

(19) DANMARK



PATENTDIREKTORATET  
KØBENHAVN

(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

  
(11) 153411 B

(21) Patentansøgning nr.: 0488/77

(22) Indleveringsdag: 04 feb 1977

(41) Alm. tilgængelig: 06 aug 1977

(44) Fremlagt: 11 jul 1988

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 05 feb 1976 SE 7601289

(51) Int.Cl.<sup>4</sup> C 22 C 29/02  
// B 23 B 27/14

(71) Ansøger: \*SANDVIK AKTIEBOLAG; Fack; S-811 01 Sandviken, SE

(72) Opfinder: Karl Sven Gustav \*Ekemar; SE, Udo \*Fischer; SE

(74) Fuldmægtig: Hofman-Bang & Boutard A/S

(54) Hårdmetalsliddel med høj slidstyrke og god styrke, sammensat af hårdmetal og støbejern

(56) Fremdragne publikationer

SE freml. skrift nr. 362444  
SE pat. nr. 95909, 102563  
US pat. nr. 1977361, 3859057

DK 153411 B

Den foreliggende opfindelse angår en hårdmetalsliddel af den i indledningen til krav 1 angivne art. Som eksempler på sådanne hårdmetalsliddede kan man anføre slidelementer beregnet til maskindele, redskaber, værktøj o.s.v., i særdeleshed i komponenter, der er udsatte for et væsentligt slid. Blandt andre eksempler kan anføres konstruktionsdetaljer af forskellig art, beregnet til at blive anvendt under slidende betingelser, samt skærelegemer og lignende, der direkte er egnet til tilvirkning eller bearbejdning af materialer, såsom f.eks. skær til bjergboring eller spåntagende bearbejdning.

Man kan i gammel patentlitteratur finde forskellige forslag og ideer i forbindelse med slidstærke produkter, der er baseret på hårdmetal indstøbt i forskellige typer af støbelegeringer, såsom f.eks. stål, støbejern eller andre metalliske materialer. Der har været beskrevet mange forskellige metoder til fremstilling af disse produkter, og disse er eller har været patentbeskyttende. På trods heraf foregår anvendelsen af hårdmetal fortsat for den langt overvejende dels vedkommende i form af massive legemer, som enten i sin helhed udgør den tilsigtede konstruktion, værktøjet, o.s.v., eller også udgør en slidstærk detaieldel, som på sin side er fastgjort til en holderdel eller lignende ved hjælp af mekanisk fastklemning, lodning, limning eller lignende. Kun i undtagelsestilfælde har man grebet til inkorporering af hårdmetaller ved hjælp af indstøbning, og i så fald med i det væsentlige negativt resultat. Som et eksempel på en sådan tidligere inkor-

porering eller indstøbning kan man nævne anbringelse af et fint kornet eller fint knust hårdmetal i form af tynde lag på arbejds- eller slidoverflader af stål eller lignende. Ved at lade anbringelsen af hårdmetallet efterfølges af en opvarmning af arbejdsstykket, eventuelt kompletteret med tilsætninger af særlige støbelegeringer, flusmidler o.s.v., har man søgt at frembringe en indstøbning af hårdmetaller i de overflader, hvis slidresistens man har ønsket at forøge. Det er dog ikke lykkedes på denne måde at opnå produkter med helt tilfredsstillende kvalitet og anvendelighed på denne måde.

Man har også anvendt indstøbning af hårdmetaller i støbestål, men denne fremgangsmåde medfører dels den ulempe, at indstøbningsprocessen skal foretages ved relativt høj temperatur og dels, at der under indstøbningen optræder uønskede reaktioner mellem hårdmetallet og støbestålet.

Det er således opfindelsens formål at tilvejebringe en hårdmetalsliddel med høj slidstyrke og god styrke, som kan fremstilles ved lavere temperaturer end en hårdmetalsliddel med støbestål som bæremateriale, og ved hvis fremstilling der ikke optræder uønskede reaktioner mellem hårdmetallet og bærematerialet.

Hårdmetalsliddelen ifølge opfindelsen med høj slidstyrke og god styrke er ejendommelig ved det i den kendetegnende del af krav 1 angivne.

Hårdmetalsliddelen ifølge opfindelsen kan fremstilles ved lavere temperaturer end hårdmetalsliddelen med stø-

bestål som bæremateriale, og man opnår således en enklere og billigere indstøbningsproces, både hvad angår materialepris, energiforbrug og kontrollerbarhed. Desuden har det vist sig, at man undgår uønskede kemiske reaktioner mellem indstøbningsmaterialet og hårdmetallet, dels på grund af den godt specificerede sammensætning af indstøbningsmaterialet og dels på grund af den relativt lave indstøbningsstemperatur.

Ifølge opfindelsen foreligger der nu en af hårdmetal og støbelegering sammensat sliddel med sådanne kvalitetsegenskaber, som det hidtil har været umuligt at opnå. Ved anvendelsen af visse specificerede støbelegeringer, der i sig selv hidtil har været betragtet som helt uegnede på grund af lav slidstyrke, er det således helt overraskende ved kombinationen med hårdmetal lykkedes at opnå væsentligt bedre egenskaber af det sammensatte produkt end dem, der kunne opnås ved anvendelse af betydeligt slidstærkere støbelegeringer. En væsentlig forudsætning har dog også været en optimering af strukturen, sammensætningen og styrkestørrelsen af det anvendte hårdmetal. Desuden har fremstillingen af det sammensatte materialeprodukt måttet foregå under nøjagtigt fastlagte procesbetingelser hvad angår støbetemperatur, størkningshastighed, materialetilførsel, osv.

I slidgods, såsom f.eks. maleplader, eller i sliddele, f.eks. sandblæsningsmaskiner og kuglemøller, har man hidtil som før anført i mange tilfælde anvendt slidstærke, legerede støbestål eller legeret, hvidt støbejern, d.v.s. støbejern, hvor enhver grafitudskillelse på en eller anden måde er blevet undertrykt. Anvendelse af gråt eller grafitisk støbejern med væsentligt la-

vere slidstyrke og normalt indeholdende ubetydelige indhold af legeringsstoffer har i denne sammenhæng givet været anset for helt uegnet.

Ifølge opfindelsen har det dog nu vist sig, at medens både støbestål og hvidt støbejern og herved endog højlegerede, meget slidstærke kvaliteter har frembragt uegnede eller helt uduelige produkter i kombination med hårdmetal, d.v.s. baseret på indstøbning af hårdmetaller, så har indstøbning af hårdmetallerne i grafitisk støbejern ført til produkter med særlig høj slidstyrke og slidbestandighed i kombination med overordentligt god mekanisk styrke og sejhed.

Sammensætningen af det i det væsentlige grafitiske støbejern må som før anført afpasses således, at carbonækvivalentet, C ækv., d.v.s. indholdet af carbon tillige med indholdet af de øvrige bestanddele og legeringsstofferne ækvivalente med carbon hvad angår indvirkning på støbejernets egenskaber, er mindst 4,0 og højest 6,0. Da silicium og phosphor er de stoffer, som efter carbon i størst omfang påvirker støbejernets egenskaber, plejer man sædvanligvis at definere carbonækvivalentet i henhold til formlen  $C \text{ ækv.} = \%C + 0.3 (\% Si + \% P)$ . Da der dog også findes mange andre stoffer, som påvirker egenskaberne på tilsvarende måde, findes der andre, mere eller mindre komplicerede formler, der tager hensyn dertil.

Foruden normalt gråt støbejern kan man anvende grafitiske støbejern, der er behandlet på forskellige måder. Det har f.eks. i visse tilfælde vist sig fordelagtigt med podede eller varmebehandlede støbejern. Til visse produkter har især sejjern, d.v.s. støbejern med nodulær eller kugle-

formet grafit, vist sig hensigtsmæssigt.

I den af støbejern og sintret hårdmetal sammensatte hårdmetalsliddel ifølge opfindelsen indgår hårdmetallerne i form af stumper, knust materiale, formlegemer eller en anden i sig selv helt vilkårlig udformning. Hårdmetallerne, som indeholder mindst et carbid sammen med bindemetal, er normalt af WC-Co-typen med eventuelle tilsætninger af carbider af Ti, Ta, Nb m.f., men også hårdmetaller, der indeholder andre carbider og bindemetaller, kan komme i betragtning.

Det er i og for sig kendt, at man ved indstøbning af hårdmetal hensigtsmæssigt bør anvende et støbemetall, som danner blandingskrystaller eller legeringer med hårdmetallet. Ifølge opfindelsen har det dog vist sig, at sådanne optrædende blandingskrystaller eller legeringer næppe er af generelt gavnlige natur. Man har således i det væsentlige kun opnået et fordelagtigt resultat i de tilfælde, hvor blandingskrystaller eller legeringsfaser er opstået mellem hårdmetallerne og den i det tidligere afsnit angivne støbejernstype. Ved anvendelse af slidstærke støbestål, slidstærkt støbejern eller andre materialer, der tidligere har været anset som værende optimale for indstøbning af hårdmetal, har optrædende legeringsfaser således ofte vist sig at dominere materialet, fordi legeringsdannelsen eller diffusionen i almindelighed har været altfor voldsom til at kunne reguleres, hvilket på sin side blandt andet har betydet en kraftig opløsning af hårdmetallerne. Desuden har de angivne legeringsfaser på grund af u hensigtsmæssige egenskaber, såsom blandt andet sprødhed, uregelmæssighed og porøsitet, ofte helt

elimineret muligheden for med fordel at anvende det sammensatte materiale.

I sådanne sammensatte produkter, hvor man med fordel anvender indstøbt, knust materiale af hårdmetal, f.eks. ved forskellige typer af sliddele, har det vist sig at være af største betydning for opnåelse af optimale resultater, at den optrædende legeringsfase eller overgangszonzone mellem hårdmetal og støbejern reguleres hvad angår omfang, mængde, sammensætning m.m. For at opnå successive egenskabsændringer og en god metallurgisk binding mellem hårdmetal og støbejern har det vist sig, at en så overraskende stor andel som mellem 20 og 80%, fortrinsvis mellem 30 og 70% af den oprindelige mængde af tilsat hårdmetal bør indgå i overgangszonen. Sædvanligvis har man opnået optimale resultater ved en andel på mellem 40 og 60%. Dette indebærer, at visse af hårdmetalkornene helt opløses eller overgår til legeringsfase, hvilket som tidligere anført har en gavnlig virkning, men hvilket givetvis ikke bør ske i så stort omfang, at de fleste hårdmetalkorn helt og holdent omdannes og herved mister den oprindelige slidstyrke og hårdhed.

Det har vist sig, at en rimelig afvejning af partikelstørrelsen af det knuste hårdmetalmateriale er en mulighed for at frembringe den ønskede relation mellem helt omdannede og delvist omdannede hårdmetalkorn. Det har vist sig, at mindst 90% af mængden af tilsat hårdmetal bør have en partikelstørrelse inden for intervallet mellem 1 og 8 mm. Hensigtsmæssigt bør partikelstørrelsen for mindst 60% af den tilsatte mængde af hårdmetal ligge inden for området 2-6 mm. Den gennemsnitlige partikelstørrelse for den målelige del af det knuste hårdmetalmateriale er med fordel 2,5-4 mm.

I det af hårdmetal og støbejern sammensatte produkt kan man via passende undersøgelser af struktur, analyse o.s.v. (jfv. det følgende) relativt let genfinde og observere den før angivne legeringsdannelse, inklusive helt eller delvist omdannende hårdmetalkorn o.s.v. På denne måde er det muligt at stille tidligere i denne redegørelse angivne angivelser om partikelstørrelse med mere i forbindelse med de tilsatte hårdmetaller i direkte relation til tilsvarende forhold i indstøbt tilstand. En sammenligning mellem de oprindelige hårdmetalkorn og de indstøbte korn bestående af hårdmetal + overgangszone viser, at de sidst angivne har et noget større volumen, da legeringsdannelsen kan siges at indebære en tilførsel af støbejern til hårdmetalkernen. Det har vist sig, at denne "korntilvækst" har en fordelagtig betydning for både støbningens praktiske gennemførelse og for selve opbygningen af det sammensatte materiale. På den ene side kræves der således en tæt pakning af hårdmetalkornene for at opnå maximal slidstyrke og for at undgå en exponering af alt for store overflader af slidsvagt støbejern. På den anden side må kanalerne mellem kornene ikke være alt for snævre for at hindre passage af smelte eller alt for hurtigt afkøle denne ved støbningen. Ved en på passende måde udvalgt kornstørrelse ifølge opfindelsen er det dog lykkedes både at frembringe de ønskede passager for smelten og den ønskede tætte pakning med en mindsket afstand mellem de slidstærke korn på grund af den netop anførte tilvækst under støbningen.

I det følgende skal man i form af et eksempel nærmere omtale en særlig udførelsesform for opfindelsen, hvorved der blandt andet skal redegøres for resultater, der er fremkommet ved sammenlignende praktiske prøver, lige-

som betydningen af materialets struktur med mere skal illustreres.

#### EKSEMPEL 1

I kulfyrede varmekraftværker må man normalt foretage en knusning og formaling af kullet, før det kan anvendes. Denne knusning og formaling af kullet udføres i et tilfælde ved hjælp af et antal slagghjulsmøller, hvis driftsomkostninger var høje på grund af en hurtig nedslidning af visse komponenter (der alment kan betegnes som slidelementer) og deraf betingede hyppige driftsafbrydelser og udvekslinger.

I en omfattende prøve sammenlignedes et antal forskellige konventionelle materialer, som hidtil har været anvendt i de netop anførte komponenter, samt slidelementer ifølge opfindelsen bestående af knust hårdmetalmateriale indstøbt i grafitisk støbejern med nodulær grafit, d.v.s. et materiale af sejggjernetypen.

Fremstillingen af slidelementet foregik ved hjælp af støbning i henhold til i og for sig tidligere kendte retningslinier i forvarmede støbeforme og med det knuste hårdmetalmateriale delvist placeret på en indspændt metaltrådsdug. Det knuste materiale var af WC-Co-typen med en partikelstørrelse på 2-6 mm. Den totale tykkelse af slidelementet var ca. 50 mm, mens den stipulerede tykkelse af det slidstærke overfladelag indeholdende hårdmetal var ca. 10 mm. Ved støbningen overhededes støbelegeringen til en temperatur svarende til liquidustemperaturen + 150-400°C, hvilket i forbindelse med det pågældende materiale medførte en på

passende måde tilpasset reaktionstendens mellem hårdmetal og støbejern.

Prøvninger i slaghjulsmølle omfattende slidelementer udført i følgende materialer:

- 1) Højlegeret, hærdet, martensitisk hvidt støbejern med den retningsgivende analyse 3% C, 15% Cr, 3% Mo, rest Fe.
- 2) Austenitisk manganstål, s.k. Hadfield-stål med den retningsgivende analyse 1% C, 12-14% Mn, rest Fe.
- 3) Stål SIS 1312 med den retningsgivende analyse 0,12% C, 0,25% Si, 0,5% Mn, rest Fe med pålagt hård-svejsning af stellit-materiale.
- 4) Hårdmetalkorn af type WC-Co indstøbt i grafitisk støbejern med nodulær grafit, d.v.s. sejgjern med et kulækvivalent på ca. 4,5 og med støbejernsanalysen 4,0 C, 1,2 Si, 0,6 Mn, 0,024 P, 0,006 S, 0,04 Cr, 0,07 Ni, 0,01 Mo, 0,05 Al, 0,024 Mg, 0,02 Cu, 0,004 N, rest Fe.

Allerede ved en tidligere sammenlignende prøve i laboratorieskala havde det vist sig, at materialet nr. 4 var væsentligt overlegent i sammenligning med det tilsvarende materiale baseret på indstøbning af knust hårdmetalmateriale i både de angivne basismaterialer 1-3 og i mangfoldige andre materialer. Ved prøven i fuld skala foretog man nu i stedet en sammenligning mellem tre kommercielt anvendte materialer og materialet ifølge opfindelsen.

Inspektioner af slidlaget i møllekomponenten foregik efter ca. 200, 300, 400, 500, 900, 1300 og 2000 timers forløb. Livslængden målt som udslidning af den pågældende komponent viste sig at være følgende for de undersøgte materialer:

<u>Materiale</u>	<u>Livslængde</u>
1) hærdet martensitisk støbejern	400 h
2) manganstål	250 h
3) stål med hårdsvajning	300 h
4) sammensat produkt ifølge opfindelsen	2000 h

Den sammenlignende prøve dokumenterede således særligt overlegne egenskaber af det af knust hårdmetalmateriale og grafitisk støbejern sammensatte produkt ifølge opfindelsen.

Fig. 1-2 illustrerer strukturen af det sammensatte materiale ifølge opfindelsen, dels i makroskala (3,5 gange forstørrelse) i henhold til fig. 1, dels i mikroskala (1200 gange forstørrelse) i henhold til fig. 2. Fig. 3 angiver den målte mikrohårdhed ( $HV_3 \text{ kp/mm}^2$ ) af det på fig. 2 illustrerede materiale.

På fig. 1 kan man iagttage hårdmetalkorn A indstøbt i en grundmasse af støbejern B. Mellem A og B genfindes en legerings- eller diffusionszone C af betydelig størrelse og udbredelse. Af fig. 1 fremgår det også, at et relativt stort antal hårdmetalkorn D helt er blevet omdannet til blandingsstruktur, hvilket blandt andet medfører en forstærkning af grundmassen.

Af fig. 2 og 3 fremgår i større detaljer strukturen af materialet nærmest omkring et indstøbt hårdmetalkorn samt den resulterende hårdhed i dette område.

Det kan iagttages, at mikrohårdhederne i omdannelseszonen

i hovedsagen er en approximativ middelværdi af hårdhederne af hårdmetal og støbejern. Dette medfører blandt andet en særlig hensigtsmæssig overgang eller successiv egen-skabsændring mellem det hårde og slidstærke hårdmetal og det blødere, men væsentligt sejgere støbejern. Fremstilling af faktiske genstande, der er parat til anvendelse, kan - som det fremgår af det foregående - foregå på en sådan måde, at de i anvendelsesfærdig tilstand kun består af med støbejern indstøbt hårdmetal. I afhængighed af anvendelsens art har det vist sig, at den mindste gennemsnitlige tværsnitsdimension gennem det volumen af genstanden, som består af med støbejern indstøbt hårdmetal, bør ligge i intervallet 2-100 mm. Hensigtsmæssigt bør dette interval ligge inden for området 3-75 mm. Med fordel bør intervallet være 5-10 mm. Den faktiske andel af hårdmetal eller hårde stoffer i den for slid udsatte del bør være 30-70 volumen-%. Hensigtsmæssigt bør den være 35-65 volumen-%, og med fordel 40-60 volumen-%.

## P a t e n t k r a v :

-----

1. Hårdmetalsliddel med stor modstandsdygtighed over for slid og ridsning i kombination med god mekanisk styrke og sejhed, sammensat dels af sintret hårdmetal, dels af støbelegering på jernbasis, hvorved det sintrede hårdmetal i form af stumper, knust materiale eller lignende er indstøbet i den angivne støbelegering, k e n d e t e g n e t ved, at støbelegeringen udgøres af et i det væsentlige grafitisk støbejern med i sig selv lav slidstyrke og hårdhed, hvorved dets sammensætning er afpasset på en sådan måde, at carbonækvivalentet, C ækv., d.v.s. indholdet af carbon sammen med indholdet af de øvrige bestanddele og legeringsstoffer ækvivalente med carbon, hvad angår påvirkningen af støbejernets egenskaber, er mindst 4,0 og højst 6,0, og at der er dannet en mellemliggende legeringsfase eller overgangszone mellem hårdmetallet og støbelegeringen, hvorved 20-80%, fortrinsvis 30-70% af den tilsatte mængde af hårdmetal, indgår i overgangszonen, samt at mindst 90% af den tilsatte mængde af hårdmetal har en partikelstørrelse mellem 1 og 8 mm.

2. Hårdmetalsliddel ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at mindst 60% af den tilsatte mængde af hårdmetal har en partikelstørrelse mellem 2 og 6 mm.

3. Hårdmetalsliddel ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at den gennemsnitlige partikelstørrelse af hårdmetallerne er 2,5-4 mm.

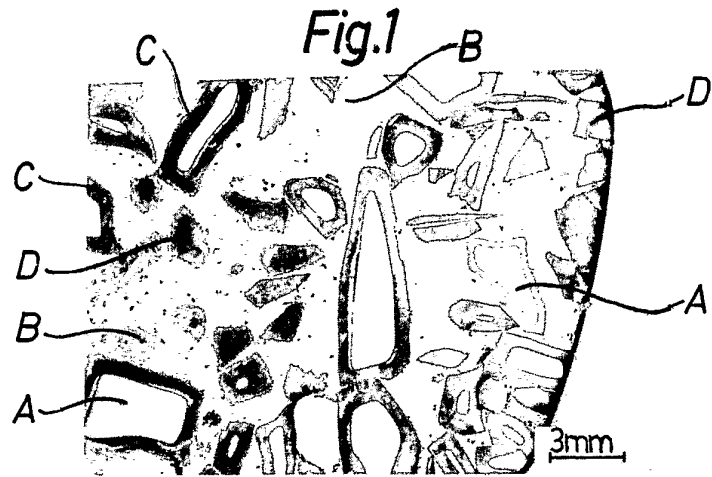


Fig.2

