



Sverige

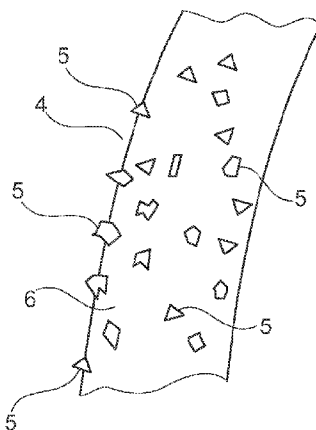
(12) Patentskrift

(10) SE 537 723 C2

|                                   |            |                  |           |
|-----------------------------------|------------|------------------|-----------|
| (21) Patentansökningsnummer:      | 1150720-9  | (51) Int.Cl.:    |           |
| (45) Patent meddelat:             | 2015-10-06 | <b>B24D 3/06</b> | (2006.01) |
| (41) Ansökan allmänt tillgänglig: | 2013-01-23 | <b>B24D 3/24</b> | (2006.01) |
| (22) Ingivningsdag:               | 2011-07-22 |                  |           |
| (24) Löpdag:                      | 2011-07-22 |                  |           |
| (30) Prioritetsuppgifter:         | ---        |                  |           |

- (73) Patenthavare: SlipNaxos AB, Folkparksvägen 31, 593 83 Västervik SE
- (72) Uppfinnare: Stefan Bergh, Västervik SE  
Ida Johansson, Västervik SE  
Michael Tholin, Västervik SE  
Fredrik Westberg, Västervik SE
- (74) Ombud: Hynell Patenttjänst AB, Box 138, 683 23, Hagfors SE
- (54) Benämning: Ett slipverktyg för bearbetning av spröda material samt ett förfarande för framställning av ett slipverktyg
- (56) Anförda publikationer: JP 2002001668 A · JP 2009241157 A · US 6063148 A · É. D. Kizikov et al, Microadditions to alloys of the system Cu-Sn-Ti, Institute of Superhard Materials, Academy of Science of the Ukrainian SSR, Kiev, Translated from Metallovedenie i Termicheskaya Obrabotka Metallov, No. 1, pp. 50-53 January, 1987
- (57) Sammandrag:

Uppfinningen avser ett slipverktyg 1 för bearbetning av spröda material. Slipverktyget 1 har en kärna 2 och en abrasiv kant 4. Den abrasiva kanten 4 innefattar abrasiva partiklar 5 inbäddade i en grundmassa 6. Grundmassan 6 innefattar ett metalliskt bindemedel och möjligen även ett polymert bindemedel. Det metalliska bindemedlet innefattar kiselnitrid i en mängd som utgör 0.02 – 5.0 volym-% av det metalliska bindemedlet. Uppfinningen avser även ett förfarande för framställning av slipverktyget. I förfarandet blandas abrasiva partiklar med metallpulver och kiselnitrid och blandningen sintras. Polymerpulver kan också tillsättas före sintring.



## SAMMANDRAG

- Uppfinningen avser ett slipverktyg 1 för bearbetning av spröda material. Slipverktyget 1 har en kärna 2 och en abrasiv kant 4. Den abrasiva kanten 4 innefattar abrasiva partiklar 5 inbäddade i en grundmassa 6. Grundmassan 6 innefattar ett metalliskt bindemedel och
- 5 möjligen även ett polymert bindemedel. Det metalliska bindemedlet innefattar kiselnitrid i en mängd som utgör 0.02 – 5.0 volym-% av det metalliska bindemedlet. Uppfinningen avser även ett förfarande för framställning av slipverktyget. I förfarandet blandas abrasiva partiklar med metallpulver och kiselnitrid och blandningen sintras. Polymerpulver kan också tillsättas före sintring.

## ETT SLIPVERKTYG FÖR BEARBETNING AV SPRÖDA MATERIAL SAMT ETT FÖRFARANDE FÖR FRAMSTÄLLNING AV ETT SLIPVERKTYG

### 5 UPPFINNINGENS OMRÅDE

Uppfinningen avser ett slipverktyg, i synnerhet ett slipverktyg för att slipa hårda och/eller spröda material såsom volframkarbid. Slipverktyget kan i synnerhet vara en slipskiva. Uppfinningen avser även ett förfarande för att framställa ett sådant slipverktyg.

10

### BAKGRUND TILL UPPFINNINGEN

Slipverktyg såsom slipskivor används för bearbetning av spröda material. Ett område där sådana slipverktyg används är bearbetning av sådana verktyg som är gjorda av hårdmetall (volframkarbid). Till exempel kan slipverktyg användas i

15 bearbetningsoperationer i vilka borrar eller fräsverktyg formas genom slipning. Om det arbetsstycke som skall formas är gjort av ett hårt material såsom volframkarbid måste det abrasiva verktyget ha abrasiva partiklar av ett mycket hårt material. I praktiken innebär detta normalt att de abrasiva partiklarna är diamantpartiklar eller korn av kubisk bornitrid. Diamanter eller korn av kubisk bornitrid för detta syfte är kommersiellt  
20 tillgängliga och kan anses som standardkomponenter. Diamanter för detta syfte kan typiskt ha en genomsnittlig partikelstorlek på 50µm (storleken på partiklarna varierar givetvis) och har ett flertal skarpa kanter som kan skära i hårda material såsom volframkarbid.

25 En känd typ av slipverktyg för detta ändamål är en slipskiva med en kärna som kan vara gjord av, till exempel, ett metalliskt material såsom stål eller aluminium. Kärnan kan även vara gjord av ett icke-metalliskt material såsom ett polymermaterial. Kärnan kan vara utformad som en skiva vilken kan vara monterad på en verktygsspindel för rotation kring den skivformade metallkärnans axel. En abrasiv kant omger kärnan och är  
30 förbunden med kärnan. Den abrasiva kanten kan innefatta abrasiva partiklar som är inbäddade i en grundmassa med ett eller flera bindemedel. Materialet som används i den abrasiva kanten är normalt dyrare än materialet i kärnan. Av det skälet har den abrasiva kanten en mindre utsträckning i radiell riktning än kärnan (d.v.s. den abrasiva kanten är normalt en mindre del av slipskivan eftersom den är dyrare).

35

Under slipning nöts den abrasiva kanten gradvis ner till dess att den är förbrukad och slipskivan inte längre kan användas.

Kända bindemedel för abrasiva kanter på slipskivor innefattar polymera bindemedel som, till exempel, Bakelit. Alternativt kan bindemedlet vara ett keramiskt bindemedel. Det är även känt att använda metalliska bindemedel, i synnerhet bindemedel av brons som framställts genom sintring. I sådana sintringsoperationer sintras metallpulver innehållande koppar och tenn tillsammans med abrasiva partiklar såsom 5 diamantpartiklar eller korn av kubisk bornitrid. Ibland kan silver tillsättas så att bronset innehåller koppar (Cu), tenn (Sn) och silver (Ag). I det förflutna har praktisk erfarenhet visat att legeringar av Cu/Sn/Ag fungerar väl som bindemedel för slipmedel och att 10 sådana bindemedel fungerar väl under slipning. Även om den exakta anledningen till detta inte har fullständigt förståtts tror uppfinnarna att förbättrad värmeledning som följd av tillsatsen av silver kan förklara varför bronslegeringar som innehåller silver kan fungera väl som bindemedel för slipmedel. Eftersom silver är dyrt kan emellertid andra bronslegeringar användas för att minska kostnaden och den nu föreliggande 15 uppfinningen är tillämplig även på bronslegeringar utan silver.

Andra kända bronssammansättningar för detta syfte innefattar koppar/tenn/kobolt (Cu/Sn/Co) och koppar/tenn/nickel (Cu/Sn/Ni). Det har även föreslagits att bronssammansättningar för detta ändamål kan innehålla koppar/tenn/titan (Cu/Sn/Ti). 20

Ytterligare ett känt system innehåller hybrider av polymera och metalliska bindemedel i vilka metallpulver sintras tillsammans med polymermaterial så att en grundmassa bildas i vilken det polymera bindemedlet och det metalliska bindemedlet (typiskt en bronslegering som beskrivits ovan) är nära sammanflätade med varandra på 25 mikroskopisk nivå. I sådana hybrider bildar vart och ett av det metalliska bindemedlet och det polymera bindemedlet ett nätverk och bindemedlens respektive nätverk går in i varandra. En sådan hybridgrundmassa som innefattar både ett metalliskt bindemedel och ett polymert bindemedel finns beskrivet i till exempel US patent nr. 6063148.

Förutom metalliska och polymera bindemedel innehåller sådana hybrider normalt ett eller flera fyllmaterial. Ett sådant fyllmaterial kan vara grafit som används för sina smörjande egenskaper. 30

De abrasiva partiklarna kan ha olika egenskaper. Till exempel kan diamanters skörhet variera beroende på det syfte för vilket slipverktyget skall användas. Egenskaperna hos 35 olika diamanter kan matchas för att stämma överens med egenskaperna hos olika bindemedel (eller hybrider av bindemedel).

I ett bra slipverktyg skall de abrasiva partiklarna vara bundna i sin grundmasa på ett sådant sätt att slipverktyget fungerar som önskat. Det är önskvärt att slipverktyget har en god nötningsbeständighet så att det kan användas över en längre period. En god  
 5 nötningsbeständighet är emellertid inte den enda önskvärda egenskapen och det slipverktyg som har den största nötningsbeständigheten är inte nödvändigtvis det bästa valet. Andra önskvärda egenskaper innefattar låg energikonsumtion (d.v.s. att den effekt som krävs för att driva slipverktyget inte är alltför hög) samt konstant eller åtminstone förutsägbara prestanda. Om den abrasiva kantens slipande effekt varierar alltför mycket  
 10 över tiden medför detta problem. Detta är i synnerhet fallet då slipverktygets prestanda varierar på ett sätt som är oförutsägbart.

Omfattningen av nötningen på slipverktyget under givna förutsättningar beror i väldigt hög grad på egenskaperna hos den grundmassa i vilken de abrasiva partiklarna är  
 15 inbäddade. Därför är sammansättningen av grundmassan viktig.

När ett slipverktyg används för att bearbeta ett arbetsstycke verkar skarpa kanter och hörn på de abrasiva partiklarna på arbetsstycket. Därigenom utövas kraft på abrasiva partiklar som är inbäddade i grundmassan. Under slipningen skadas de abrasiva  
 20 partiklarna. Små bitar bryts gradvis loss från de abrasiva partiklarna så att de abrasiva partiklarna gradvis nöts ned. När de abrasiva partiklarna i ett område av den abrasiva kanten har blivit fullständigt nedslitna kommer arbetsstycket att direkt möta grundmassan. Grundmassan som sådan är mindre hård än arbetsstycket och nöts snabbt ner. Som följd därav kommer nya abrasiva partiklar upp till ytan av den abrasiva kanten  
 25 och kan börja verka på arbetsstycket.

Om grundmassan som håller de abrasiva partiklarna är för svag kan emellertid abrasiva partiklar slitas bort från grundmassan innan de nöts ned. När detta händer i en del av den abrasiva kantens yta kommer arbetsstycket att komma i direkt kontakt med den  
 30 relativt sköra grundmassan och slita ned grundmassan i förtid. När detta sker minskar effektförbrukningen tillfälligt till dess att så mycket av grundmassan har nöts ned att nya abrasiva partiklar kommer upp till ytan. Som en följd därav kommer slipverktygets abrasiva kant att nötas ut fortare än vad som annars skulle ha varit fallet. Om driften av slipverktyget programmerats i förväg kan konsekvensen därav bli att  
 35 slipningsförfarandet inte fungerar korrekt eftersom slipverktyget har ställts in att verka utgående från ett antagande om verktygsdiameter som nu är felaktigt. Detta problem blir allvarigare om den abrasiva kanten nöts ut på ett sätt som är svårt att förutse, till

exempel om nötning uppträder i plötsliga steg som kommer med oregelbundna mellanrum.

- Det är också önskvärt att den erforderliga effekten för slipningsoperationen kan hållas låg så att energikonsumtionen under slipning kan minimeras.

- En annan önskvärd egenskap hos slipverktyg är ett högt G-tal. G-talet uttrycker förhållandet mellan den materialvolym som avlägnats av slipverktyget från ett arbetsstycke och den volym som förlorats av slipverktyget (nötningen på verktyget). Ett bra slipverktyg har ett högt G-tal.

- Det är därför ett ändamål för den nu föreliggande uppfinningen att tillhandahålla ett slipverktyg som har en hög beständighet mot nötning. Vidare ändamål med uppfinningen är att tillhandahålla ett verktyg som nöts ned på ett regelbundet och förutsägbart sätt, som har ett lågt effektbehov och ett högt G-tal. Dessa målsättningar uppnås genom den nu föreliggande uppfinningen som skall förklaras i det följande.

#### SAMMANFATTNING AV UPPFINNINGEN

- Uppfinningen avser ett slipverktyg. Slipverktyget är i synnerhet avsett som ett slipverktyg för att bearbeta hårda och/eller spröda material såsom volframkarbid men det uppfinningsenliga slipverktyget skulle också kunna användas för att slipa andra material. Slipverktyget innefattar en kärna och en abrasiv kant. Den abrasiva kanten innefattar abrasiva partiklar inbäddade i en grundmassa och grundmassan innefattar ett metalliskt bindemedel som är en sintrad bronslegering. Det metalliska bindemedlet utgör 50% - 100% av grundmassans volym. Enligt uppfinningen innehåller det metalliska bindemedlet kiselnitrid i en mängd som utgör 0.02 – 5.0 volym-% av det metalliska bindemedlet eller valfritt 0.1 volym-% – 5.0 volym-% av det metalliska bindemedlet.
- I utföringsformer av uppfinningen kan grundmassan vidare valfritt innefatta ett polymert bindemedel som har sintrats tillsammans med det metalliska bindemedlet så att det polymera bindemedlet och det metalliska bindemedlet bildar ett sammanfogat nätverk.
- I utföringsformer av uppfinningen utgör kiselnitriden 0.3 – 5.0 volym% av det metalliska bindemedlet. Den kan till exempel utgöra 0.5 – 5.0 volym-% av det

metalliska bindemedlet, 1.0 – 5.0 volym-% av det metalliska bindemedlet eller 0.5 – 3.0 volym-% eller 0.5 – 2.0 volym-%.

5 Kiselnitriden kan vara närvarande i form av korn med en genomsnittlig kornstorlek som företrädesvis är mindre än 10µm men även företrädesvis över 0.1µm. Sådana partiklar kan vara 1250 Tyler Mesh- partiklar. Partiklarna kan således innefatta partiklar upp till 10µm även om den genomsnittliga kornstorleken är mindre.

10 När ett polymert bindemedel är en del av grundmassan kan det polymera bindemedlet innefatta polyimid eller vara helt eller nästan helt av polyimid.

Grundmassan kan valfritt vidare innefatta fyllmaterial såsom grafit. Grafit har smörjande egenskaper som kan vara önskvärda under slipning.

15 Det metalliska bindemedlet är företrädesvis en bronslegering som innefattar koppar, tenn och silver.

20 De abrasiva partiklarna kan vara, till exempel, diamantpartiklar eller partiklar av kubisk bornitrid. För både diamanter och kubisk bornitrid kan de abrasiva partiklarna ha en genomsnittlig partikelstorlek som ligger i intervallet 4µm – 181µm. I många realistiska utföringsformer kan de abrasiva partiklarna ha en storlek i intervallet 46µm – 91µm. I utföringsformer av uppfinningen kan de abrasiva partiklarna ha en beläggning av koppar eller nickel.

25 Uppfinningen avser även ett förfarande att tillverka det uppfinningsenliga slipverktyget. Förfarandet innefattar sintring av abrasiva partiklar tillsammans med metallpulver så att sintringen resulterar i en grundmassa i vilken de abrasiva partiklarna är inbäddade. Grundmassan kommer därigenom att innefatta ett metalliskt bindemedel. Metallpulvret innefattar koppar och tenn så att det metalliska bindemedlet kommer att bli en sintrad  
30 bronslegering. Enligt uppfinningen tillsätts kiselnitrid i form av ett pulver till metallpulvret före sintring och i en sådan utsträckning att kiselnitriden kommer att utgöra 0.02 – 0.5 volym-% av det metalliska bindemedlet och företrädesvis 0.1 – 5.0 volym-% av det metalliska bindemedlet.

35 I utföringsformer av det uppfinningsenliga förfarandet kan metallpulvret ytterligare innefatta silver.

När det här hänvisas till de relativa andelarna av kiselnitrid i det metalliska bindemedlet skall det förstås att därmed avses de volymandelar av pulvret som används i själva framställningsprocessen. Med andra ord är tillverkningsförfarandet sådant att, i det pulver som adderas före sintring, så utgör kiselnitriden 0.02 – 5.0 volym-% av det metalliska bindemedlet (kiselnitriden räknas som en del av det metalliska bindemedlet). Det antas att kiselnitridpartiklarna kommer att behålla samma relativa volymandel även efter sintring.

En polymer kan valfritt tillsättas till metallpulvret före sintring, företrädesvis i form av pulver av polyimid så att även ett polymert bindemedel bildas som utgör en del av grundmassan.

Förfarandet kan genomföras på ett sådant sätt att pulverbaterialet för grundmassans bindemedel blandas med de abrasiva partiklarna så att en blandning bildas. Blandningen kompakteras sedan i en kallpress. Den kompakterade blandningen härddas sedan i en ugn vid en temperatur i intervallet 380°C - 520°C, företrädesvis 400°C - 500°C under en period av 120 – 150 minuter. Därefter placeras den kompakterade och härddade blandningen i en press och utsätts för ett tryck på 1500 – 2000 kg/cm<sup>2</sup>. Trycket upprätthålls sedan till dess att blandningen har nått en temperatur som är under 300°C.

Fyllmaterial kan valfritt tillsättas till blandningen av metallpulver och abrasiva partiklar före sintringsoperationen. Fyllmaterialet kan valfritt innefatta grafit.

Grundmassan för det uppfinningsenliga slipverktyget kan med fördel vara en grundmassa som är en hybrid, d.v.s. en grundmassa som har både ett metalliskt bindemedel och ett polymert bindemedel. Lösningar med hybridbindningar kan kombinera de bästa egenskaperna hos metalliska bindemedel med de bästa egenskaperna hos polymera bindemedel. Om omskärpning av ett skärpningsverktyg behöver göras kan ett slipverktyg med en hybrid-grundmassa omskäras lättare än en ren metallgrundmassa. Samtidigt har ett slipverktyg med en hybrid-grundmassa en bättre nötningsbeständighet än en grundmassa som enbart använder ett polymert bindemedel.

#### KORT BESKRIVNING AV FIGURERNA

Figur 1 är en schematisk återgivning av ett slipverktyg.

Figur 2 är en schematisk återgivning i tvärsnitt av abrasiva partiklar inbäddade i ett slipverktygs abrasiva kant.

Figur 3 är en schematisk återgivning i tvärsnitt av ett slipverktyg som verkar på ett arbetsstycke.

Figur 4 är ett diagram som återger effektförbrukningen för två olika slipverktyg.

Figur 5 är en schematisk återgivning i tvärsnitt av en första utföringsform av det uppfinningsenliga slipverktyget.

Figur 6 är en schematisk återgivning i tvärsnitt av en andra utföringsform av det uppfinningsenliga slipverktyget.

Figur 7 är ett diagram som visar nötning av ett slipverktyg som en funktion av halten av kiselnitrid.

Figur 8 är ett diagram som visar G-talet för ett slipverktyg som en funktion av halten av kiselnitrid.

#### DETALJERAD BESKRIVNING AV UPPFINNINGEN

Med hänvisning till Figur 1 visas ett slipverktyg 1. Slipverktyget kan i synnerhet vara en slipskiva som är avsedd för bearbetning av hårda och/eller spröda material såsom volframkarbid. Sådana material kan finnas i arbetsstycken för sådana verktyg som till exempel borrar eller fräsverktyg och slipverktyget 1 enligt den föreliggande uppfinningen kan vara en slipskiva som används för att forma sådana verktyg.

Slipverktyget 1 innefattar en kärna 2 och en abrasiv kant 4. Kärnan 2 kan vara gjord av ett mindre dyrt material såsom stål eller någon annan metall. Alternativt skulle kärnan kunna vara gjord av, till exempel, ett polymermaterial. Kärnan skulle även kunna innefatta mer än ett material. Den kan till exempel vara gjord delvis av metall såsom stål eller aluminium och delvis vara av ett polymermaterial. Kärnan 2 kan vara försedd med ett genomgående hål eller kavitet 3 så att slipverktyget 1 kan monteras på en spindel (ej visad) för roterande rörelse. Med hänvisning till Figur 2 innefattar den abrasiva kanten 4 abrasiva partiklar 5 som är inbäddade i en grundmassa 6. Grundmassan 6 innehåller i sin tur ett metalliskt bindemedel som är en sintrad bronslegering. Det metalliska bindemedlet utgör 50 – 100 volym-% av grundmassan 6 och utföringsformer är således tänkbara i vilka hela grundmassan 6 utgörs av det metalliska bindemedlet. Normalt innefattar emellertid grundmassan 6 åtminstone någon annan beståndsdel. Till exempel kan den innefatta fyllmaterial såsom grafit som har smörjande egenskaper. I de flesta utföringsformer skulle grundmassan 6 även innefatta ett polymert bindemedel som kan utgöras av polyimid.

Om grundmassan 6 håller de abrasiva partiklarna 5 väl kommer de abrasiva partiklarna 5 att avge små fragment och nötas ned gradvis. Som en följd därav kommer nötningen på den abrasiva kanten 4 att bli jämförelsevis långsam så att diametern på slipverktyget

1 kan hållas väsentligen konstant under en längre tid. Vidare kommer nötning på den abrasiva kanten 4 att hållas i en jämn takt och effekten under drift kommer inte att variera så mycket.

- 5 Om grundmassan 6 istället är oförmögen att hålla de abrasiva partiklarna stadigt kan det hända att abrasiva partiklar lossnar långt innan de fragmenterats. Som en följd av detta kommer de att gå förlorade innan deras hela slipande potential har utnyttjats. Slipverktyget 1 kommer att nötas ut snabbare och diametern på slipverktyget (såsom en slipskiva) kommer att minska snabbare. En mindre diameter på slipverktyget 1 kan  
10 resultera i en mindre noggrann bearbetning av arbetsstyckena.

- Det hänvisas nu till Figur 3. Ett slipverktyg 1 verkar på ett arbetsstycke 7. Arbetsstycket 7 kan vara, till exempel, ett arbetsstycke som skall formas till ett borr. Slipverktyget 1 roteras med hjälp av en kraftkälla som verkar genom till exempel en spindel (ej visad).  
15 Därigenom verkar den abrasiva kanten 4 på arbetsstycket 7 för att skära ett spår i arbetsstycket. I Figur 3 har arbetsstycket en kärndiameter CD som bestäms genom verkan av slipverktyget 1. Om slipverktyget 1 nöts ned så att dess diameter minskar, då kommer kärndiametern CD att växa såvida man inte kompenserar för nötningen (till exempel genom ompositionering av slipverktyget 1 i förhållande till arbetsstycket 7).  
20 Det är därför mycket önskvärt att nötningen kan hållas låg och att den nötning som äger rum inte kommer i plötsliga oförutsägbara språng.

- Det kan tilläggas att när de abrasiva partiklarna 5 fragmenteras korrekt bit för bit så är detta bra för slipverktygets 1 friskärande egenskaper, d.v.s. slipverktygets förmåga att  
25 om-skärpa sig självt. När de abrasiva partiklarna 5 fragmenteras bit för bit kan nötningen på grundmassan 6 förlöpa mjukt och ytan på den abrasiva kanten 4 sätts inte igen lika lätt. Om i stället abrasiva partiklar plötsligt slits bort innan de har fragmenterats ordentligt, då tenderar detta att leda till ökad igensättning av ytan, ytan på den abrasiva kanten 4 kan bli igensatt i högre grad av små partiklar 5 från arbetsstycket  
30 7. Detta kan göra det nödvändigt att tillfälligt ta slipverktyget 1 ur drift så att slipverktyget 1 kan om-skärpas. Om de abrasiva partiklarna 5 fragmenteras gradvis är risken för sådan igensättning mindre. När abrasiva partiklar har blivit helt utslitna kan nya abrasiva partiklar 5 komma till ytan i en mjukare process som i sig bidrar till om-skärpning av slipverktyget (eller snarare slipverktygets 1 abrasiva kant 4).

35

När abrasiva partiklar slits bort från den abrasiva kanten innan de har fragmenterats fullständigt, då tenderar detta att visa sig i slipverktygets effektförbrukning; effekten

faller plötsligt och börjar sedan stiga igen efter en stund. Om de abrasiva partiklarna hålls ordentligt av grundmassan så att de tillåts att fragmentera som de skall, då kan även detta ses på effektförbrukningen. I ett sådant fall tenderar effekten att förbli konstant över tiden (det skall emellertid noteras att det normalt alltid är en viss gradvis stegring i effektbehovet från de första arbetsstyckena så att det krävs en lägre effekt för de allra första arbetsstyckena).

Det har föreslagits i en artikel av É. D. Kizikov och P. Kebko ("*Microadditions to alloys of the system Cu-Sn-Ti*", Institute of Superhard Materials, Academy of Science of the Ukrainian SSR, Kiev, i översättning från Metallovedenie I Termicheskaya Obrabotka Metallov, No. 1, sidorna 50 – 53, januari 1987) att en legering av Cu/Sn/Ti som används som bindemedel för diamant-slipverktyg förstärks med 0.01 % kiselnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). Enligt författarna till den artikeln resulterade tillsatsen i höjd sträckgräns.

Uppfinnarna till den föreliggande uppfinningen har övervägt vilka åtgärder som kan vidtas för att förbättra grundmassans förmåga att hålla de abrasiva partiklarna. Utan att vilja binda sig vid någon teori tror uppfinnarna att en anledning till att metalliska bindemedel släpper abrasiva partiklar som är inbäddade däri kan vara att dislokationer inuti det metalliska bindemedlet försvagar det metalliska bindemedlet. Under antagande att denna teori är korrekt tänkte sig uppfinnarna först att det borde vara möjligt att förbättra grundmassan genom att förstärka den med partiklar som blockerar dislokationer i det metalliska bindemedlet. Uppfinnarna prövade därför olika tillsatser till det metallpulver som användes för sintring av det metalliska bindemedlet. En tillsats som prövades var aluminiumoxid som tillsattes i en mängd motsvarande 1.0 volym-% av det metalliska bindemedlet. Detta ledde till en viss förbättring men förbättringen var inte så bra som uppfinnarna hade hoppats. Uppfinnarna försökte även med tillsats av 0.01 volym-% kiselnitrid. Förbättringen genom den tillsatsen var ännu mindre än den förbättring som uppnåddes genom aluminiumoxid.

Uppfinnarna undersökte därefter om ökade mängder av kiselnitrid skulle leda till bättre resultat. Detta bekräftades genom försök som utfördes av uppfinnarna. När kiselnitrid tillsattes i mängder som var väsentligt större än 0.01 volym-% av det metalliska bindemedlet upptäcktes det att man fick en mycket påtaglig förbättring.

Till exempel testade uppfinnarna en sammansättning i vilken det metalliska bindemedlet innehöll 0.1 volym-% kiselnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). Ett slipverktyg med denna sammansättning jämfördes sedan med ett standardslipverktyg som använde en hybrid-

grundmassa och som inte innehöll kiselnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). Slipverktygen var båda slipverktyg i vilka den abrasiva kanten 4 var utformad som en ring som omgav kärnan 2. Under jämförbara förhållanden nöttes standardverktygets diameter ned  $136\mu\text{m}$  medan diametern på slipverktyget med den experimentella sammansättningen bara  
 5 nöttes ned med  $58\mu\text{m}$ . G-talet för verktyget med 1.0 % kiselnitrid var 2335. Som jämförelse nöttes ett verktyg med 0.01 volym-% kiselnitrid ned  $94\mu\text{m}$  medan ett verktyg som använde 1.0 volym-% aluminiumoxid nöttes ned  $84\mu\text{m}$ .

Ett test gjordes med en sammansättning där kiselnitrid utgjorde 5 volym-% av det metalliska bindemedlet. Nöttningsbeständigheten var fortfarande god men inte riktigt så  
 10 god som för verktyget med 1.0 volym-% kiselnitrid. Verktyget med 5.0 % kiselnitrid hade dessutom högre effektförbrukning. G-talet var gott men inte riktigt så gott som för verktygen med 1.0 och 0.1 volym-%.

Uppfinnarna har även testat en slipskiva som hade en form och sammansättning som liknade de övriga verktygen som testades men i vilken kiselnitriden utgjorde 0.1 volym-% av det metalliska bindemedlet. Det visade sig att, under samma testförhållanden som de andra verktygen som testades blev nötningen på verktyget med 0.1 volym-% kiselnitrid  $62\mu\text{m}$  och G-talet var 2084. Även om det var underlägset i förhållande till de  
 20 resultat som uppnåddes vid 1 volym-% så var det fortfarande en mycket påtaglig förbättring jämfört med standard-slipverktyget.

Uppfinnarna har även testat en slipskiva som hade en halt av kiselnitrid på 0.02 volym-% av det metalliska bindemedlet men som i övrigt var som de andra slipskivorna som  
 25 testades. Under likvärdiga testförhållanden så hade slipskivan med 0.02 volym-% kiselnitrid en nötning (diameterminskning) på  $58\mu\text{m}$  och ett G-tal på 2283. Resultaten var alltså något bättre än de resultat som erhöles vid ett förhållande på 0.1 volym-%.

Resultaten ledde fram till den slutsatsen att väsentligt bättre resultat erhålls i intervallet  
 30 0.02 – 5.0 volym-% kiselnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). I detta intervall har det visat sig att både G-tal och nöttningsbeständighet är väsentligt bättre än vid 0 % eller 0.01 %.

Test av nöttningsbeständighet och G-tal har också utförts vid 0 volym-%, 0.01 volym-%, 0.02 volym-%, 1.0 volym-% och 5.0 volym-% kiselnitrid.

35

De verktyg som testades var slipskivor av väsentligen samma typ som visas i Figur 5, d.v.s. slipskivor med en abrasiv kant som omger en kärna 1 och där slipverktyget 1

roterar kring en axel A under drift. Nötningsbeständigheten som funktion av halten kiselnitrid kan ses i Figur 7. Nötningsbeständigheten uttrycks i Figur 7 som diameternedskning. Som man kan se i Figur 7 ökade nötningsbeständigheten väsentligt när halten av kiselnitrid ökade från 0.01 % till 0.02 %. Nötningsbeständigheten fortsatte att vara hög upp till en halt av kiselnitrid på 5 volym-% av det metalliska bindemedlet. Vid 5.0 volym-% kiselnitrid var emellertid nötningsbeständigheten något lägre jämfört med den beständighet som observerats vid en halt av 0.02 % - 1.0 %. Uppfinnarna har därför dragit slutsatsen att den bästa nötningsbeständigheten erhålls i intervallet 0.02 – 5.0 volym-%.

G-talet som funktion av halten av kiselnitrid kan ses i Figur 8. Som man kan se i figuren erhålles de bästa värdena vid en halt av kiselnitrid i intervallet 0.02 % - 5.0 %. I Figur 8 syns även att G-talet sjunker mot höger i figuren även om G-talet vid 5.0 volym-% fortfarande är gott.

Uppfinnarna har därför dragit den slutsatsen att det metalliska bindemedlet kan innehålla kiselnitrid i en mängd som utgör 0.02 – 5.0 volym-% av det metalliska bindemedlet. Eftersom effektförbrukningen var högre vid 5.0 volym-% har uppfinnarna dragit slutsatsen att värden under 5.0 % kommer att ha god nötningsbeständighet men lägre effektförbrukning jämfört med verktyg som har en halt av kiselnitrid på 5 volym-%. Ett föredragat intervall kan därför vara 0.02 volym-% till 3.0 volym-%, 0.5 - 3.0 volym-%, 0.5 – 2.0 volym-% eller 1.0 – 2.0 volym-% av det metalliska bindemedlet.

Vid 0.1 volym-% var effektförbrukningen i allmänhet lägre än vid 0.02 volym-%. Vid 5.0 volym-% kiselnitrid var effektförbrukningen högre än vid en halt på 0.02 % men effektförbrukningen vid 5.0 volym-% var jämnare, effektförbrukningen var mer förutsägbar än vid 0.02 volym-%.

Kiselnitridpartiklarna skall företrädesvis ha en storlek upp till 10  $\mu\text{m}$  (1250 Tyler Mesh). För sållade partiklar kommer detta normalt att betyda att den genomsnittliga kornstorleken är mindre än 10  $\mu\text{m}$ . Den genomsnittliga kornstorleken (D50) på kiselnitridpartiklarna kan då vara kring 2 $\mu\text{m}$  - 3 $\mu\text{m}$  (beroende på hur genomsnittlig partikelstorlek mäts). Den specifika ytan för kiselnitridpartiklarna kan fördelaktigt ligga i intervallet 5  $\text{m}^2/\text{g}$  – 6  $\text{m}^2/\text{g}$ . Om de partiklar som används är för små kan detta leda till igensättning samt problem under tillverkningen. För att man skall ge det metalliska bindemedlet optimal styrka tror uppfinnarna vidare att man företrädesvis skall inkludera partiklar upp till 10  $\mu\text{m}$ .

Normalt skall grundmassan 6 vidare innefatta ett polymert bindemedel som har sintrats tillsammans med det metalliska bindemedlet så att det polymera bindemedlet och det metalliska bindemedlet bildar ett sammanfogat nätverk (även om ett sådant polymert bindemedel är valfritt). Användningen av ett polymert bindemedel gör det möjligt att

5 finjustera grundmassans egenskaper och anpassa den till olika typer av abrasiva partiklar. Det polymera bindemedlet kan lämpligen vara polyimid eller innefatta polyimid. Anledningen till detta är att polyimid är värmebeständigt och kan tåla de höga temperaturerna under sintring. Om ett polymert bindemedel används kan det polymera bindemedlet vara närvarande i en mängd av upp till 50 volym-% av grundmassan (d.v.s.

10 mängden polymert bindemedel ligger i intervallet 0 – 50 volym-% av grundmassan). Till exempel kan det polymera bindemedlet motsvara 10 – 40 volym-% eller 10 -30 volym-% av grundmassan.

Det polymera bindemedlet skulle möjligen kunna utgöras av något annat

15 polymermaterial. Det skulle till exempel kunna utgöras av polyamidimid som även det är i stånd att tåla höga temperaturer. Emellertid föredras polyimid eftersom det har bättre slipegenskaper än polyamidimid.

Det metalliska bindemedlet är företrädesvis en bronslegering som innefattar koppar,

20 tenn och silver. Silver förbättrar de önskvärda egenskaperna hos det metalliska bindemedlet.

De abrasiva partiklarna 5 kan vara antingen diamantpartiklar eller partiklar av kubisk bornitrid. Diamanter är hårdare och har bättre abrasiva egenskaper men kubisk bornitrid

25 är mer temperaturbeständigt. Dessutom kan diamanter reagera kemiskt med vissa material.

De abrasiva partiklarna 5 kan vara är diamantpartiklar eller partiklar av kubisk bornitrid. Partiklarna kan ligga i intervallet  $4\mu\text{m}$  -  $181\mu\text{m}$  även om partiklar utanför detta intervall

30 kan övervägas beroende på de krav som ställs i varje specifikt fall. I många realistiska utföringsformer kan de abrasiva partiklarna 5 ha en genomsnittlig partikelstorlek i intervallet  $46\mu\text{m}$  –  $91\mu\text{m}$  vilket är ett intervall som är lämpligt för många slipningsoperationer.

35 De abrasiva partiklarna kan valfritt ha en beläggning av koppar eller nickel. En beläggning av koppar eller nickel kan förbättra bindningen mellan de abrasiva

partiklarna 5 och grundmassan 6. De abrasiva egenskaperna hos partiklarna 5 kommer emellertid att minskas något om partiklarna har en sådan beläggning.

Den relativa andelen av abrasiva partiklar 5 i förhållande till bindemedlen och  
 5 fyllmaterialen i grundmassan 6 kan variera beroende på kraven i varje enskilt fall. I många realistiska utföringsformer kan mängden abrasiva partiklar motsvara en 10 – 50 % av den totala volymen av den abrasiva kanten (d.v.s. den totala volymen av de abrasiva partiklarna och grundmassan). Om den relativa andelen av abrasiva partiklar överstiger 50% finns det en väsentlig risk att grundmassan inte längre kommer att kunna  
 10 hålla de abrasiva partiklarna. Om den relativa andelen av abrasiva partiklar understiger 10% kan den slipande effekten bli för liten. Den relativa andelen av abrasiva partiklar kan företrädesvis ligga i intervallet 15% - 30% och ett lämpligt värde kan vara 25%.

Företrädesvis är kiselnitriden närvarande i form av korn som har en genomsnittlig  
 15 kornstorlek som är lika stor som eller mindre än 10  $\mu\text{m}$  men över 0.1  $\mu\text{m}$ . De kan till exempel ha en genomsnittlig storlek i intervallet 1  $\mu\text{m}$  - 10  $\mu\text{m}$  eller 2  $\mu\text{m}$  - 9  $\mu\text{m}$ . Uppfinnarna tror att kiselnitridpartiklar mindre än 0.1  $\mu\text{m}$  kan leda till hopklumpning av kiselnitridpartiklarna vilket reducerar deras förstärkande effekt.

20 Kiselnitridpartiklarna kan ha tre olika kristallografiska strukturer som kallas  $\alpha$ -,  $\beta$ - och  $\gamma$ -fas (även kända som trigonal fas, hexagonal fas och kubisk fas). De vanligaste är  $\alpha$ -fasen och  $\beta$ -fasen. Det är endast under högt tryck och hög temperatur som  $\gamma$ -fasen kan syntetiseras. Vilken som helst av dessa faser kan användas. Företrädesvis används  $\alpha$ -fasen. De kiselnitridpartiklar som tillsätts kan även vara en blandning av partiklar av  
 25 olika faser.

Med hänvisning till Figur 4 jämförs ett uppfinningsenligt slipverktyg med ett standardslipverktyg. Den vertikala axeln representerar effektförbrukning medan den horisontella axeln representerar ett antal arbetsstycken på vilka respektive slipverktyg  
 30 har verkat. I Figur 5 representerar B5 ett slipverktyg enligt uppfinningen medan EZ representerar ett standardslipverktyg. Som man kan se i Figur 4 har verktyget som representeras som B5 en effektförbrukning som först stiger brant och därefter förblir väsentligen konstant. Det konventionella verktyget som representeras av EZ har en effektförbrukning som stiger brant och sedan plötsligt faller innan den stiger igen. Detta  
 35 indikerar att de abrasiva partiklarna i B5-verktyget fragmenteras långsamt medan EZ representerar ett slipverktyg där de abrasiva partiklarna plötsligt slits bort. Nötningen på verktyget kommer därför att gå snabbare.

Det kan tilläggas att B5 representerar ett verktyg med både ett metalliskt bindemedel och ett polymert bindemedel. Det metalliska bindemedlet är ett brons som har koppar, ten och silver. Det har sintrats med användning av ett metallpulver som innehåller 45 volym-% koppar, 45 volym-% tenn och 10 volym-% silver. I verktyget enligt B5 utgör det polymera bindemedlet 1.0 volym-% av den totala mängden bindemedel.

Slipverktyget enligt Figur 1 kan ha ett sådant tvärsnitt som visas i Figur 5. I en sådan utföringsform kan den abrasiva kanten 4 vara placerad radiellt utanför kärnan 2 så att kanten 4 fullständigt omger kärnan 2. De test som förklaras med hänvisning till Figur 4, Figur 7 och Figur 8 har gjorts på ett sådant slipverktyg. Uppfinningen är emellertid inte begränsad till en sådan utföringsform. Med hänvisning till Figur 6 skall det inses att kärnan 2 kan sträcka sig åtminstone lika långt i den radiella riktningen som den abrasiva kanten 4. I Figur 6 har slipverktyget en abrasiv kant 4 som inte sträcker sig bortom kärnan 2 i den radiella riktningen. I stället har den abrasiva kanten 4 en utsträckning i den axiella riktningen som skiljer sig från kärnans 2 (den axiella riktningen är rotationsaxeln A för slipverktyget 1 när det drivs av en spindel, se Figur 5 och Figur 6). Det skall också inses att slipverktyget 1 inte nödvändigtvis är utformat för rotation. I stället skulle det kunna verka på arbetsstycken i en fram- och återgående rörelse. I patentkravens sammanhang skall därför termen "kärna" förstås brett som vilken som helst bärkropp för den abrasiva kanten. På samma sätt skall termen "kant" också förstås brett som vilket som helst lager som är fäst till kärnan 2 så att abrasiva partiklar kan verka på ett arbetsstycke.

Uppfinningen innefattar vidare ett förfarande för att framställa det uppfinningsenliga verktyget. Förfarandet innefattar sintring av abrasiva partiklar tillsammans med metallpulver som innefattar koppar och tenn så att sintringen resulterar i en grundmassa i vilken de abrasiva partiklarna 5 är inbäddade. Grundmassan innefattar ett metalliskt bindemedel som är en sintrad bronslegering. Enligt uppfinningen tillsätts kiselnitrid i form av pulver till metallpulvret före sintring i en sådan mängd att kiselnitriden kommer att utgöra 0.1 – 5.0 volym-% av det metalliska bindemedlet.

Metallpulvret som används är företrädesvis metallpulver med partiklart som är mindre än 44 µm men de skall företrädesvis vara större än kiselnitridpartiklarna. Företrädesvis skall de vara åtminstone dubbelt så stora. En genomsnittlig storlek i intervallet 15 µm – 44 µm kan vara lämplig.

Metallpulvret kan valfritt även innefatta silver.

Metallpulvret kan komma i form av förlegerade partiklar eller som partiklar av ren koppar, rent tenn, rent silver etc.

5

En polymer kan tillsättas till metallpulvret före sintring, företrädesvis i form av polyimidpulver så att även ett polymert bindemedel bildas som är en del av grundmassan 6.

10 Sintringsförfarandet kan utföras så att pulvermaterialet för grundmassans 6 bindemedel blandas med de abrasiva partiklarna 5. Blandningen kompakteras i en kallpress. Den kompakterade blandningen härddas sedan i en ugn vid en temperatur i intervallet 380°C - 520°C, företrädesvis 400°C - 500°C eller 440°C - 460°C under en period av 120 – 150 minuter. Den tid som erfordras beror på storleken. I en större pressform krävs mer tid.

15 Därefter (företrädesvis omedelbart därefter) placeras den kompakterade och härdade blandningen i en press och utsätts för ett tryck på 1500 – 2000 kg/cm<sup>2</sup>. Trycket upprätthålls sedan till dess att blandningen har nått en temperatur som är under 300°C.

20 Till exempel har uppfinnarna framställt slipverktyg enligt denna metod i en process där temperaturen i ugnen var 450°C.

Den abrasiva kanten 4 kan även framställas genom ”spark plasma sintering” (SPS). Genom denna teknik kan den abrasiva kanten 4 framställas mycket snabbt.

25 Kanten med grundmassan som innehåller abrasiva partiklar kan sintras separat och därefter fästas (till exempel limmas) till kärnan 2. Alternativt kan den abrasiva kanten 5 sintras direkt på kärnan 2 så att den binds till kärnan samtidigt som den bildas. Före sintring kan kärnan 2 beläggas elektrolytiskt med koppar på åtminstone en yta av kärnan som kommer att möta den abrasiva kanten 4. Den abrasiva kanten 4 kan sedan sintras på  
30 den kopparbelagda ytan så att en skarv bildas.

Fyllmaterial kan valfritt tillsättas till blandningen av metallpulver och abrasiva partiklar 5 före sintringsoperationen. Som förut förklarats kan fyllmaterialet innefatta grafit. Andra möjliga fyllmaterial kan innefatta, till exempel, sfärer av aluminiumoxid.

35 Företrädesvis väljs bronset som används i det metalliska bindemedlet från den grupp som inkluderar koppar – tenn (Cu/Sn), koppar – tenn – kobolt (Cu/Sn/Co), koppar – tenn – nickel (Cu/Sn/Ni) eller koppar – tenn – silver (Cu/Sn/Ag). Ännu mer föredraget

är bronset ett brons av koppar – tenn – silver. Andra bronslegeringar kan också övervägas.

5 Det uppfinningsenliga slipverktyget kan användas för bearbetning av hårda och/eller spröda material. Detta utesluter inte att slipverktyget kan användas även för andra material.

10 I utföringsformer av uppfinningen kan grundmassan 6 valfritt även innefatta åtminstone en keramisk beståndsdel i form av keramiska partiklar. Den keramiska beståndsdelen kan vara, till exempel, frita och innehålla  $\text{SiO}_2$ . Keramiska partiklar för grundmassan kan utgöras av frita i form av sfäriska partiklar som har en partikelstorlek på  $50\text{ }\mu\text{m}$  –  $500\text{ }\mu\text{m}$  beroende på storleken av de abrasiva partiklarna. För större abrasiva partiklar kommer större keramiska partiklar att användas. De abrasiva partiklarna kan vara inbäddade i de keramiska partiklarna medan de keramiska partiklarna är inbäddade i en  
15 hybrid-grundmassa med ett metalliskt bindemedel och ett polymert bindemedel. De keramiska partiklarna kan hållas hårdare av grundmassan än vad de abrasiva partiklarna skulle hållas. Den abrasiva kantens friskärande egenskaper förbättras därigenom. Den keramiska beståndsdelen har inte lika god nötningsbeständighet som det metalliska bindemedlet. Genom att kombinera keramiska, metalliska och polymera bindemedel är  
20 det möjligt att kombinera dessa bindemedels bästa egenskaper.

## PATENTKRAV

1. Ett slipverktyg (1) för bearbetning av hårda och/eller spröda material vilket slipverktyg (1) innefattar en kärna (2) och en abrasiv kant (4), varvid den abrasiva kanten (4) innefattar abrasiva partiklar (5) som är inbäddade i en grundmassa (6) och  
5 varvid grundmassan (6) innefattar ett metalliskt bindemedel som är en sintrad bronslegering och det metalliska bindemedlet utgör 50 – 100 volym-% av grundmassan, och innehåller kiselnitrid i en mängd som utgör 0.02 – 5.0 volym-% av det metalliska bindemedlet, kännetecknat av att kiselnitriden är närvarande i form av korn vilka har en genomsnittlig kornstorlek som är mindre än 10 µm och över 0.1 µm.
- 10 2. Ett slipverktyg (1) enligt krav 1, varvid grundmassan (6) vidare innefattar ett polymert bindemedel som har sintrats tillsammans med det metalliska bindemedlet så att det polymera bindemedlet och det metalliska bindemedlet bildar ett sammanfogat nätverk.
3. Ett slipverktyg (1) enligt kravet 1 eller kravet 2, i vilket kiselnitriden utgör  
15 0.3 – 5.0 volym-% av det metalliska bindemedlet, företrädesvis 0.5 – 3 volym-% och ännu mer föredraget 0.5 – 2 volym-%.
4. Ett slipverktyg enligt kravet 2, i vilket det polymera bindemedlet innefattar polyimid.
5. Ett slipverktyg enligt kravet 1 eller 2, i vilket grundmassan ytterligare  
20 innefattar fyllmaterial såsom grafit.
6. Ett slipverktyg enligt något av kraven 1 – 5, i vilket det metalliska bindemedlet är en bronslegering som innefattar koppar, tenn och silver.
7. Ett slipverktyg enligt något av kraven 1 – 6, i vilket de abrasiva partiklarna (5) är diamantpartiklar eller partiklar av kubisk bornitrid.
- 25 8. Ett slipverktyg enligt kravet 7, i vilket de abrasiva partiklarna (5) har en genomsnittlig partikelstorlek i intervallet 4 µm – 181 µm och företrädesvis i intervallet 46 µm – 91 µm.
9. Ett slipverktyg enligt kravet 8, i vilket de abrasiva partiklarna (5) har en beläggning av koppar eller nickel.
- 30 10. Ett förfarande för framställning av ett slipverktyg (1) vilket förfarande innefattar sintring av abrasiva partiklar tillsammans med metallpulver som innefattar

- koppar och tenn så att sintringen resulterar i en grundmassa (6) i vilken de abrasiva partiklarna (6) är inbäddade och varvid grundmassan innefattar ett metalliskt bindemedel som är en sintrad bronslegering, kännetecknat av att kiselnitrid i form av ett pulver tillsätts till metallpulvret före sintring och i en sådan mängd att kiselnitriden
- 5 kommer att utgöra 0.02 – 5.0 volym-% av det metalliska bindemedlet och varvid kiselnitriden som tillsätts är i form av korn som har en genomsnittlig kornstorlek som är mindre än 10 µm och över 0.1 µm.
11. Ett förfarande enligt krav 10, i vilket metallpulvret ytterligare innefattar silver.
- 10 12. Ett förfarande enligt kravet 10 eller kravet 11, i vilket en polymer tillsätts till metallpulvret före sintring, företrädesvis i form av polyimidpulver, så att även ett polymert bindemedel bildas som utgör en del av grundmassan (6).
13. Ett förfarande enligt något av kraven 10 – 12, varvid förfarandet innefattar; blandning av pulverbaterialet för grundmassans (6) bindemedel med de
- 15 abrasiva partiklarna (5); kompaktering av blandningen i en kallpress; härdning av den kompakterade blandningen i en ugn vid en temperatur i intervallet 380°C - 520°C, företrädesvis 400°C - 500°C under en period av 120 – 150 minuter; därefter placering av den kompakterade och härdade blandningen i en press där den utsätts för ett tryck på 1500 – 2000 kg/cm<sup>2</sup>; och bibehållande av trycket till dess att blandningen har nått en
- 20 temperatur under 300°C.
14. Ett förfarande enligt något av kraven 10 – 13, varvid fyllmaterial tillsätts till blandningen av metallpulver och abrasiva partiklar före sintringsoperationen och varvid fyllmaterialet innefattar grafit.

1/6

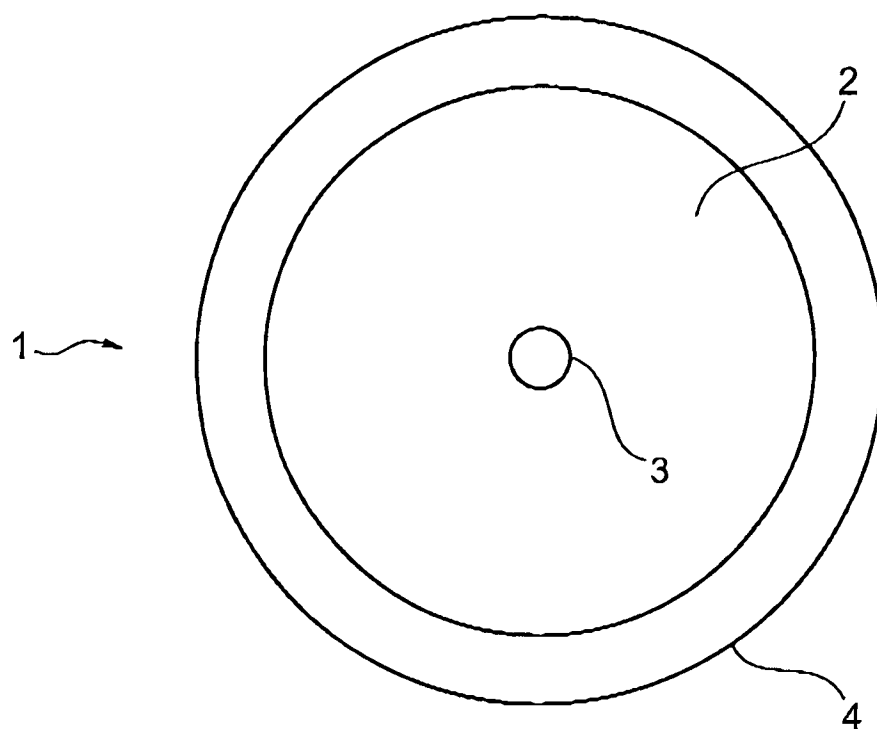


Fig. 1

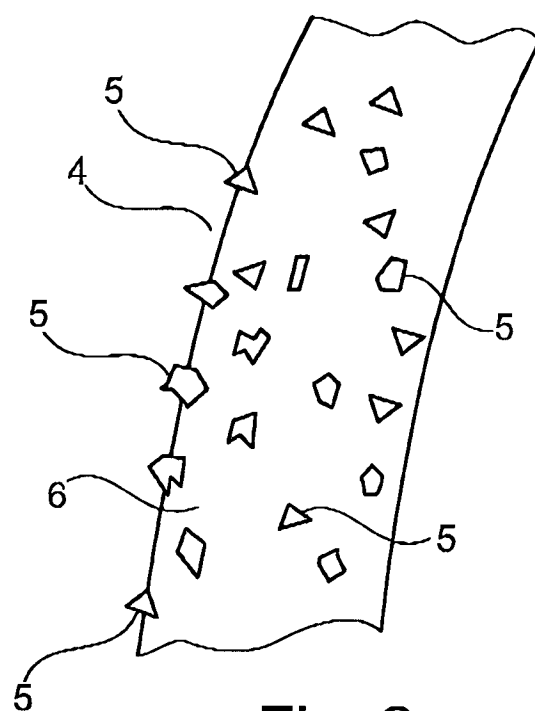


Fig. 2

2/6

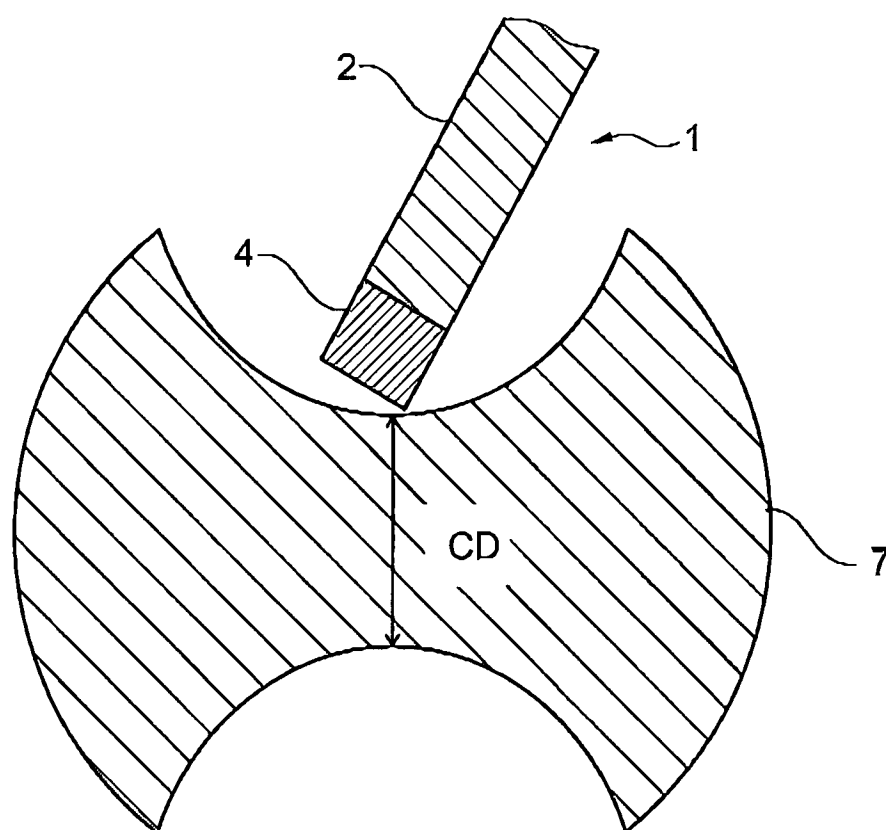


Fig. 3

3/6

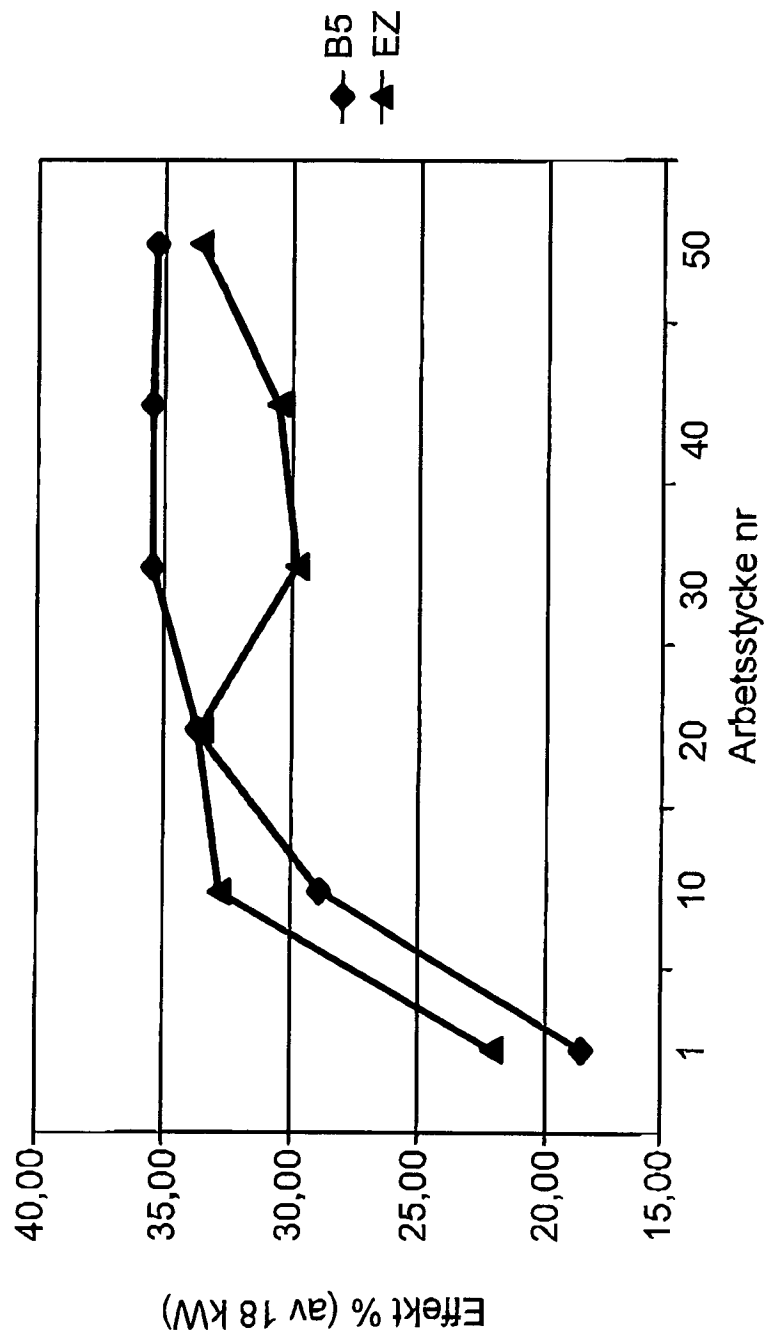


Fig. 4

4/6

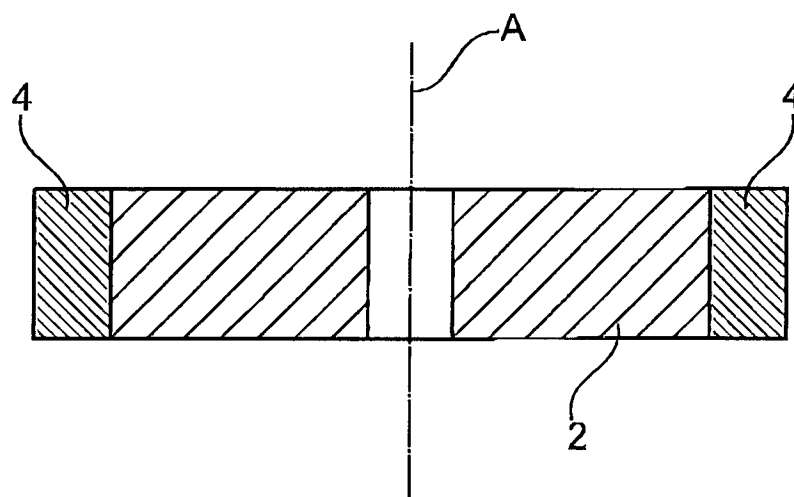


Fig. 5

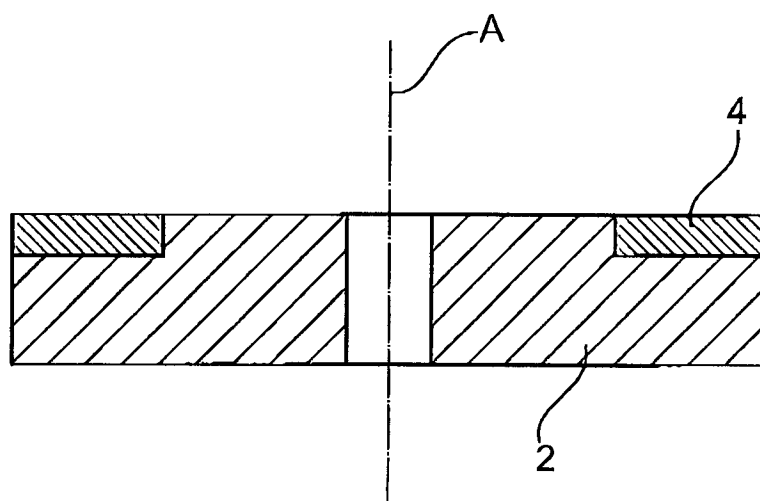


Fig. 6

5/6

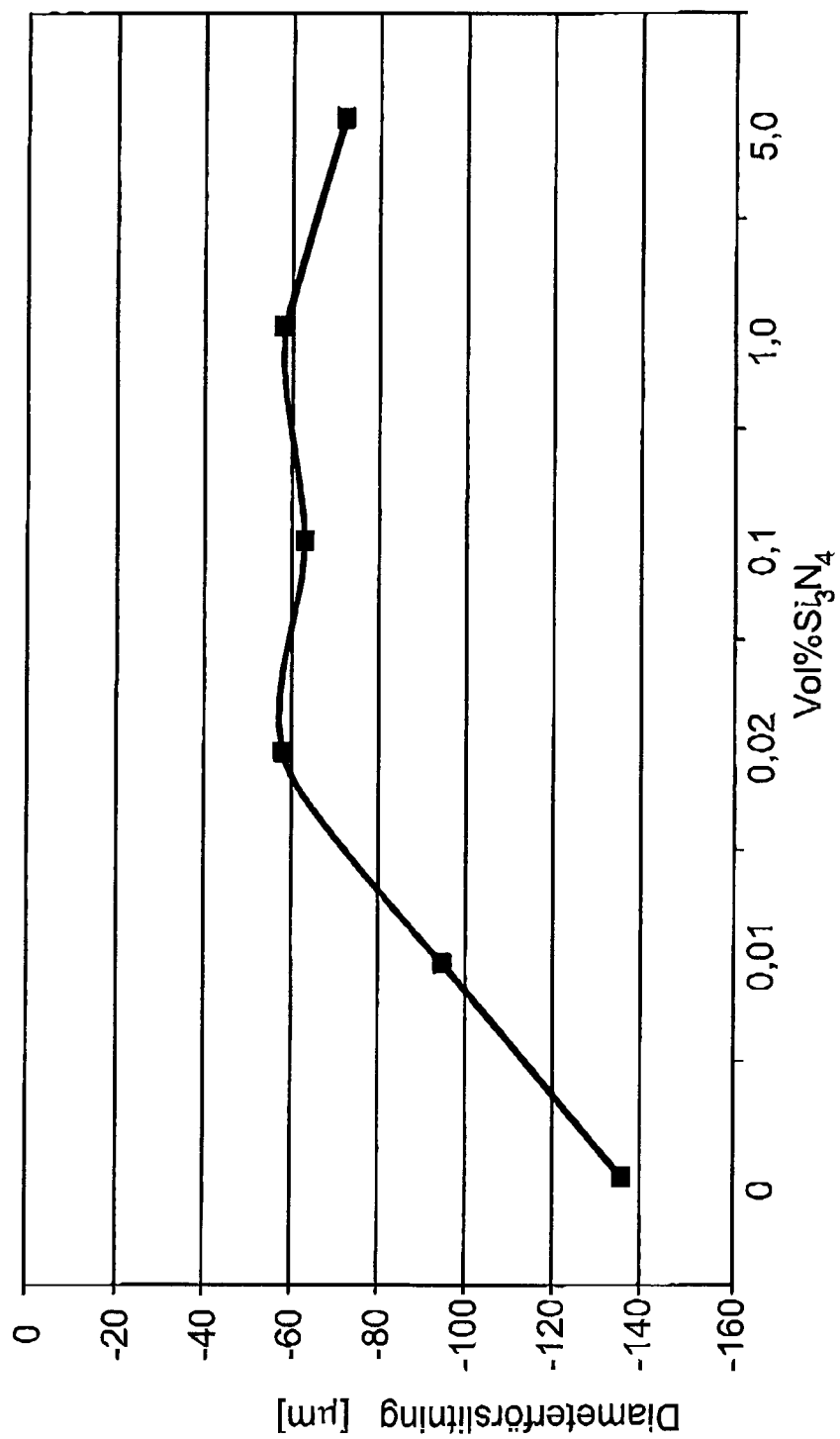


Fig. 7

6/6

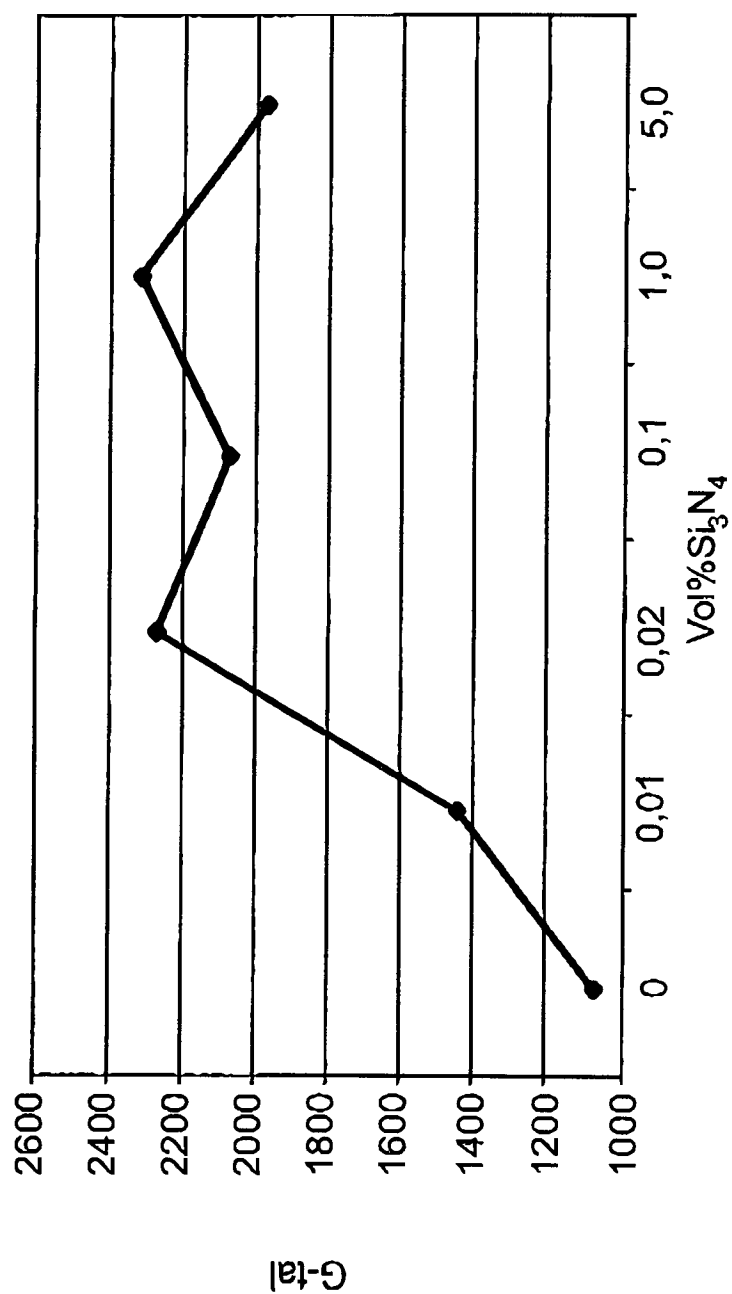


Fig. 8