

'PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

293 778

(13) Druh dokumentu:

B6

(51) Int. Cl. : ⁷

F 16 C 33/12

F 16 C 33/14

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **1999-1941**

(22) Přihlášeno: **01.06.1999**

(30) Právo přednosti: **02.06.1998 DE 1998/19824310**

(40) Zveřejněno: **14.02.2001**

(Věstník č. 02/2001)

(47) Uděleno: **25.05.04**

(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **14.07.2004**

(Věstník č. 7/2004)

(73) Majitel patentu:

FEDERAL-MOGUL WIESBADEN GMBH,
Wiesbaden, DE

(72) Původce:

Andler Gerd, Frankfurt, DE
Heinss Jens-Peter Dr., Dresden, DE
Goedicke Klaus, Dresden, DE
Metzner Christoph, Papritz, DE

(74) Zástupce:

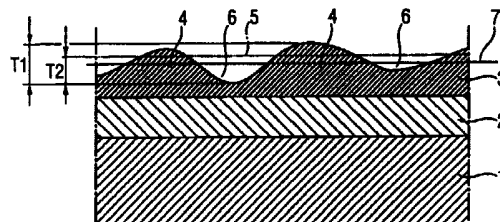
Jirotková Ivana Ing., Nad Štolou 12, Praha 7, 17000

(54) Název vynálezu:

Kluzné ložisko a způsob jeho výroby

(57) Anotace:

Kluzné ložisko sestává z kluzné vrstvy (3), která vykazuje zřetelně zlepšené vlastnosti proti galvanicky nanášeným kluzným vrstvám a proti kluzným vrstvám nanášeným obvyklými postupy napařování elektronovým svazkem. Povrch kluzné vrstvy (3) má kulaté vyvýšeniny (4) a prohlubeniny (6), přičemž vyvýšeniny (4), vztaheno na horizontální rovinu řezu (7), zaujímají 30 % až 50 % podílu plochy z celkové plochy ložiska, přičemž rovina řezu (7) leží ve výšce, při které suma jednotlivých ploch řezů vyvýšenin (4) vedených vertikálně se rovná sumě odpovídajících jednotlivých ploch prohlubenin (6). Kulaté vyvýšeniny (4) mají v půdorysu průměr D od 3 až 8 μm, přičemž se tato hodnota v půdorysu u nekulatých vyvýšenin (4) a prohlubenin (6) vztahuje na jejich maximální průměr, přičemž povrch kluzné vrstvy (3) má drsnost $R_z = 3$ až 7 μm. Způsob výroby takových ložisek spočívá na napařování elektronovým svazkem, přičemž se používá nosné těleso s drsností $R_z \leq 2$ μm a napařování kluzné vrstvy se provádí při tlaku $< 0,1$ Pa.



CZ 293778 B6

Kluzné ložisko a způsob jeho výroby

Oblast techniky

Vynález se týká kluzného ložiska s nosným tělesem a nejméně jednou kovovou kluznou vrstvou, která je nanesena napařováním elektronovým svazkem. Vynález se také týká způsobu výroby kluzného ložiska s takovou kluznou vrstvou.

Dosavadní stav techniky

Kluznými ložisky jsou např. radiální ložiska, axiální ložiska a axiálně–radiální ložiska, s plochým nebo zakřiveným funkčním rozsahem, s nanesenou vrstvou ve finálním stavu nebo v mezistadiu jako je například polotovár (pásky nebo úseky pásek v ploché formě).

Obecně jsou tímto způsobem využívaná kluzná ložiska složena z vícevrstevných kompozitních materiálů s následujícím uspořádáním: ocelový podklad jako nosný materiál, vrstva ložiskového kovu ze slitiny Cu–, Al– nebo bílého kovu a tak zvané třecí vrstvy nebo trojné vrstvy anebo kluzné vrstvy, která může být nanášena buď galvanickým postupem (E. Römer: Dreistofflager aus GLYKO 40; GLYKO–Ingenieurbericht 8/76), nebo katodovým práškovacím procesem (napraškováním), jak je to popsáno v EP 0 256 226 B1. U galvanicky nanášených vrstev, nejčastěji na Pb– nebo Sn–základu, je nevýhodou často nevyhovující stálost vůči korozi respektive malá odolnost proti otěru. Na galvanický proces se dále z hlediska ochrany životního prostředí nahlíží kriticky. Jestliže se třecí vrstvy nanášejí naprašovací technikou představuje to značný cenový faktor na základě při tom uskutečnitelných malých rychlostí nanášení a vysokých nákladů na technické zařízení pro kompletní kluzné ložisko.

Dále je z DE 43 90 686 T1 známo, že s ohledem na strukturu povrchu (pyramidy tvořící krystalová zrna na povrchu galvanicky nanesené Pb–vrstvy) vykazují tyto zvlášť uzpůsobené kluzné vrstvy vynikající blokační a únavovou pevnost. Tato skutečnost zpětně vede k dobrému zadržování oleje resp. rozptýlení a zmenšení koncentrovaně rozloženého zatížení pyramidy vytvářejícími se zrny povrchu. Jako nevýhody je při tomto způsobu třeba brát v úvahu, že je opět použit galvanický proces se všemi svými nevýhodami, resp. že postup vytvoření této zvláštní povrchové struktury je opravdu nákladný, protože se jedná o víceetapový proces s dodatečným tepelným zpracováním. Vedle toho se povrchová vrstva vzhledem ke své toxicitě skládá z ne neproblematické slitiny olova.

V DE 196 08 028 A1 je rovněž popisována speciální struktura, která se pozitivně projevuje na kluzných vlastnostech. Při tom se citlivost povrchu plochy vůči zadržení setkává na vytvořených šestibokých pyramidách kovových krystalů v ploše povrchu se zabudováváním kyslíku, fosforu atd. do stran pyramidálních krystalů (vytržovací efekt). Tento způsob má výhradní použití při slitinách, jejichž základem je železo, přičemž zvlášť strukturovaná kluzná plocha sestává z Fe krystalů. Slitiny tohoto druhu nelze na základě tribologických vlastností nasazovat jako kluzná ložiska.

Z DE 195 14 835 A1 resp. DE 195 14 836 A1 je dále známo nanášení kluzných vrstev na konkrétně zakřivená kluzná ložiska pomocí napařování elektronovým svazkem. Pomocí tohoto způsobu je při nastavení určitých parametrů procesu možné zhotovit speciální profily tloušťek vrstvy v rozsahu kluzného ložiska. V těchto publikacích se nenalézají žádné odkazy na zvláštní topografii povrchových ploch zhotovitelných podle tohoto způsobu. Pro mnohá použití jsou takto docílitelné tribologické vlastnosti však nedostačující.

Z DE 36 06 529 A1 je znám způsob zhotovování kompozitních materiálů nebo kompozitních výrobků napařením nejméně jednoho kovového materiálu na kovový substrát, při kterém se

rovněž pro nanesení kluzné vrstvy uplatňuje metoda napařování pomocí elektronového svazku. Metoda se uskutečňuje ve zbytkové atmosféře plynu při tlacích v rozsahu $10^{-2} - 10^{-3}$ mbar, přičemž je materiál současně a napařováním disperzně vytvrzován resp. disperzně zpevňován. Rychlosti nanášení se nastavují na asi 0,3 $\mu\text{m/s}$. Během napařování se substrát udržuje na teplotě mezi 200 °C a 800 °C. Při napařování hliníkových slitin leží teplota substrátu při 200 °C až 300 °C a při slitinách mědi a olova v rozsahu 500 °C až 700 °C. Výpovědi o topografii touto metodou získaných kluzných vrstev učiněny nebyly. Zatížitelnost vrstev zhotovených touto metodou je zřetelně lepší jako vrstev získaných postupem podle práškové metalurgie. Kluzné ložiska zhotovená touto metodou vykazují v mnoha případech použití nevyhovující odolnost vůči otěru. U této přihlášky stojí v popředí vyrobit v kluzné vrstvě definovaný podíl tvrdé fáze disperzním vytvrzováním, např. vytvářením oxidů během napařování. Optimalizace povahy vrchní plochy není zmiňována.

15 Podstata vynálezu

Úkolem vynálezu je vytvořit kluzné ložisko, jehož kluzná vrstva z hlediska stálosti vůči otěru vykazuje zřetelně zlepšené vlastnosti proti galvanicky nanášeným kluzným vrstvám stejně jako proti kluzným vrstvám nanášeným obvyklým způsobem napařování elektronovým svazkem. Úkolem vynálezu je také dát k dispozici způsob výroby takových kluzných ložisek, který je jednoduchý, nákladově příznivý a přívětivý pro životní prostředí.

Kluzné ložisko se vyznačuje tím, povrch kluzné vrstvy má kulaté vyvýšeniny a prohlubeniny, přičemž vyvýšeniny, vztaženo na horizontální rovinu řezu, zaujímají 30 % až 50 % podílu plochy z celkové plochy ložiska, a přičemž rovina řezu leží ve výšce, při které suma jednotlivých ploch řezů vyvýšenin vedených vertikálně se rovná sumě odpovídajících jednotlivých ploch prohlubenin, a že kulaté vyvýšeniny mají v půdoryse průměr D od 3 až 8 μm , přičemž se tato hodnota v půdorysu u nekulatých vyvýšenin a prohlubenin vztahuje na jejich maximální průměr, a že povrch kluzné vrstvy má drsnost $R_z = 3$ až 7 μm .

Je výhodné, že vyvýšeniny jsou kruhovitě až oválné. Pojem kulatý se vztahuje nejen na tvar vyvýšenin a prohlubenin při pohledu shora, ale také na vertikální průřez vyvýšenin a prohlubenin.

Ukázalo se, že vyvýšeniny, které jsou od začátku kulaté, mají proti známým pyramidálním špičatým vyvýšeninám tu výhodu, že se daří, že proces záběhu pro protějšek kluzného ložiska probíhá šetrněji. Důvodem pro to je, že specifické zatížení při kulatých vyvýšeninách je menší než u špičatých tvarů pyramid, protože kulaté vykazují větší nosný podíl z plochy. Kulaté vyvýšeniny se mnohem méně otírají než je to v případě špičatých vyvýšenin a důsledkem je, že hloubky prohlubenin v záběhové fázi jen nepatrně ubývá a za normálních provozních podmínek zůstává déle zachovávána, čímž je zaručeno zadržování oleje v prohlubeninách po delší dobu. Tyto pozitivní efekty přispívají rozhodujícím způsobem ke zlepšenému chování při otěru.

Další výhody této topografie tkví v tom, že v případě provozu kluzného ložiska jsou v oblasti polosuchého tření (pevné těleso/kontakt pevného tělesa) ztráty třecího výkonu snižovány tím, že v kontaktu pevných těles není celá plocha povrchu ložiska, nýbrž pouze vyvýšené oblasti. Tato výhoda je podporována tím, že plošný podíl kulatých vyvýšenin je jen 30 až 50 %.

Nosné těleso, na němž je nanesena kluzná vrstva, sestává výhodným způsobem z kompozitního materiálu, který má ocelový podklad a vykazuje nasintrovanou, natavenou nebo naplátovanou slitinu ložiskového kovu. Případně může být opatřena také ještě difúzní uzavírací vrstvou.

Kluzná vrstva může být ze slitiny mědi nebo hliníkové slitiny.

Způsob podle vynálezu je vyznačen tím, že nosné tělese má drsnost $R_z \leq 2 \mu\text{m}$, přičemž napařování kluzné vrstvy se provádí při tlaku $< 0,1 \text{ Pa}$,
kdy rychlost napařování na kluzné ložisko ve směru kolmém nad zdrojem zplyňování je nejméně 100 nm/s , a

- 5 teplota nosného tělesa, na které se nanáší vrstva kovové slitiny, je mezi 75 % a 95 % absolutní tavné teploty nejnižší tající komponenty slitiny kluzné vrstvy.

Překvapivě se ukázalo, že se s nastaveným parametry přizpůsobuje topografie podle vynálezu.

- 10 K rušivému efektu dochází, když se teplota substrátu zvýší nad hodnotu 95 % nejnižší tající fáze slitiny, protože pak tak silně přibývá difuze nejnižší tající fáze, že nastává vyhlazování povrchové plochy. Jestliže teplota leží pod 75 % nejnižší tající fáze slitiny, tvoří se nežádoucí sloupkovitá struktura, která vede k vyšší rychlosti otěru, poněvadž nosné podíly plochy jsou zřetelně menší.

- 15 Drsnost nosného materiálu má na topografii možná natolik vliv, že vyvýšeniny na nosném tělese mohou tvořit kondenzační doby, které ovlivňují nanášení. Vliv drsnosti nosného podkladu je o to větší, čím je menší tloušťka kluzné vrstvy, přičemž tu ještě hrají roli závislosti na materiálu nosného podkladu. Proto je plocha povrchu nosného podkladu s výhodou opracovávána na drsnost $R_z = \leq 2 \mu\text{m}$.

- 20 Způsob výroby kluzných ložisek není však omezena na nosná tělesa, která jsou tvořena kompozitními materiály ocel/CuPbSn. Nanášet se stejným způsobem může i na kompozity ocel/hliník ocel/bílý kov. Pomocí napařování elektronovým svazkem mohou být jako slitinové systémy nanášeny např. AlSnPb nebo AlSnSi a jiné slitiny na bázi hliníku. Právě tak jsou vhodné
25 CuPb slitiny.

Způsob podle vynálezu je zvláště příznivý z hlediska nákladů a je jednodušší než například způsob napařovací techniky.

30

Přehled obrázků na výkresech

Příklady způsobu provedení vynálezu jsou v následujícím blíže objasněny obrázky, které ukazují:

- 35 Obrázek 1: Snímek z elektronového mikroskopu kluzné vrstvy nanesené způsobem podle vynálezu

Obrázek 2: Řez kluzné vrstvy uvedený na obr. 1, spolu s znázorněním nosného tělesa.

Obrázek 3: Diagram chování ložiskových materiálů při otěru.

40

Příklady provedení vynálezu

- Podle preferovaného způsobu provedení se nanese slitinu CuPbSn odléváním nebo sintrováním na ocelový pás (obsah uhlíku mezi 0,03 % a 0,3 %). Podle různých o sobě známých žhacích a
45 tvářecích pochodů se z toho pásu lisováním kusů pásu a definovanou délkou vyrobí ložiskové pánve. Po povrchovém opracování těchto ložisek se ložiskové pánve vrtáním nebo protlačováním opatří galvanickým procesem nebo PVD procesem spec. technologie odpařování difúzní uzavírací vrstvou z niklu nebo niklové slitiny. Potom se nosný podklad odmastí a umístí do vakuového odpařovacího zařízení. Zde probíhá další čištění resp. aktivizace povrchové plochy
50 leptáním při rozprašovacím procesu. Hned potom se nosné těleso pokrývá napařováním AlSn20Cu z odpařovacího kelímku elektronovým svazkem pomocí elektronové trysky. Tloušťka vyloučené AlSn20Cu-vrstvy při tom obnáší $(16 \pm 4) \mu\text{m}$.

Aby se nastavila shora popsaná zvlášť výhodná topografie povrchové plochy AlSn20Cu-vrstvy, je nutné při napařování dodržovat následující parametry napařování: tlak v procesní komoře nesmí během napařování překročit hodnotu 0,1 Pa. Teplota nosného podkladu musí při nanášení ležet mezi 190 °C a 200 °C. Výkon elektronové trysky se při tom volí tak, aby rychlost nanášení byla 100 nm/s.

Jsou-li dodrženy tyto parametry postupu vzniká kluzná vrstva znázorněná na obrázku 1 při půdorysném pohledu, přičemž vrstva byla snímána rastrovacím elektronovým mikroskopem.

Na obrázku 2 je schématicky znázorněn řez kluznou vrstvou 3 z obrázku 1, přičemž také znázorněno nosné těleso s ocelovým podkladem 1 a ložisková slitina 2, např. ložisková slitina na bázi CuPbSn, která je na nosné těleso nanášena odlévacím nebo sintrovacím pochodem. Rovina 7 řezu značí polohu horizontální roviny, u které se suma nad ní ležících vertikálních ploch vyvýšenin 4 rovná sumě vertikálních ploch prohlubenin nebo proláklín 6.

Čára 5 zohledňuje část vyvýšenin 4, která je v průběhu záběru odnášena. Hloubka T1 prohlubenin 6 ubývá přitom z hodnoty T1 na hodnotu T2, která však ve srovnání s kluznými vrstvami se strukturou tvořenou pyramidami je zřetelně stále ještě větší.

Na obrázku 3 je znázorněno chování různých ložiskových materiálů při otěru jak bylo zjištěno na zkušebním zařízení Underwood. Na obrázku 3 znamenají:

I CuPbSn	nanášeno galvanicky
PbSn10Cu2	
II CuPbSn	nanášeno galvanicky
PbSn10Cu5	
III AlSn20Cu0,25	napařováno
IV AlSn20Cu0,25	napařováno podle vynálezu

Jak ukazuje obrázek 3, u galvanicky nanášených kluzných vrstev (PbSn10Cu2 resp. PbSn10Cu5) nastává silný ořez při specifických zatíženích 50 resp. 65 MPa. Napařované vrstvy naproti tomu vykazují lineární ořez celém rozsahu zatížení. Jak obrázek 3 ukazuje dále, napařované vrstvy podle vynálezu, zejména při zatíženích < 50 MPa, leží z hlediska své odolnosti vůči ořezu zřetelně nad vrstvami nanášenými galvanicky a jen nepatrně hůře než vrstvy nanášené napařováním.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Kluzné ložisko s nosným tělesem a nejméně s jednou kluznou vrstvou (3) z kovové slitiny, která je nanášena napařováním elektronovým svazkem, **v y z n a ě n ě t ě m**, že povrch kluzné vrstvy (3) má kulaté vyvýšeniny (4) a prohlubeniny (6), přičemž vyvýšeniny (4), vztaženo na horizontální rovinu (7) řezu, zaujímají 30 % až 50 % podílu plochy z celkové plochy ložiska, přičemž rovina (7) řezu leží ve výšce, při které suma jednotlivých ploch řezů vyvýšenin (4) vedených vertikálně se rovná sumě odpovídajících jednotlivých ploch prohlubenin (6), a že kulaté vyvýšeniny (4) mají v půdorysu průměr D od 3 až 8 μm, přičemž se tato hodnota v půdorysu u nekulatých vyvýšenin (4) a prohlubenin (6) vztahuje na jejich maximální průměr, a že povrch kluzné vrstvy (3) má drsnost R_z rovnající se 3 až 7 μm.

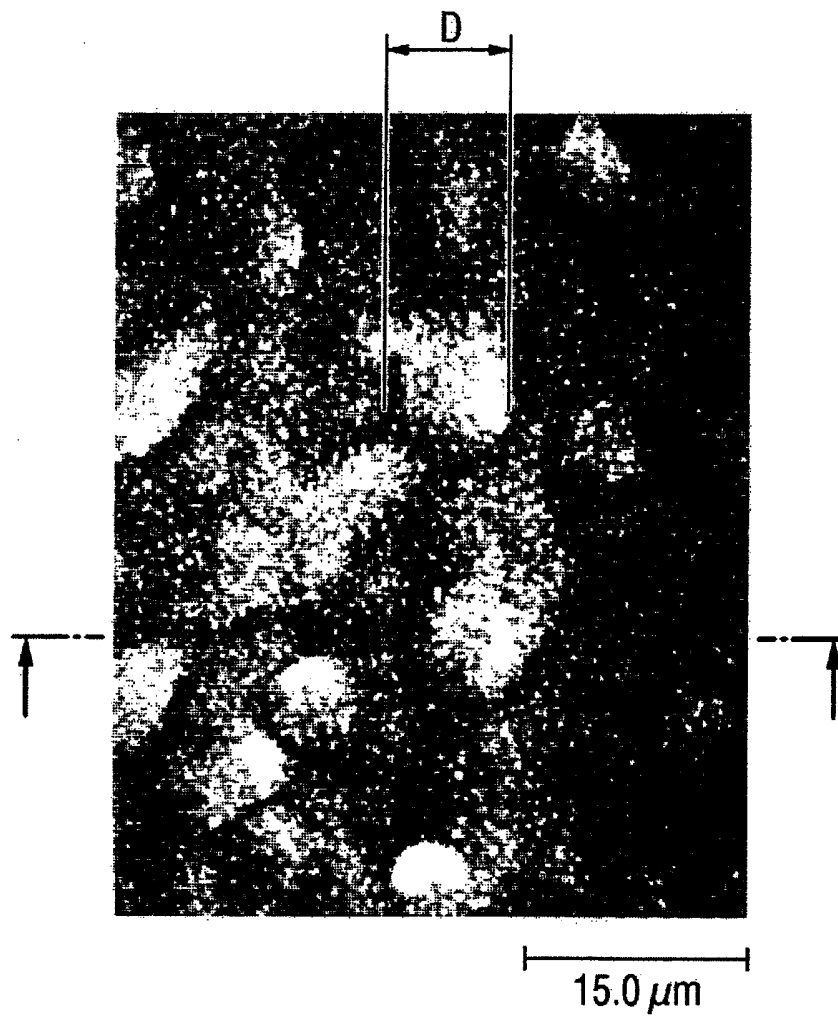
2. Kluzné ložisko podle nároku 1, **v y z n a ě n ě t ě m**, že nosné těleso je vytvořeno z kompozitního materiálu, který sestává z ocelového podkladu (1) a z nasintrované, natavené nebo napařované ložiskové slitiny (2).

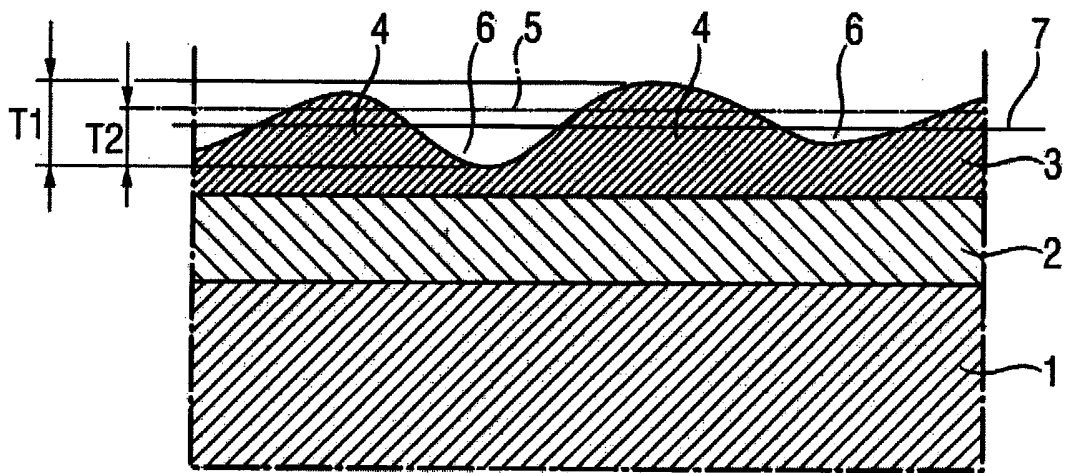
3. Kluzné ložisko podle nároku 1 nebo 2, **v y z n a č e n é t í m**, že kluzná vrstva (3) sestává ze slitiny mědi nebo hliníku.
- 5 4. Způsob výroby kluzného ložiska s nejméně jednou kluznou vrstvou (3) z kovové slitiny, která se na nosné těleso nanáší napařováním elektronovým svazkem, **v y z n a č e n ý t í m**, že nosné těleso má drsnost R_z menší nebo rovno $2\text{ }\mu\text{m}$, přičemž napařování kluzné vrstvy se provádí při tlaku menším než $0,1\text{ Pa}$, a rychlost napařování na kluzné ložisko ve směru kolmém nad zdrojem zplyňování je nejméně
- 10 100 nm/s , a že teplota nosného tělesa, na které se nanáší vrstva kovové slitiny, je mezi 75 % a 95 % absolutní tavné teploty nejnižší složky slitiny kluzné vrstvy (3).

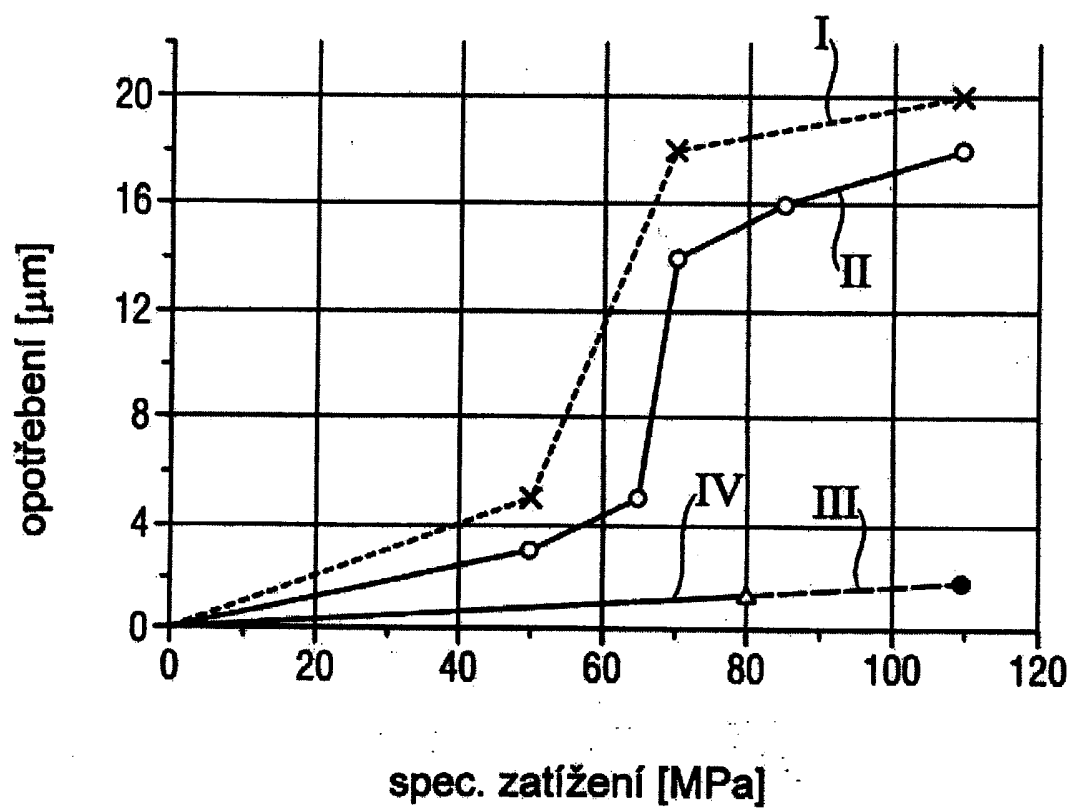
15

3 výkresy

Obr. 1



**Obr. 2**

Obr. 3

Konec dokumentu
