

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2001 - 2476

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

B 24 D 3/06

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **08.12.1999**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **07.01.1999**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1999/227028**

(33) Země priority: **US**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **17.07.2002**
(Věstník č. 7/2002)

(86) PCT číslo: **PCT/US99/29024**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO00/40371**

(71) Přihlašovatel:

NORTON COMPANY, Worcester, MA, US;

(72) Původce:

Andrews Richard M., Long Valley, NJ, US;

Buljan Sergej-Tomislav, Acton, MA, US;

Ramanath Srinivasan, Holden, MA, US;

Geary Earl G., Framingham, MA, US;

(74) Zástupce:

Herman Václav Ing., Hlavní 43, Průhonice, 25243;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Superabrazivní kotouč s aktivním pojivem

(57) Anotace:

Rovný, tenký, monolytický brusný kotouč je vytvořen z tvrdých a tuhých brusných zrn a slinutého pojiva zahrnujícího kovovou složku a složku aktivního kovu a vykazuje mimořádnou tuhost. Kovová složka může být vybraná z mnoha slinovatelných kovových kompozic. Aktivní kov je kov schopný reagování pro vytvoření vazby s brusnými zrny za slinovacích podmínek a je přítomný v množství účinném pro integrování zrn a slinutého pojiva na kompozit zesílený zrny. Výhodný je brusný kotouč z diamantového brusiva a slinutého pojiva měď/cín/titan. Kotouč je užitečný pro brusné operace v elektronickém průmyslu, jako řezání křemíkových plátek a puků z oxidu hlinitého a karbidu titanu. Tuhost těchto nových brusných kotoučů je vyšší než běžných rovných monolytických kotoučů k dosažení zlepšené přesnosti řezu a menšího vylamování bez zvýšení tloušťky kotouče, bez průvodní zvýšené ztráty prořezem.

CZ 2001 - 2476 A3

Superabrazivní kotouč s aktivním pojivem

Oblast techniky

Tento vynález se týká tenkých brusných kotoučů pro broušení velmi tvrdých materiálů, jako jsou materiály používané v elektronickém průmyslu.

Dosavadní stav techniky

Brusné kotouče, které jsou jak velmi tenké, tak i velmi tuhé, jsou komerčně důležité. Například tenké brusné kotouče se používají při odřezávání tenkých odřezků a při provádění dalších brusných operací při zpracování křemíkových plátek a takzvaných puků z kompozice oxidu hlinitého a karbidu titanu při výrobě elektronických produktů. Křemíkové destičky se obecně používají pro integrované obvody a puků z oxidu hlinitého a z karbidu titanu se používají pro zhotovování hlav pohybujiících se tenkých filmů pro zaznamenávání a přehrávání magneticky uložených informací. Použití tenkých brusných kotoučů pro broušení křemíkových destiček a puků z oxidu hlinitého a karbidu titanu je dobře vysvětleno v patentu US č. 5,313,742, přičemž celé odhalení z tohoto patentu je zde zahrnuto jako odkaz.

Jak je uvedeno v tomto patentu '742, vytváří zhotovování křemíkových destiček a puků z oxidu hlinitého a karbidu titanu potřebu rozměrově přesných řezů s malým odpadem materiálu obrobku. Ideálně by měly být řezné čepele pro provádění takovýchto řezů co možná nejtužší a prakticky co netenčí, protože čím je čepel tenčí, tím produkuje méně odpadu a čím je čepel tužší, tím přímější řez bude. Avšak tyto charakteristiky jsou v konfliktu, protože čím je čepel tenčí, tím se stává méně tuhá.

Průmysl se vyvíjel k používání monolitických brusných kotoučů seskupených dohromady na upínací montážní ose. Jednotlivé kotouče ve skupině jsou od sebe axiálně oddělené

nestlačitelnými a trvanlivými rozpěrkami. Tradičně mají jednotlivé kotouče jednotný axiální rozměr od upínací díry kotouče k jeho obvodu. Ačkoliv jsou docela tenké, je axiální rozměr těchto kotoučů větší, než se požaduje pro to, aby se zajistila odpovídající tuhost pro dobrou přesnost řezu. Aby se však udržela tvorba odpadu v přijatelných mezích, tloušťka se zmenšuje. Toto snižuje tuhost kotouče na méně, než je ideální.

Tak je vidět, že běžný rovný kotouč vytváří více odpadu z obrobku než tenčí kotouč a produkuje více pilin a nepřesných řezů, než by produkoval tužší kotouč. Patent č. '742 se snaží zlepšit výkon sdružených přímých kotoučů zvětšením tloušťky vnitřní části ležící radiálně ven od upínací díry. Bylo objeveno, že monolitický kotouč se silnou vnitřní částí byl tužší než přímý kotouč s rozpěrkami. Avšak kotouč podle patentu '742 trpí toutéž, že se vnitřní část nepoužívá pro řezání, a tedy objem brusiva ve vnitřní části je vyplýtváný. Protože tenké brusné kotouče, zejména kotouče pro řezání oxidu hlinitého s karbidem titanu, využívají nákladné brusné hmoty, jako je diamant, jsou náklady na kotouč podle patentu '742 díky vyplýtvanému objemu brusiva ve srovnání s přímým kotoučem vysoké.

Je žádoucí mít rovný, monolitický, tenký brusný kotouč, který by měl ve srovnání s běžnými kotouči zvýšenou tuhost. Bez ohledu na geometrii kotouče je tuhost určovaná vnitřní pevností materiálů konstrukce kotouče. Monolitické kotouče jsou v základu vyráběné z brusných zrn a pojiva, které drží tato brusná zrna v požadovaném tvaru. Až dosud bylo pro tenké brusné kotouče určené pro řezání tvrdých materiálů, jako jsou křemíkové destičky a puký z oxidu hlinitého a karbidu titanu, normálně používáno kovové pojivo. Ze stavu techniky je známá pestrost kompozic kovových pojiv pro držení diamantových zrn, jako je měď, zinek, stříbro, nikl nebo například slitiny oceli. Nyní bylo objeveno, že

přídavek alespoň jedné složky aktivního kovu ke kompozici kovového pojiva může způsobit to, že diamantová zrna chemicky reagují během tvorby pojiva s aktivní kovovou složkou a tím vytvářejí integrovaný kompozit zesílená zrnem. Velmi vysoká vnitřní pevnost těchto zrn spolu s chemickou vazbou zrn ke kovu tak vytváří podstatně zvýšenou tuhost brusné struktury.

Podstata vynálezu

Podle toho poskytuje stávající vynález brusný kotouč, který zahrnuje rovný, monolitický brusný disk zesílený zrnem, který má rovnoměrnou šířku v rozsahu kolem 20 až 2.500 μm a sestává v podstatě asi z 2,5 až 50 objemových % brusných zrn a doplňkového množství pojiva, které zahrnuje kovovou složku a aktivní kov, který tvoří při slinování chemickou vazbu s brusnými zrny, přičemž aktivní kov je přítomný v množství účinném pro vytvoření modulu pružnosti brusného kotouče zesíleného zrnem alespoň o 10 % vyšší, než je modul pružnosti slinutého kotouče téhož složení, avšak bez aktivního kovu.

Poskytuje se zde také způsob řezání obrobku, který zahrnuje krok styku obrobku s brusným kotoučem skládajícím se z rovného, monolitického brusného disku zesíleného zrnem, který má jednotnou šířku v rozsahu asi 20 až 2.500 μm , sestává v podstatě asi z 2,5 až 50 objemových % brusných zrn a doplňkového množství pojiva skládajícího se z kovové složky a aktivního kovu, který tvoří s brusnými zrny při slinování chemickou vazbu, a tento aktivní kov je přítomný v množství účinném pro vytvoření modulu pružnosti brusného kotouče zesíleného zrnem alespoň o 10 % vyšším než je modul pružnosti slinovaného kotouče téhož složení, avšak bez aktivního kovu.

Tento vynález dále poskytuje způsob výroby brusného nástroje, který sestává z kroků:

(a) poskytnutí předem vybraných poměrů přísad ve formě částic, které zahrnují

(1) brusná zrna,

(2) kovovou složku sestávající v podstatě z hlavní frakce mědi a menší frakce cínu a

(3) aktivní kov, který může tvořit při slinování chemickou vazbu s brusným zrnem,

(b) míchání přísad ve formě částic pro vytvoření stejnoměrné kompozice,

(c) umístění stejnoměrné kompozice do formy předem zvoleného tvaru,

(d) stlačení formy na tlak v rozsahu kolem 345 až 690 MPa po dobu trvání účinnou pro vytvoření lisovaného výrobku,

(e) ohřátí vylisovaného výrobku na teplotu v rozsahu asi 500 až 900 °C po dobu trvání účinnou pro slinování kovové složky a aktivního kovu na slinuté pojivo a tak integrování brusných zrn a slinutého pojiva do kompozitu zesíleného zrnem a

(f) ochlazení kompozitu zesíleného zrnem pro vytvoření brusného nástroje.

Stávající vynález se může aplikovat na rovné, kruhové, monolitické brusné kotouče. Výraz "rovný" znamená, že axiální tloušťka kotouče je jednotná na každém poloměru od poloměru upínací díry k vnějšímu poloměru kotouče. Jedna důležitá aplikace určená pro tyto kotouče je krájení tenkých odřezků, jako jsou destičky a puky z neorganických hmot, s přesností a se sníženou ztrátou prořezem. Často se kvalitní výsledky dosáhnou práci hřídele za vysokých řezných rychlostí, to jest rychlosti brusného povrchu ve stříku s obrobkem. Taková výkonostní kritéria a pracovní podmínky se obvykle dosahují za použití kotoučů mimořádně malých, s rovnoměrnou tloušťkou a velkého průměru. Proto je mimořádným rysem výhodných kotoučů podle tohoto vynálezu

charakteristicky vysoká štíhlost. Štíhlost je definovaná jako poměr vnějšího průměru kotouče děleného rozměrem axiálního příčného řezu, to jest tloušťkou kotouče. Štíhlostní poměr má být kolem 20 až 6000, s výhodou kolem 100 až 1200 a výhodněji asi 250 až 1200 k 1.

Stejnoměrnost tloušťky kotouče se udržuje v úzké toleranci, aby se dosáhlo požadovaného provedení řezu. Stejnoměrná tloušťka je s výhodou v rozsahu kolem 20 až 2.500 μm , výhodněji kolem 100 až 500 μm a nejvýhodněji kolem 100 až 200 μm . Výhodná je proměnlivost tloušťky méně než asi 5 μm . Průměr upínací díry je typicky kolem 12 až 90 mm a průměr kotouče je kolem 50 až 120 mm.

Výraz "monolitický" znamená, že je materiál brusného kotouče naprosto rovnoměrné složení od poloměru upínací díry k poloměru kotouče. To znamená, že v zásadě celé těleso monolitického kotouče je brusný disk, který se skládá z brusných zrn uložených ve slinutém pojivu. Brusný disk nemá nějakou integrální, nebrusnou část pro konstrukční nosič této brusné části, jako je například kovové jádro, na kterém je upevněná brusná část brusného hřídele.

V zásadě se brusný disk podle tohoto vynálezu skládá ze tří přísad, totiž z brusných zrn, kovové složky a složky aktivního kovu. Kovová složka a aktivní kov tvoří dohromady slinuté pojivo pro držení brusných zrn v požadovaném tvaru kotouče. Slinuté pojivo se dosahuje podrobením těchto komponent vhodným slinovacím podmínkám. Výraz "aktivní kov" znamená prvek nebo směs, která je při slinování schopná reakce s povrchem brusných zrn. Aktivní kov se proto k brusným zrnům pojí chemicky. Dále je aktivní kov přítomný v množství účinném pro vytvoření komplexu se zrny a slinutým pojivem do kompozitu zesíleného zrnem. V důsledku toho je moudře zvolenou, vhodně vysokou tuhostí a také velkou tvrdostí brusných zrn celková tuhost matrice brusivo-slinuté pojivo zvýšená aktivní kovovou složkou vážící se během

slinování k brusným zrnům.

Primárním ohledem na výběr brusných zrn je to, že materiál brusiva má být tvrdší než materiál, který se má řezat. Obvykle se budou brusná zrna tenkých brusných kotoučů vybírat z velmi tvrdých materiálů, protože se tyto kotouče typicky používají pro broušení mimořádně tvrdých materiálů, jako je oxid hlinitý s karbidem titanu. Jak bylo zmíněno, je důležité, že hmota brusiva musí mít také dostatečně vysokou tuhost, aby zesílila strukturu pojiva. Toto dodatečné kritérium pro výběr brusného materiálu normálně připadá na zajištění, že modul pružnosti materiálu brusiva je vyšší a s výhodou značně vyšší než modul pružnosti slinutého pojiva. Reprezentativní tvrdé brusné látky pro použití u tohoto vynálezu jsou takzvaná superabraziva, jako je diamant a kubický nitrid bóru, a ostatní tvrdá brusiva, jako je karbid křemíku, tavený oxid hlinitý, mikrokrytalický oxid hlinitý, nitrid křemíku, karbid bóru a karbid wolframu. Také se mohou použít směsi alespoň dvou z těchto brusiv. Výhodný je diamant.

Brusná zrna se obvykle užívají ve formě jemných částic. Velikost částice zrn pro kotouče do průměru asi 120 mm má být obecně v rozsahu kolem 0,5 až 100 μm a s výhodou asi 10 až 30 μm . Velikost zrna pro kotouče o větším průměru může být proporcionálně větší.

Kovová složka podle tohoto vynálezu může být jediný kovový prvek nebo směs několika prvků. Reprezentativní prvky vhodné pro použití u tohoto vynálezu zahrnují měď, cín, kobalt, železo, nikl, stříbro, zinek, antimon a mangan. Příklady směsí zahrnují měď-cín, měď-cín-železo-nikl, měď-zinek-stříbro, měď-nikl-zinek, měď-nikl-antimon. Také se mohou použít kovové směsi, jako je kobalt-karbid wolframu, nikl-měď-antimon-karbid tantalu a slitiny obsahující nekovy. Nekovová složka typicky zvyšuje tvrdost kovu nebo snižuje teplotu tavení kovu, což napomáhá nízké slinovací teplotě a

tím se vyhýbá poškození diamantu způsobovanému vystavení vysokým teplotám. Příklady takových směsí a slitin obsahujících nekovy zahrnují nikl-měď-mangan-křemík-železo a nikl-bór-křemík. Kovová složka je obecně přítomná jako prášek o malé velikosti částic. Práškové částice kovové složky o několika složkách mohou být buď jednotlivé prvky, předslitiny nebo směsi obou z nich.

Díky aktivní kovové složce se slinuté pojivo chemicky k brusným zrnům spíše váže, než aby je jen obklopovalo. Zrna nového, aktivně pojeného tenkého kotouče mohou být tedy výrobku poskytnuta s větším obnažením, než mohla být zrna neaktivně pojených kotoučů. Navíc se mohou používat jemněji slinované pojivové kompozice. Tyto znaky poskytují tu výhodu, že kotouč bude řezat volněji, s menším sklonem k zatížení a bude tedy pracovat s nižší spotřebou energie. Pro kovovou složku, která vytváří relativně jemné pojivo, je výhodná kompozice měď-cín.

Pro kovovou složku měď-cín je obecně hlavní frakce měď (t.j. > 50 % hmotnosti) a minoritní frakce (t.j. < 50 % hmotnosti) je cín. Kompozice měď-cín sestává s výhodou v podstatě z asi 50 až 90 % hmotnosti mědi a kolem 10 až 40 % hmotnosti cínu, výhodněji asi z 70 až 90 % hmotnosti mědi a asi 10 až 30 % hmotnosti cínu. Nejvýhodněji pak sestává asi z 70 až 75 % hmotnosti mědi a z 25 až 30 % hmotnosti cínu. Jak bude vysvětlovat níže uvedený popis přípravy nových, aktivně pojených tenkých brusných kotoučů, kovová složka se obvykle dodává do procesu zhotovování kotouče ve formě jemných částic.

Složka aktivního kovu se volí pro slučitelnost jak s kovovou složkou, tak i s brusnými zrny. To znamená, že za slinovacích podmínek musí aktivní kov zhušťovat s kovovou složkou, aby vytvořili pevné slinuté pojivo, a to by mělo reagovat s povrchem brusných zrn, aby s nimi vytvořilo chemickou vazbu. Výběr složky aktivního kovu může do značné

míry záviset na složení kovové složky, složení brusných zrn a slinovacích podmínkách. Reprezentativní materiály pro složku aktivního kovu jsou titan, zirkon, hafnium, chrom, tantal a směsi alespoň dvou z nich. Ve směsi mohou být kovy aktivní složky dodávány jako částice jediného kovu nebo jako slitiny. Výhodný je titan, zejména ve spojení s kovovou složkou měď-cín a diamantovým brusivem.

Aktivní složka může být přidána buď v elementární formě, nebo jako směs kovu a prvků neaktivní složky. Elementární titan reaguje s vodou a nebo s kyslíkem při nízké teplotě, aby vytvořil oxid titaničitý, a tedy se stává nevhodný pro reakci s brusivem během slinování. Přidávání elementárního titanu je tedy méně výhodné, když je přítomná voda nebo kyslík. Když se přidává titan ve formě směsi, musí být tato směs schopná disociace na elementární formu před slinovacím krokem, aby se titanu umožnilo reagovat s brusivem. Jedna výhodná forma směsi titanu pro užití u tohoto vynálezu je hydrid titanu, TiH_2 , který je stabilní asi do $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nad přibližně $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ hydrid titanu disociuje na titan a vodík.

Jak složky kovové komponenty, tak i složky aktivního kovu jsou s výhodou zahrnuté do pojivové směsi ve formě částic. Tyto částice mají mít malou velikost částic, aby napomáhaly dosažení rovnoměrné koncentrace v celém slinutém pojivu a optimálního styku s brusnými zrny během slinování a vyvinutí dobré pevnosti pojiva na zrnech. Výhodné jsou jemné částice o maximálním rozměru $44\text{ }\mu\text{m}$. Velikost částic kovových prášků může být určena filtrováním částic přes síto o dané velikosti ok. Namříklad největší částice nominální velikosti $44\text{ }\mu\text{m}$ projdou přes síto s normalizovanými oky US 325.

Podle jednoho výhodného provedení zahrnuje aktivně pojený, tenký brusný kotouč slinuté pojivo z přibližně 45 až 75 % hmotnosti mědi, kolem 20 až 35 % hmotnosti cínu a asi 5 až 20 % hmotnosti aktivního kovu, kde celek dává 100 % hmotnosti. U jednoho obzvláště výhodného provedení je aktivní

kov titan. Jak bylo zmíněno, dává se přednost, zahrnout složku titanu ve formě hydridu titanu. Malý rozdíl mezi molekulovou hmotností elementárního titanu a hydridu titanu se může obvykle zanedbat. Avšak kvůli jasnosti se poznamenává, že kompozice, které se zde uvádějí, odkazují na přítomný titan, pokud není specificky naznačeno jinak.

Nový brusný kotouč se v základě vyrábí procesem zhušťování takzvaného typu s "nevytápěným lisem" nebo "vytápěným lisem". U procesu s nevytápěným lisem, na který se příležitostně odkazuje jako na "beztlakové slinování", se směs složek zavádí do formy požadovaného tvaru a při teplotě místnosti se aplikuje vysoký tlak, aby se získal kompaktní ale drobný lisovaný výrobek. Tento vysoký tlak je obvykle asi nad 300 MPa. Následně se tlak uvolní a lisovaný výrobek se z formy odstraní a pak se ohřeje na slinovací teplotu. Ohřátí pro slinování se normálně dělá, když je lisovaný výrobek zatěžován zvýšeným tlakem v atmosféře inertního plynu, což je nižší tlak, než je tlak předslinovacího kroku, to jest méně než kolem 100 MPa a s výhodou méně než asi 50 MPa. Slinování se také může provádět ve vakuu. Během tohoto nízkotlakového slinování se může lisovaný výrobek, jako je disk pro tenký brusný kotouč, výhodně umístit v nějaké formě a/nebo vložit mezi ploché desky.

U procesu s vytápěným lisem se směs složek kompozice pojiva ve formě částic vloží do formy, která je typicky z grafitu, a stlačí se za vysokého tlaku jako u nevytápěného procesu. Avšak využívá se inertní plyn a vysoký tlak se udržuje, zatímco teplota se zvyšuje, a tím se dosáhne zhuštění, když je předlisek pod tlakem.

Počáteční krok procesu zhotovení brusného kotouče zahrnuje plnění složek do formy určující tvar. Složky se mohou přidávat jako rovnoměrná směs oddělených brusných zrn, částic podílu kovové složky a částic podílu složky aktivního kovu. Tato stejnoměrná směs se může vytvářet za použití

jakéhokoli vhodného míchacího zařízení známého ze stavu techniky pro míchání směsi zrn a částic v předem zvoleném poměru. Ilustrativní míchací výbava může zahrnovat čistící bubny s dvojkuželem, dvouplášťové čistící bubny ve tvaru V, pásové míchačky, čistící bubny s horizontálním bubnem a mísiče se stacionárním pláštěm a vnitřním šroubem.

Měď a cín mohou být předem slité a mohou se zavádět jako částice bronzů. Další volba zahrnuje kombinování a pak míchání kompozice surového bronzu ve formě částic, přídavných částic mědi a/nebo cínu, částic aktivního kovu a brusných zrn až do rovnoměrnosti.

U jednoho základního provedení vynálezu jsou brusná zrna před slinováním pojiva nepovlečená. To znamená, že brusná zrna jsou na svém povrchu bez kovu. Další provedení vyžaduje předběžné povlečení brusných zrn vrstvou zahrnující celou nebo část ze složky aktivního kovu před mechanickým mícháním všech složek. Tato technika může zvýšit tvorbu chemické vazby mezi brusnými zrny a aktivním kovem během slinování.

Tato vrstva může mít molekulární tloušťku, jak se může získat například chemickým pokovením srážením par nebo fyzikálním pokovením srážením par, nebo makromolekulární tloušťku. Když se použije molekulární tloušťka, doporučuje se doplnit množství aktivního kovu v předběžném povlaku přídavným aktivním kovem ve směsi zrn a složek pojivové kompozice. Molekulární tloušťka předběžného povlaku nemá obvykle samotná dostatečné množství aktivního kovu, aby se dosáhlo užitečných výsledků, které lze tímto vynálezem docílit.

Povlak o makromolekulární tloušťce lze dosáhnout (A) smícháním jemného prášku složky aktivního kovu a účinného množství prchavého kapalného pojiva na homogenní směs ve formě lepivé pasty; (B) smícháním brusných zrn s touto přilnavou pastou pro namočení alespoň většího dílu plochy povrchu zrna touto přilnavou pastou a (C) vysušení kapalného

pojiva, obvykle teplem, aby zůstal zbytek částic prášku aktivního kovu mechanicky přichycený k brusným zrnům. Účelem mechanického přichycení je udržet částice aktivního kovu v blízkosti zrn alespoň až do slinování, kdy chemická vazba učiní přichycení trvalé. Na tuto pastu se může použít jakékoli běžné prchavé kapalné pojivo. Termín "prchavé" znamená, že kapalné pojivo má schopnost vyklidit kompozici pojiva při zvýšené teplotě, s výhodou pod slinovací teplotou, a bez nepříznivého ovlivňování slinovacího procesu. Toto pojivo by mělo být dostatečně těkavé, aby se v podstatě úplně odpařilo a/nebo pyrolyzovalo během slinování, aniž by zanechalo nějaký zbytek, který by mohl rušit funkci pojiva. S výhodou se toto pojivo bude odpařovat asi pod 400 °C. Pojivo se může míchat s částicemi mnoha způsoby známými dobře ze stavu techniky.

Směs složek, které se mají dávkovat do formy určující tvar, může zahrnovat menší množství volitelných procesních přídavných látek, jako je parafinový vosk, Acrowax a stearan zinečnatý, které se obvykle v průmyslu brusiv používají.

Jakmile je připravena stejnoměrná směs, naplní se do vhodné formy. U jednoho výhodného slinovacího procesu s nevytápěným lisem se může obsah formy stlačit vně aplikovaným mechanickým tlakem za teploty okolí asi na 345 až 690 MPa. Pro tuto operaci se může například použít příkopový lis. Stlačení se obvykle udržuje po dobu 5 až 15 sekund, načež se tlak uvolní. Obsah formy se následně zvýší na slinovací teplotu, která musí být dost vysoká, aby vyvolala to, že se kompozice pojiva zhustí, ale v podstatě se úplně neroztaví. Slinovací teplota by měla být alespoň kolem 500 °C. Ohřátí se má provádět v inertní atmosféře jako ve vakuu o nízkém absolutním tlaku nebo pod pláštěm inertního plynu. Je důležité vybrat kovové pojivo a složky aktivního kovu, které nevyžadují slinování při tak vysokých teplotách, kdy by byla brusná zrna nepříznivě ovlivňována.

Například diamant začíná grafitizovat přibližně nad 1100 °C. Slinování kotoučů s diamantovým brusivem musí být tedy navrženo tak, aby nastávalo bezpečně pod touto teplotou, s výhodou asi pod 950 °C a výhodněji přibližně pod 900 °C. Slinovací teplota se má udržovat po dobu trvání účinnou pro slinování složek pojiva a pro současné reagování aktivního kovu s brusnými zrny. Slinovací teplota se typicky udržuje asi po dobu 30 až 120 minut.

Při jednom výhodném procesu s vytápěným lisem jsou podmínky obecně ty samé jako pro lisování s nevytápěným lisem, kromě toho, že se tlak udržuje až do dokončení slinování. Jak při beztlakovém slinování tak i při lisování za horka po slinování se formy sníží na okolní teplotu a slinované výrobky se odstraní. Výrobky se dokončí běžnými postupy, jako je lapování, aby se získaly požadované rozměrové tolerance.

Výše uvedené slinování a pojení tak integruje brusná zrna do slinutého pojiva, takže tvoří kompozit zesílený zrnem. Aby se usnadnila tvorba kompozitu zesíleného zrnem a také připravilo dobře obnažené brusivo, je výhodné použít ve slinutém výrobku kolem 2,5 až 50 objemových % brusných zrn a doplňkové množství slinutého pojiva.

Výhodný brusný nástroj podle tohoto vynálezu je brusný kotouč. Podle toho je typický tvar formy tvar tenkého disku. Může se použít forma celistvého disku a v tom případě se po slinování může středová část disku odstranit, aby se vytvořila díra pro vřeteno. Alternativně se pro vytvoření díry pro vřeteno in situ může použít forma mezikruhového tvaru. Tato poslední technologie se díky vyřazení středové části slinutého disku vyplněné brusivem vyhýbá odpadu.

Při úspěšném vytvoření struktury kompozice zesílené zrnem budou brusná zrna přispívat k tuhosti kotouče. Jak bylo tedy uvedeno výše, je důležité, aby se brusivo vybralo nejen pro tradiční charakteristiky tvrdosti, rázové

houževnatosti a podobně, ale také pro vlastnosti tuhosti, které jsou určené například modulem pružnosti. I když není žádoucí, aby to bylo spojováno s nějakou zvláštní teorií, má se za to, že velmi tuhé brusné částice integrované do slinutého pojiva následkem chemické vazby se složkou aktivního kovu značně přispívají k tuhosti kompozitu. Uvažuje se, že tento příspěvek se vyskytuje, protože napětová namáhání kompozitu během provozu jsou účinně přenášena na vnitřně velmi tuhá brusná zrna. Praktickým provedením tohoto vynálezu je tedy možné získat rovné, aktivně pojené tenké brusné kotouče, které jsou tužší než konvenční kotouče stejné tloušťky. Tyto nové kotouče jsou relativně oproti tradičním rovným kotoučům užitečné pro provádění přesnějších řezů a menší úběr třísky, aniž by se obětovala ztráta na řezné spáře.

Tuhost tohoto nového brusného kotouče by měla být relativně k běžným kotoučům značně zvýšená. U jednoho výhodného provedení je modul pružnosti aktivně pojeného brusného kotouče vyšší než modul pružnosti samotných slinutých složek pojiva (t.j. kovové složky plus složky aktivního kovu bez brusných zrn) a také je alespoň kolem 100 GPa a s výhodou alespoň kolem 150 GPa. U jiného výhodného provedení je modul pružnosti kotouče alespoň přibližně dvojnásobek modulu pružnosti slinutého pojiva bez brusných zrn.

Tento vynález bude nyní ilustrován na příkladech určitých svých reprezentativních provedení, kde, pokud není naznačeno jinak, všechny části, poměry a procentuální obsahy jsou hmotnostní a velikosti částic jsou určeny označením velikosti ok síta dle US normy. Všechny jednotky tíhy a rozměru, které původně nebyly získány v jednotkách SI, byly do jednotek SI převedeny.

Příklady provedení vynálezu

Příklad 1

Měděný prášek (<400 mesh), cínový prášek (<325 mesh) a hydrid titanu (<325 mesh) byly zkombinovány v poměrech 59,63 % Cu, 23,85 % Sn a 16,50 % TiH_2 . Tato pojivová kompozice byla prosáta přes síto 165 mesh z nerezavějící oceli, aby se odstranily aglomeráty a tato prosátá směs byla důkladně míchána ve značkovém mísiči "Turbula" (Glen Mills, Inc., Clifton, New Jersey) po dobu 30 minut. K této kovové směsi byla přidána diamantová brusná zrna (15 až 25 μm) od GE Superabrasives, Worthington, Ohio, aby se vytvořila směs obsahující 18,75 objemových % diamantu. Tato směs byla míchána v mísiči Turbula po 1 hodinu, aby se získala homogenní kompozice brusiva a pojiva.

Tato kompozice brusiva a pojiva byla umístěna do ocelové formy, která měla dutinu o vnějším průměru 121,67 mm, vnitřním průměru 6,35 mm a stejnou hloubku 0,81 mm. Surový kotouč byl vytvořen stlačením této formy za teploty okolí při 414 MPa (4,65 tun/cm²) po dobu 10 sekund. Surový kotouč se odstranil z formy, pak byl ohříván ve vakuu na 850 °C po dobu 2 hodin mezi horizontálními plochými deskami se zátěží 660 g umístěnou na horní desce. Horkému slinutému výrobku bylo dovoleno, aby se pozvolna ochladil na 250 °C, a pak byl ochlazen prudce na teplotu okolí. Kotouč byl broušen na konečnou velikost běžnými metodami zahrnujícími "orovnění" na předem zvolené házení a počáteční orovnění za podmínek představených v tabulce I.

Velikost dokončeného kotouče byla 114,3 mm vnějšího průměru, 69,88 mm vnitřního průměru (průměr díry pro vřeteno) a 0,178 mm tloušťky.

Tabulka I

Orovnávací podmínky příkladů 1-2

orořnáváný kotouč	
rychlost	5593 ot./min.
rychlost řísuvu	100 mm/min.
vysazení od říruby	3,68 mm
orořnávací kotouč	model č. 37C220-H9B4
složení	karbid křemíku
průměr	112,65 mm
rychlost	3000 ot./min.
rychlost pojezdu	305 mm/min.
počet zdvihů	
při 2,5 μ m	40
při 1,25 μ m	40
počáteční orořnání	
rychlost kotouče	2500 ot./min.
orořnávací brousek	typ 37C500-GV
šířka orořnávacího brousku	12,7 mm
vníknutí	2,54 mm
rychlost řísuvu	100 mm/min.
počet zdvihů	12,00

Příklad 2 a porořnávací příklad 1

Nový kotouč zhotovený, jak je popsáno v příkladu 1, a běžný, komerně dostupný kotouč téže velikosti (porořnávací příklad 1) byly použity pro řezání řady plátků v bloku 150 mm délky x 150 mm šířky x 1,98 mm tloušťky, typu 3M-310 (Minnesota Mining a Manufacturing Co., Minneapolis, Minnesota) z oxidu hlinitého a karbidu titanu přilepeného na grafitovém substrátu. Složení kotouče podle porořnávacího příkladu 1 bylo 18,9 % objemu 15/25 μ m diamantových zrn v pojivu z 53,1 % hmotnosti kobaltu, 23,0 % hmotnosti niklu, 12,7 % hmotnosti stříbra, 5,4 % hmotnosti železa, 3,4 % hmotnosti mědi a 2,4 % hmotnosti zinku. Před každým řezem

byly kotouče orovnány, jak je popsáno v tabulce I, kromě toho, že byl použit jediný orovnávací průchod a orovnávací brousek široký 19 mm (12,7 mm pro porovnávací příklad 1). Při každé zkoušce byly brusné kotouče namontované mezi dvěma kovovými podpěrnými distančními tělesy o vnějším průměru 106,93 mm. Byla použita rychlost kotouče byla 7500 ot./min. (9000 ot./min. pro porovnávací příklad 1) a rychlost přísuvu 100 mm/min. a hloubka řezu 2,34 mm. Řezání bylo chlazeno proudem 56,4 l/min. 5 % inhibitoru rezavění stabilizovaného demineralizovanou vodou vytékající obdelníkovou tryskou 1,58 mm x 85,7 mm při tlaku 275 kPa.

Řezné výsledky jsou uvedené v tabulce II. Nový kotouč splňoval dobře všechna kritéria řezného výkonu. Kotouč podle porovnávacího příkladu 1 potřeboval parcovat při rychlosti otáčení vyšší o 20 % a odebíral asi o 45 % větší příkon než nový kotouč (kolem 520 W oproti 369 W).

Tabulka II

	Cum. Length			Wheel Wear			Workpiece		Cut Straightness	Spin Power Draw
	Slices	sliced		Radial	Cum.	factor ¹	Max Chip	Avg Chip		
	No.	No.	m	μm	μm	μm/m	μm	μm	μm	W
Ex. 1	9.0	9.00	1.35	5.08	5.08	3.70	8.00	<5	<5	
	0									
	9.0	18.00	2.70	0.00	5.08	0.00	9.00	5.00	<5	
	0									
	9.0	27.00	4.05	0.00	5.08	0.00	11.00	<5	<5	368-296
	0									
	9.0	36.00	5.40	10.16	15.24	7.40	6.00	<5	<5	
	0									
	9.0	45.00	6.75	2.54	17.78	1.90	10.00	5.00	<5	
	0									
	9.0	54.00	8.10	2.54	20.32	1.90	11.00	5.00	<5	312-368
	0									
Comp.Ex. 1	9.0	63.00	9.45	10.16	30.48	7.40	8.00	<5	<5	
	0									
	9.0	72.00	10.8	2.54	33.02	1.90	9.00	<5	<5	
	0									
	9.0	81.00	12.0	2.54	35.56	<0.5	9.00	<5	<5	376-328
	0									
	9.0	9.00	1.35	5.08	5.08	3.70	11.00	<5	<5	520-536
	0									
	9.0	18.00	2.70	10.16	15.24	7.40				
	0									
	9.0	27.00	4.05	5.08	20.32	3.70				
	0									
	9.0	36.00	5.40	2.54	22.86	1.90	10.00	<5	<5	
	0									
	9.0	45.00	6.75	5.08	27.94	3.70				
	0									
	9.0	54.00	8.10	2.54	30.48	1.90				
	0									
	9.0	63.00	9.45	5.08	35.56	3.70	14.00	<5	<5	560-576
	0									

¹ Wear factor = Radial wheel wear divided by length of workpiece sliced

Kde Wear factor je radiální opotřebení kotouče dělené délkou broušeného obrobku.

Příklady 3 a 4 a porovnávací příklady 2 až 8

Byla testována tuhost kompozic brusného kotouče zesíleného zrnem. Bylo kombinováno množství jemných kovových prášků s diamantovými zrny a bez nich v poměrech uvedených v tabulce III a smícháno do homogenity kompozice jako u příkladu 1. Zkušební tyčky pro zkoušku tahem byly vyrobeny slisováním těchto kompozic ve formách tvaru kosti pro psa za teploty okolí a při tlaku kolem 414 až 620 MPa (30 až 45 tun/inch²) asi po 5 až 10 sekund a pak slinovány ve vakuu, jak je popsáno v příkladu 1.

Zkušební tyčky byly podrobeny zvukovým i standardním měřením modulu v tahu na stroji pro zkoušku tahem Instron. Výsledky jsou uvedeny v tabulce III. Modul pružnosti vzorků zesílených zrnem (příkl. 3 a 4) překračoval 150 GPa. Zvýšená koncentrace diamantu v příkladu 4 modul značně zvyšovala, což potvrzuje, že byl diamant integrován do kompozice. Naopak porovnávací příklad 2 odhalil, že ta samá kompozice pojiva bez zesílení zrnem tuhost díky absenci diamantu dramaticky snížila. Podobně demonstruje porovnávací příklad 3, že diamant uložený v kompozici bronzového pojiva bez aktivní složky poskytuje relativně ubohou tuhost.

U porovnávacího příkladu 4 byla použita diamantová zrna dostupná dříve komerčně u General Electric Co., která byla uváděna výrobcem jako zrna s povrchem povlečeným titanem o tloušťce asi 1 až 2 μm . Tuhost se ve srovnání s případem, kde nebyla přítomná žádná aktivní složka (porovnávací příklad 3), mírně zlepšila, ale kompozic praktického příkladu nedosahovala. Podezřelé důvody pro sníženou účinnost jsou ty, že bylo přítomné příliš malé množství aktivní složky, že titan na povrchu byl před slinováním ve formě karbidu, což činilo titan méně kompatibilní s dalšími kovovými složkami, a/nebo že nekarbidový titan na zrnech byl zoxidovaný.

Porovnávací příklady 5 a 7 demonstrují, že běžné tenké

diamantové kotouče s různými složenými pojiv
měď/cín/nikl/železo mají modul pouze kolem 100 GPa.
Porovnávací příklady 6 a 8 odpovídají složením kotoučů z
porovnávacích příkladů 5 a 7 bez diamantových zrn. Tyto
příklady ukazují, že tuhost pojivových kompozic at' s
diamantem nebo bez diamantu byla přibližně tatáž. Toto
potvrzuje očekávání, že pojivo bez složky aktivního kovu
neintegruje diamant do pojiva tak, aby strukturu zesílil.

Tabulka III

	Comp. Comp. Comp. Comp. Comp. Comp. Comp. Comp. Comp.								
	Ex. 3	Ex. 4	Ex. 2	Ex. 3	Ex. 4	Ex. 5	Ex. 6	Ex. 7	Ex. 8
Copper, wt%	59.50	59.50	59.50	80.00	80.00	70.00	70.00	62.00	62.00
Tin, wt%	24.00	24.00	24.00	20.00	20.00	9.10	9.10	9.20	9.20
Titanium, wt%	16.50	16.50	16.50						
Nickel, wt%						7.50	7.50	15.30	15.30
Iron, wt%						13.40	13.40	13.50	13.50
Diamond, vol. %	18.80	30.00		18.80	18.8*	18.80		18.80	
Sonic Modulus, GPa	176.00	220.00		67.00	80.00	95.00		99.00	
Tensile Modulus, GPa	276.00		110.00	60.00	84.00		106.00	103.00	95.00

* diamond coated with ca. 1-2 μ m titanium

Ačkoliv byly pro ilustraci na příkladech vybrány
specifické formy vynálezu a pro účely popisu těchto forem
vynálezu je předchozí popis je vedený ve zvláštní formě,
není tento popis zamýšlený k tomu, aby omezoval rozsah
vynálezu, který je definovaný v nárocích.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Brusný kotouč zahrnující rovný brusný disk zesílený zrnem, který má stejnou šířku v rozsahu kolem 20 až 2.500 μm a sestává v podstatě asi z 2,5 až 50 objemových % brusných zrn a doplňkového množství pojiva zahrnujícího kovovou složku a aktivní kov, který tvoří při slinování chemickou vazbu s brusnými zrny, přičemž aktivní kov a brusná zrna jsou přítomná v množství účinném pro vytvoření brusného disku zesíleného zrnem, který má hodnotu modulu pružnosti alespoň o 10 % vyšší než je hodnota modulu pružnosti brusného disku téhož složení, ale bez aktivního kovu.

2. Brusný kotouč podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že brusná zrna mají velikost asi 0,5 až 100 μm a brusný disk zesílený zrnem má hodnotu modulu pružnosti alespoň kolem 100 GPa.

3. Brusný kotouč podle nároku 2, v y z n a č u j í c í s e t í m, že hodnota modulu pružnosti se alespoň asi dvakrát tak velká jako hodnota modulu pružnosti slinutého pojiva téhož složení bez brusných zrn.

4. Brusný kotouč podle nároku 3, v y z n a č u j í c í s e t í m, že brusný disk sestává v podstatě asi z 15 až 30 % objemu brusných zrn.

5. Brusný kotouč podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že kovová složka je vybrána ze skupiny sestávající z mědi, cínu, kobaltu, železa, niklu, stříbra, zinku, antimonu, manganu, karbidu kovu a slitin alespoň dvou z nich.

6. Brusný kotouč podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že kovová složka zahrnuje kovovou slitinu nebo kovovou sloučeninu obsahující materiál vybraný ze skupiny sestávající z bóru, křemíku a jejich směsí a kombinací.

7. Brusný kotouč podle nároku 4, v y z n a č u j í c í s e t í m, že aktivní kov je vybraný ze skupiny sestávající z titanu, zirkonia, hafnia, chromu, tantalu a směsi alespoň dvou z nich.

8. Brusný kotouč podle nároku 7, v y z n a č u j í c í s e t í m, že brusná zrna jsou bez povlaku aktivního kovu.

9. Brusný kotouč podle nároku 7, v y z n a č u j í c í s e t í m, že brusná zrna jsou povlečená vrstvou kovu o makromolekulární tloušťce.

10. Brusný kotouč podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že je monolitický.

11. Brusný kotouč podle nároku 5, v y z n a č u j í c í s e t í m, že slinuté pojivo zahrnuje

(a) kolem 45 až 75 % hmotnosti mědi,

(b) kolem 20 až 35 % hmotnosti cínu a

(c) kolem 5 až 20 % hmotnosti aktivního kovu,

kde úhrn (a), (b) a (c) je 100 % hmotnosti.

12. Brusný kotouč podle nároku 11, v y z n a č u j í c í s e t í m, že aktivní kov je vybraný ze skupiny sestávající z titanu, zirkonia, hafnia, chromu, tantalu a směsi alespoň dvou z nich.

13. Brusný kotouč podle nároku 12, v y z n a č u j í c í s e t í m, že aktivní kov je titan.

14. Brusný kotouč podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že brusná zrna jsou z brusiva vybraného ze skupiny sestávající z diamantu, kubického nitridu bóru, karbidu křemíku, taveného oxidu hlinitého, mikrokrytalického oxidu hlinitého, nitridu křemíku, karbidu bóru, karbidu wolframu a směsí alespoň dvou z nich.

15. Brusný kotouč podle nároku 14, v y z n a č u j í c í s e t í m, že brusná zrna jsou diamant.

16. Brusný kotouč podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že sestává v podstatě z brusného disku, který má obvodový věnec o průměru kolem 40 až 120 mm, který definuje axiální díru pro vřeteno asi 12 až 90 mm, který má jednotnou šířku v rozsahu kolem 100 až 500 μm a který v podstatě sestává z diamantových zrn a slinutého pojiva zahrnujícího kolem 59,5 % hmotnosti mědi, 24 % hmotnosti cínu a 16,5 % hmotnosti titanu.

17. Brusný kotouč podle nároku 16, v y z n a č u j í c í s e t í m, že jednotná šířka je v rozsahu kolem 100 až 200 μm .

18. Brusný kotouč zahrnující rovný brusný disk zesílený zrnem, který má stejnou šířku a štíhlost kolem 20 až 6000 k l a sestává v podstatě z kolem 2,5 až 50 objemových % brusných zrn a doplňkového množství pojiva zahrnujícího kovovou složku a aktivní kov, který tvoří při slinování s brusnými zrny chemickou vazbu, přičemž aktivní kov a brusná zrna jsou přítomná v množství účinném pro vytvoření brusného kotouče zesíleného zrnem, který má hodnotu modulu pružnosti alespoň o 10 % vyšší, než je hodnota modulu pružnosti brusného disku téhož složení, avšak bez aktivního kovu.

19. Způsob řezání obrobku sestávající z kroku styku obrobku s brusným kotoučem zahrnujícím rovný brusný disk zesílený zrnem, který má stejnou šířku v rozsahu kolem 20 až 2.500 μm a sestává v podstatě z kolem 2,5 až 50 objemových % brusných zrn a doplňkového množství pojiva, které zahrnuje kovovou složku a aktivní kov, který tvoří s brusnými zrny při slinování chemickou vazbu, přičemž aktivní kov a brusná zrna jsou přítomná v množství účinném pro vytvoření brusného disku zesíleného zrnem, který má hodnotu modulu pružnosti alespoň o 10 % vyšší, než je hodnota modulu pružnosti brusného disku téhož složení, ale bez aktivního kovu.

20. Způsob podle nároku 19, v y z n a č u j í c í s e t í m, že brusný disk dále zahrnuje obvodový věnec o průměru kolem 40 až 120 mm a axiální díru pro vřeteno kolem 12 až 90 mm a u kterého je kovová složka vybraná ze skupiny sestávající z mědi, cínu, kobaltu, železa, niklu, stříbra, zinku, antimonu, manganu, karbidu kovu a slitin alespoň dvou z nich, a aktivní kov je vybraný ze skupiny sestávající z titanu, zirkonu, hafnia, chromu, tantalu a směsi alespoň dvou z nich, přičemž brusná zrna mají velikost kolem 0,5 až 100 μm , a takovýto brusný disk zesílený zrnem má modul pružnosti alespoň kolem 100 GPa a tento modul je alespoň přibližně dvakrát tak velký jako modul pružnosti slinutého pojiva bez brusných zrn.

21. Způsob podle nároku 20, v y z n a č u j í c í s e t í m, že kovová složka zahrnuje kovovou slitinu nebo kovovou směs obsahující materiál vybraný ze skupiny sestávající z bóru, křemíku a jejich směsí a jejich kombinací.

22. Způsob podle nároku 20, v y z n a č u j í c í s e t í m, že průměr obvodového věnce je kolem 50 až 120 mm,

jednotná šířka je v rozsahu kolem 100 až 500 μm a brusný disk sestává v podstatě z diamantových zrn a slinutého pojiva skládajícího se v podstatě z (a) kolem 45 až 75 % hmotnosti mědi, (b) kolem 20 až 35 % hmotnosti cínu a (c) kolem 5 až 20 % hmotnosti aktivního kovu, kde součet (a), (b) a (c) je 100 % hmotnosti.

23. Způsob podle nároku 19, v y z n a č u j í c í s e t í m, že obrobek je oxid hlinitý s karbidem titanu.

24. Způsob zhotovení brusného nástroje, který se skládá z kroků

(a) zajištění předem zvolených podílů přísad ve formě částic skládajících se z

(1) brusných zrn,

(2) kovové složky sestávající v podstatě z hlavní frakce mědi a minoritní frakce cínu a

(3) aktivního kovu, který je za slinovacích podmínek chemicky reaktivní s brusnými zrny,

(b) míchání přísad ve formě částic do formy homogenní kompozice,

(c) umístění této homogenní kompozice do formy předem zvoleného tvaru,

(d) slisování formy na tlak v rozsahu kolem 345 až 690 MPa po dobu trvání účinnou pro vytvoření vylisovaného výrobku,

(e) ohřátí vylisovaného výrobku na teplotu v rozsahu kolem 500 až 900 $^{\circ}\text{C}$ po dobu trvání účinnou pro slinování kovové složky a aktivního kovu na slinuté pojivo a tím integrování brusných zrn a slinutého pojiva do kompozice zesílené zrnem a

(f) ochlazení kompozice zesílené zrnem na formu brusného nástroje.

25. Způsob podle nároku 24, který dále zahrnuje krok snižování tlaku na lisovaný výrobek na tlak menší než asi 100 MPa po lisovacím kroku a udržování tlaku na méně než asi 100 MPa během kroku ohřívání.

26. Způsob podle nároku 25, v y z n a č u j í c í s e t í m, že se tlak na lisovaný výrobek zredukuje a udržuje během kroku ohřívání na tlaku kolem 10 až 40 MPa.

27. Způsob podle nároku 25, v y z n a č u j í c í s e t í m, že brusný nástroj je disk, který má stejnou šířku v rozsahu kolem 100 až 500 μm a obvodový věnec o průměru kolem 50 až 120 mm, přičemž disk definuje axiální díru pro vřeteno kolem 12 až 90 mm.

28. Způsob podle nároku 27, který dále zahrnuje kroky odstranění disku z formy po kroku slisování a vložení disku mezi ploché desky předeprnuté během kroku ohřívání proti disku.

29. Způsob podle nároku 27, v y z n a č u j í c í s e t í m, že disk má stejnou šířku v rozsahu kolem 100 až 200 μm .

30. Způsob podle nároku 20, v y z n a č u j í c í s e t í m, že krok ohřívání nastává, když se lisovaný výrobek udržuje při tlaku kroku lisování.

31. Způsob podle nároku 24, v y z n a č u j í c í s e t í m, že brusná zrna jsou připravena bez povlaku aktivního kovu.

32. Způsob podle nároku 24, v y z n a č u j í c í s e t í m, že brusná zrna se před krokem míchání povléknou vrstvou kovu o makromolekulární tloušťce.

33. Způsob podle nároku 24, v y z n a č u j í c í s e t í m, že přísady ve formě částic zahrnují (a) kolem 45 až 75 % hmotnosti mědi, (b) kolem 20 až 35 % hmotnosti cínu a (c) kolem 5 až 20 % hmotnosti aktivního kovu vybraného ze skupiny sestávající z titanu, zirkonu, hafnia, chromu, tantalu a směsi alespoň dvou z nich, kde úhrn (a), (b) a (c) je 100 % hmotnosti.

34. Způsob podle nároku 33, v y z n a č u j í c í s e t í m, že krok vybavení dále zahrnuje

(i) míchání jemného prášku složky aktivního kovu a účinného množství kapalného pojiva na homogenní kompozici ve formě lepidivé pasty,

(ii) míchání brusných zrn s adhezni pastou pro zvlhčení alespoň většího podílu plochy povrchu zrn touto adhezni pastou a

(iii) účinné sušení tekutého pojiva pro zanechání zbytku částic prášku aktivního kovu přichycených mechanicky k brusným zrnům.

35. Způsob podle nároku 24, v y z n a č u j í c í s e t í m, že brusná zrna zahrnují kolem 20 až 50 % objemu brusných zrn přísad ve formě částíček a sestává v podstatě z brusiva vybraného ze skupiny skládající se z diamantu, kubického nitridu bóru, karbidu křemíku, tavený oxid hlinitý, mikrokryсталický oxid hlinitý, nitrid křemíku, karbid bóru, karbid wolframu a směsi alespoň dvou z nich.

36. Způsob podle nároku 35, v y z n a č u j í c í s e t í m, že brusná zrna jsou diamant.