v podstate v čistom hliníku.

4. Zliatina podľa nároku 1, v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že obsahuje od asi 5 % do asi 80 % hmotnostných ekviaxiálneho tuhého berýlia, dispergovaného v hliníkom bohatej kompozícii.

5. Zliatina podľa nároku 4, v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že uvedená hliníkom bohatá kompozícia sa vyberie z bežných hliníkových zliatin, vybraných zo skupiny, pozostávajúcej zo zliatin hliníka číslo 5056, 6061, 1100, A356 a A357.

6. Zliatina podľa nároku 1, v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že podiel berýlia uvedenej zliatiny má nedendritickú mikroštruktúru.

7. Zliatina podľa nároku 1, v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že je ďalej spracovateľná upraveným spôsobom polotuhého spracovania.

8. Zliatina podľa nároku 7, v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že upravené spôsoby polotuhého spracovania sa vyberú

zo skupiny, zahrnujúcej tvarovanie do uzavretej zápustky, polotuhé kovanie a polotuhé tvarovanie.

9. Zliatina podľa nároku 1, v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že uvedené ekviaxiálne berýlium sa vyberie zo skupiny, zahrnujúcej mechanicky mleté práškové berýlium a atomizované sféroidné práškové berýlium.

10. Zliatina podľa nároku 3, v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že zliatina má modul pružnosti najmenej o 25 % vyšší ako je modul pružnosti hliníka.

11. Výrobok pozostávajúci zo zliatiny podľa nároku 1, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že:

(a) má koeficient teplotnej rozťažnosti v rozsahu medzi 11,5 do 23,4 $\text{m.m}^{-1}\text{°C}^{-1}$ (6,4 do 13,0 $\text{in/in/°F} \cdot 10^{-6}$);

(b) modul v rozsahu asi od 310 do 70 GPa ($10 \cdot 10^6$ psi až $44 \cdot 10^6$ psi); a

(c) hustotu v rozsahu asi od $1,16 \cdot 10^3$ do $2,59 \cdot 10^3$ kg.m^{-3} (0,067 až 0,093 lbs/in^3).

12. Spôsob výroby hliníkovej zliatiny, obsahujúcej berýlium, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že zahrnuje kroky:

(a) dodanie hliníkovej zložky v práškovej forme a berýliovej zložky v práškovej forme;

(b) zmiešanie uvedenej hliníkovej a berýliovej zložky;

a

(c) tavenie uvedenej hliníkovej zložky pri teplote blízko nad teplotou solidus hliníka.

13. Spôsob podľa nároku 12, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že sa uvedené miešanie hliníkovej a berýliovej zložky vykoná pri teplote pod približnou teplotou solidus hliníka.

14. Spôsob podľa nároku 13, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že výsledná hliníková zliatina, obsahujúca berýlium,

je spôsobilá na ďalšie spracovanie upravenými spôsobmi polotuhého spracovania.

15. Spôsob podľa nároku 14, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že uvedené spôsoby polotuhého spracovania sa vyberú zo skupiny zahrnujúcej kovanie do uzavretej zápustky, kovanie v polotuhom stave a tvarovanie v polotuhom stave.

16. Spôsob podľa nároku 12, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že uvedená berýliová zložka je ekviaxiálne tuhé berýlium, dispergované v uvedenej hliníkovej zložke.

17. Spôsob podľa nároku 16, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že uvedené ekviaxiálne tuhé berýlium sa vyberie zo skupiny zahrnujúcej mechanicky mleté berýlium a atomizované, sféroidné práškové berýlium.

18. Spôsob podľa nároku 12, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že uvedený taviaci stupeň (c) sa vykoná pod ochrannou vrstvou nereaktívneho plynu, vybraného zo skupiny zahrnujúcej argón, hélium a dusík.

19. Spôsob podľa nároku 12, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že uvedený taviaci stupeň (c) sa vykoná v prostredí vákua.

20. Spôsob podľa nároku 12, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že uvedená hliníková zložka je v podstate čistý hliník.

21. Spôsob podľa nároku 12, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že uvedená hliníková zložka je hliníkom bohatá kompozícia.

22. Spôsob podľa nároku 12, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že uvedený stupeň tavenia (c) je postup vybraný zo skupiny, zahrnujúcej vákuové horúce lisovanie, horúce izo-

statické lisovanie a vytlačanie.

23. Spôsob podľa nároku 12, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že ďalej zahrnuje stupeň vybraný zo skupiny, zahrnujúcej kovanie do uzavretej zápustky, kovanie v polotuhom stave a tvarovanie v polotuhom stave.

24. Spôsob prípravy hliníkovej zliatiny, obsahujúcej berýlium, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že zahrnuje kroky:

(a) dodanie hliníkovej zložky v práškovej forme a berýliovej zložky v práškovej forme;

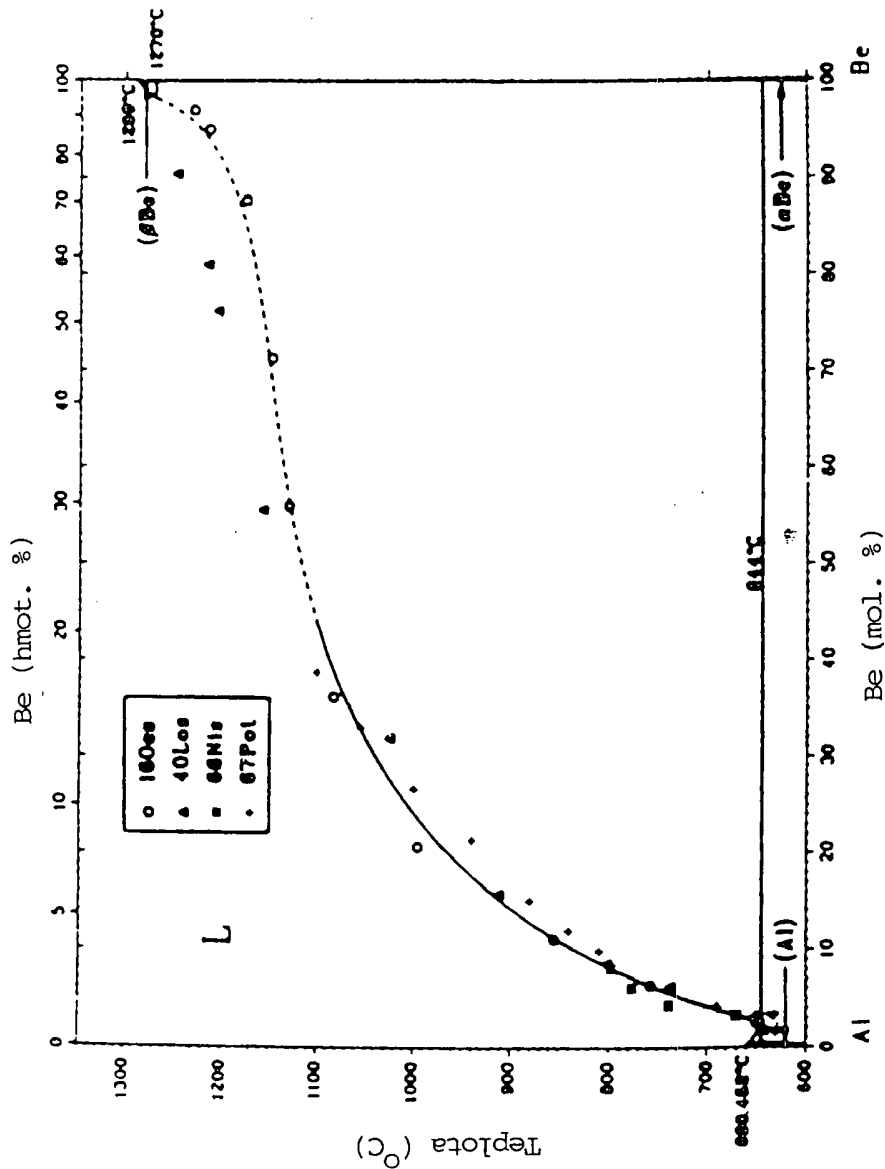
(b) zmiešanie uvedenej hliníkovej zložky s berýliovou zložkou;

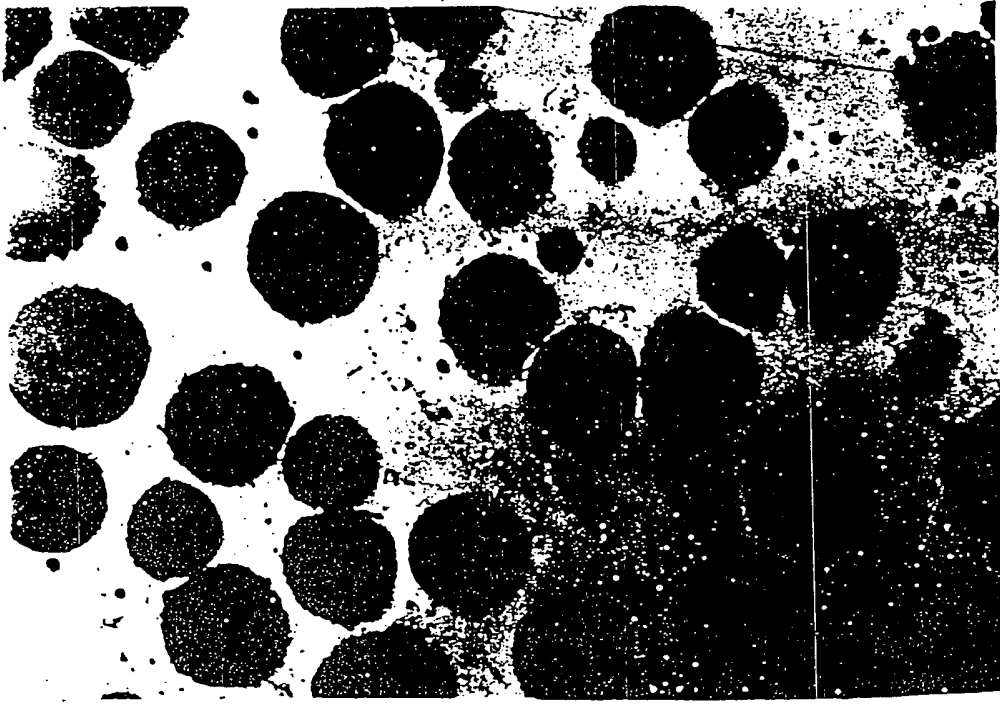
(c) tavenie uvedenej hliníkovej zložky pri teplote nad približnú teplotu solidus hliníka, aby sa vytvorila polotuhá disperzia tuhého berýlia, dispergovaná v roztavenom hliníku;
a

(d) in situ odlievanie polotuhej disperzie zo stupňa (c).

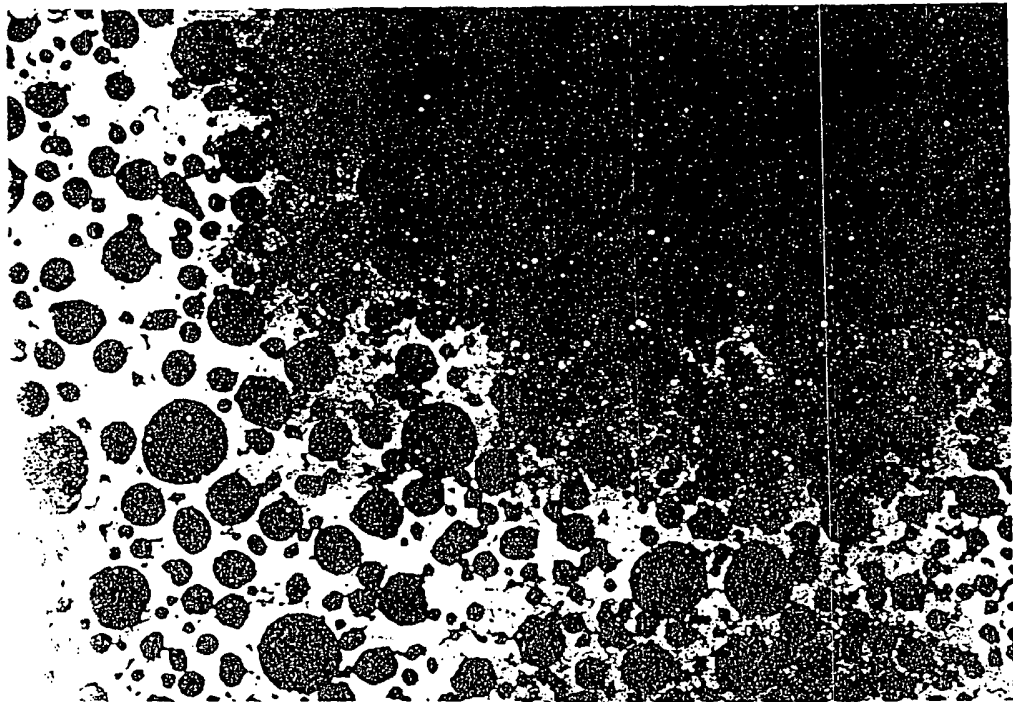
25. Otáčavá zostava ramienok pohonu, ktorá má vrtanie na otáčanie okolo hriadeľa pohonu disku, v y z n a č u j ú c a s a t ý m, že uvedená zostava ramienok je z jedného kusa, pozostávajúca v podstate zo zliatiny hliníka, obsahujúcej berýlium, s obsahom berýlia od 1 do 99 % hmotnostných a zvyšok tvorí hliníková zložka.

Obr. 1

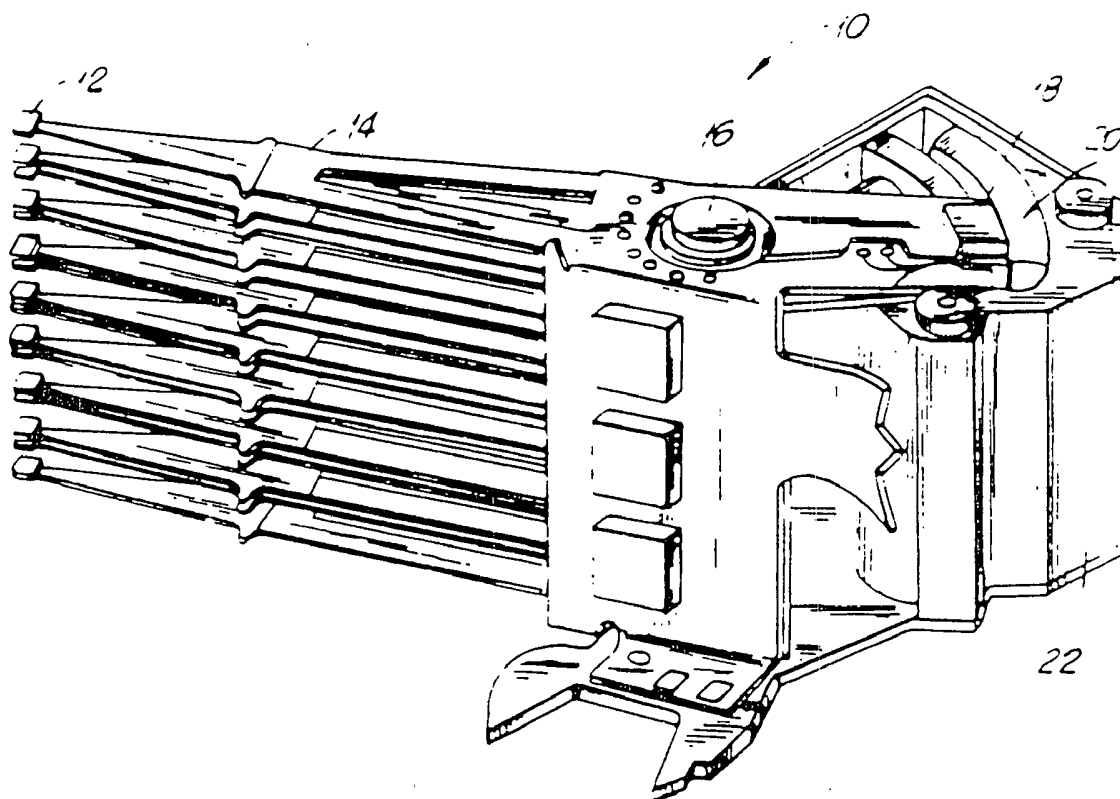




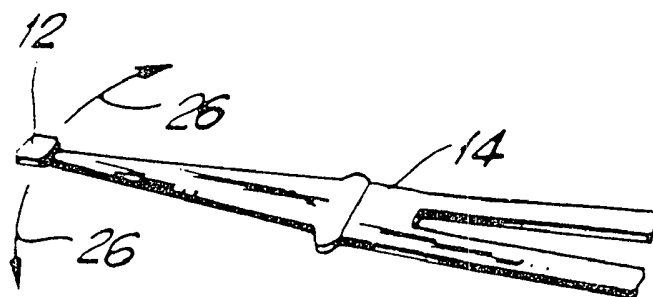
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5