



Patentdirektoratet  
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 5390/86

(51) Int.Cl.6

C 22 C 1/09

(22) Indleveringsdag: 11 nov 1986

(41) Alm. tilgængelig: 15 maj 1987

(45) Patentets meddelelse bkg. den: 22 dec 1997

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 14 nov 1985 GB 8528156

(73) Patenthaver: \*IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES PLC; Thames House North; Millbank; London SW1P 4QG, GB

(72) Opfinder: John \*Dinwoodie; GB, Michael David \*Taylor; GB, Andrew Meredith \*Walker; GB, Martyn Hugh \*Stacey; GB

(74) Fuldmægtig: Chas. Hude A/S

(54) Fiberarmerede sammensatte materialer med metalgrundmasse

(56) Fremdragne publikationer

US pat. nr. 3167427, 4152149

(57) Sammendrag:

5390-86

Et sammensat materiale med metalgrundmasse omfatter tilfældigt orienterede uorganiske oxidfibre med en vægtfylde under 3 g/ml indlejret i et metalgrundmassemateriale, såsom et letmetal, f.eks. aluminium eller magnesium eller en legering deraf. I en særlig udførelsesform har fibrene en vægtfylde på 1,8 til 2,5 g/ml og fortrinsvis en gennemsnitsdiameter fra 2 til 10 mikron. Det sammensatte materiale kan fremstilles ved væskegennemtrængning af en fiberpræform omfattende fibrene sammenbundne med et uorganisk eller et organisk bindemiddel eller ved ekstrusion af en blanding af fibrene og et pulveriseret metalgrundmassemateriale.

Den foreliggende opfindelse angår generelt armering af metaller med uorganiske fibre, og mere specielt fiberarmede sammensatte materialer med metalgrundmasse omfattende porøse, uorganiske oxidfibre med en vægtfylde på mindst 1,8 mg/l og  
5 mindre end 2,5 g/ml, især aluminiumoxidfibre, indlejret som armering i en metalgrundmasse. Opfindelsen indbefatter præform fremstillet af porøse, uorganiske oxidfibre med lav vægtfylde, der er egnede til inkorporering som armering i en metalgrundmasse.

10 Der kendes sammensatte materialer med metalgrundmasse (i det følgende forkortet MMC) omfattende uorganiske oxidfibre, såsom polykrystallinske aluminiumoxidfibre indlejret som armering i en grundmasse omfattende et metal, såsom aluminium eller magnesium eller en legering indeholdende aluminium eller magnesium  
15 som hovedkomponent. En fiber, der almindeligt anvendes i sådanne MMC'er, er aluminiumoxidfibre i form af korte (f.eks. op til 5 mm) fibre med fin diameter (f.eks. gennemsnitsdiameter 3 mikron), som er tilfældigt orienteret i det mindste i et plan vinkelret på tykkelsesretningen af det sammensatte materiale. MMC'er af denne type indeholdende aluminiumoxidfibre i  
20 legeringer er begyndt at blive anvendt i industrien til en række formål, især i stempler til forbrændingsmotorer, hvori ringområderne og stempeltopområderne armeres med aluminiumoxidfibre.

25 MMC'er indeholdende ensrettede kontinuerlige fibre, såsom aluminiumoxidfibre og stålfibre, er også blevet foreslået til anvendelse til formål, hvor der kræves ensrettet styrke, f.eks. til armering af plejlstænger til forbrændingsmotorer. I MMC'er af denne type har fibrene forholdsvis stor diameter f.eks.  
30 mindst 8 og i reglen mindst 10 mikron, og hvor det drejer sig om aluminiumoxidfibre, omfatter de en høj mængde f.eks. fra 60 til 100% f.eks.  $\alpha$ -aluminiumoxid.

De metalgrundmasser, til hvilke fiberarmering er af størst interesse, er de såkaldte letmetaller og legeringer indehol-

dende dem, især aluminium og magnesium og deres legeringer.

Vægtfylden af disse metaller er typisk ca. 1,8 til 2,8 g/ml, og da de uorganiske oxidfibre, der hidtil har været anvendt som armering, har en vægtfylde større end 3, typisk ca. 3,3  
5 til 3,9 g/ml, er en ulempe ved de fremkomne MMC'er, at de er tungere end metallet selv. En MMC bestående af en aluminiumlegering med vægtfylde 2,8 armeret med 50 rumfangsprocent aluminiumoxidfibre med en vægtfylde på 3,9 vil således have en vægtfylde på ca. 3,35. Det ville klart være fordelagtigt, hvis  
10 inkorporering af en fiberarmering i metallet gav en MMC med mindre eller i det mindste ikke betydeligt større vægtfylde end metallet selv.

Ifølge opfindelsen angives et sammensat materiale med metalgrundmasse omfattende tilfældigt orienterede porøse uorganiske  
15 oxidfibre med en vægtfylde på mindst 1,8 g/ml og mindre end 2,5 g/ml indlejret i et grundmassemateriale af metal.

Ifølge opfindelsen angives også en præform, der er egnet til inkorporering i et metalgrundmassemateriale til fremstilling af et sammensat materiale med metalgrundmasse i overensstem-  
20 melse med foregående afsnit, og omfattende tilfældigt orienterede porøse uorganiske oxidfibre med en vægtfylde på mindst 1,8 g/ml og mindre end 2,5 g/ml sammenbundet med et bindemiddel, fortrinsvis et uorganisk bindemiddel.

Forstærkelse af egenskaberne af metaller ved inkorporering af  
25 en fiberarmering deri står i forhold til styrken og modulet af de anvendte fibre, idet det er ønskeligt at fibrene har høj trækstyrke og højt modul.

I foretrukne udførelsesformer for opfindelsen angives derfor MMC'er og præforme, hvori fibrene har trækstyrke større end  
30 1500 fortrinsvis større end 1750 MPa og modul større end 100 GPa.

Hvis det ønskes, kan de uorganiske oxidfibre anvendes i blanding med andre typer fibre, f.eks. aluminiumsilikatfibre (vægtfylde ca. 2,8 g/ml) eller siliciumcarbid whiskers (vægtfylde ca. 3,2 g/ml), idet mængden af uorganiske oxidfibre i sådanne blandinger typisk er fra 40 til 80% af fibre. De uorganiske oxidfibre kan omfatte oxiderne af mere end et metal, og et særligt eksempel på en sådan fiber er en aluminiumoxidfiber indeholdende nogle få vægt%, f.eks. 4 eller 5 vægt% af et fasestabiliseringsmiddel, såsom siliciumdioxid.

- 10 Rumfangsfraktionen af fibre i MMC (og i præformen) kan variere inden for vide grænser afhængende af de krav, der stilles til MMC'en. Som vejledning kan opnås rumfangsfraktioner på op til 50 til 60%, typisk fra 30 til 40% af MMC'en. MMC kan f.eks. indeholde fra 0,1 til g/ml fibre, fortrinsvis mindst 15 0,3 g/ml og typisk fra 0,8 til 1,6 g/ml eller endnu mere. Fiberindholdet i MMC'en kan variere gennem hele tykkelsen af det sammensatte materiale. Ændringen i fiberindhold kan være ensartet eller trinvis. En udførelsesform for en MMC omfattende en trinvis variation af fiberindholdet haves i et laminat af 20 MMC'er med forskelligt fiberindhold, hvor de sammensatte materialer, om ønsket, er adskilt i et komplet laminat af et lag af metallet, f.eks. en plade af aluminium. Sammensatte materialer med flere lag kan opbygges som det ønskes. MMC'en kan have en bagklædning af et egnet tekstilstof f.eks. Kevlar 25 stof.

- Fortrinsvis har fibre en trækstyrke på mindst 1000 MPa og et modul på mindst 70 GPa, og fortrinsvis mindst 100 GPa. De skal fortrinsvis være i det væsentlige kemisk indifferente over for metallet, der danner grundmassen, således at fiberegenskaberne ikke nedbrydes omend nogen reaktion med fibre kan tolereres, 30 f.eks. reaktioner som forøger bindingen mellem metallet og fibre. Fibrene skal fortrinsvis befugtes let af metallet.

De foretrukne fibre er porøse, polykrystallinske aluminiumoxidfibre, idet sådanne fibre udviser en god balance mellem de

ønskelige egenskaber, såsom høj styrke, høj stivhed, hårdhed, lav vægtfylde og kemisk indifferenthed over for metaller såsom aluminium og magnesium. En typisk polykrystallinsk aluminiumoxidfiber med en diameter på ca. 3 mikron har en styrke på 5 1500 til 2000 MPa, et modul på 150 til 200 GPa og en vægtfylde på ca. 2,0 til 2,5 g/ml.

Fibrene er tilfældigt orienteret og kan være korte stabelfibre (f.eks. nogle få cm) og valsede stabelfibre (f.eks. 50 til 1000 mikron) foretrakkes. Fiberlængden har en betydelig virkning på pakningstætheden af fibrene i præforme, hvori fibrene er arrangeret i tilfældig eller plan tilfældig orientering, og derfor på rumfangsfraktionen af fibrene i MMC'en. I almindelighed kræver høje rumfangsfraktioner af fibre meget korte fibre, f.eks. fibre med en længde under 500 mikron, og så lavt 15 som 10 eller 20 mikron, afhængende til en vis grad af de særligt anvendte fibre og især deres diameter og stivhed. Der er en kritisk minimumsfiberlængde, for at fibrene giver maksimal trækstyrkeforøgelse af metalgrundmassen.

Hvor en betydelig stigning i trækstyrken ikke er så vigtig, 20 kan der imidlertid anvendes fibre med en længde under den kritiske længde til at give en MMC med nedsat vægtfylde uden tab af trækstyrke i det sammensatte materiale, men med forøget slidstyrke og stivhed/modul. I sådanne tilfælde kan fibrene være ekstremt korte, f.eks. nogle få mikron, således at de 25 ligner pulvere.

Som ovenfor nævnt skal den kritiske længde af fibrene overstiges for at trækstyrken af metalgrundmassen forøges betydeligt og der opnås maksimal nytte med hensyn til trækstyrke i almindelighed, når de faktiske fiberlængder overstiger den kritiske 30 længde med en faktor på ca. 10. Den kritiske længde afhænger af mængderne af de særlige fibre og det anvendte metal, og den temperatur, ved hvilken den fremkomne MMC skal arbejde. Hvis det drejer sig om polykrystallinske aluminiumoxidfibre med en gennemsnitsdiameter på 3 mikron foretrakkes fiberlængder op

til ca. 1000 mikron, men til sammensatte materialer med en høj rumfangsfraktion af fibre, er fiberlængder mellem 100 og 500 mikron typiske. Hvor den fremkomne MMC kun er beregnet til at arbejde ved lav temperatur, kan fiberlængder så lave som 20  
5 mikron være acceptable. Som almen vejledning foretrækkes den maksimale fiberlængde svarende til en høj rumfangfraktion fibre.

Fiberdiameteren kan variere inden for et bredt interval f.eks. fra 2 mikron til 100 mikron. Fine fibre giver de højeste rumfangsfraktioner af fibre i MMC'erne, og diametre i intervallet  
10 2 til 10 mikron foretrækkes. Polykrystallinske aluminiumoxidfibre med en diameter på ca. 3 mikron og med længder på 10-200 mikron er særligt egnede til at opnå høje rumfangsfraktioner af fibre i MMC'erne. Det skal dog forstås, at de her nævnte fiberlængder refererer til længden i MMC'en, og disse længder  
15 kan være mindre end de fibre, der anvendes til at danne MMC'en, idet der kan ske nogen nedbrydning af fibre (som er hårde og skøre) under fremstilling af MMC'en. I almindelighed kan der anvendes længere fibre til fremstilling af det sammensatte  
20 materiale end de ovenfor beskrevne.

De foretrukne fibre i fiberarmeringen er aluminiumoxidfibre med lav vægtfylde. I dette tilfælde omfatter aluminiumoxidfibre helt et overgangsaluminiumoxid eller en mindre mængde  $\alpha$ -aluminiumoxid indlejret i en grundmasse af et overgangsaluminiumoxid, såsom  $\gamma$ -,  $\delta$ - eller  $\eta$ -aluminiumoxid. Ifølge opfindelsen foretrækkes fibre, der ikke har noget eller et meget lavt  $\alpha$ -aluminiumoxidindhold, og især et  $\alpha$ -aluminiumoxidindhold under 1 vægt%.

De foretrukne fibre udviser acceptable trækstyrker og har høj  
30 fleksibilitet. I en særlig udførelsesform ifølge opfindelsen har fibre en trækstyrke større end 1500 MPa, fortrinsvis større end 1750 MPa, og et modul større end 100 GPa. Typiske tilsyneladende vægtfylder for fibre med lav vægtfylde er 2 g/ml til 2,5 g/ml, selv om fibre med enhver ønsket vægtfylde i

intervallet 1,8 til 2,5 g/ml kan opnås ved omhyggelig regulering af varmebehandlingen, som fibre underkastes. I almindelighed har fibre opvarmet til lavere temperaturer, f.eks. 800 til 1000°C, lavere vægtfylde og lavere trækstyrke og modul end 5 fibre opvarmet til højere temperaturer, f.eks. 1100 til 1300°C. Som vejledning kan siges, at fibre med lav vægtfylde udviser trækstyrker på ca. 1500 MPa og modul på ca. 150 GPa, medens fibre med højere vægtfylde udviser styrker og modul på ca. 1750 MPa og 200 GPa. Det er blevet iagttaget, at modulet 10 af fibre med lav vægtfylde ikke findes at påvirkes meget af det varmebehandlingsprogram, som fibre har været underkastet og ikke varierer meget i overensstemmelse med den tilsyneladende vægtfylde af fibre. Forholdet mellem fibermodul og fibervægtfylde (= specifikt modul) er derfor i almindelighed 15 størst for fibre med lav vægtfylde.

Fibre kan fremstilles ved en oppustning-spindingsteknik eller en centrifugal spindingsteknik, og i dette tilfælde formes et spindemateriale til mange strømme af fiberforstadium, som tørres i det mindste delvis i flugten til dannelse af gelfibre, som så opsamles på et egnet organ såsom et trådnæt eller 20 bærebånd.

Spindematerialet, der anvendes til at fremstille fibre, kan være ethvert af de, der er kendt til fremstilling af polykrySTALLINSKE metaloxidfibre, og er fortrinsvis en spindeopløsning, der er fri eller i det væsentlige fri for suspenderede 25 faste partikler med en størrelse større end 10, fortrinsvis en størrelse større end 5 mikron. Rheologiegenskaberne af spindematerialet kan let indstilles, f.eks. ved anvendelse af spindehjælpemidler, såsom organiske polymerer eller ved at variere 30 koncentrationerne af fiberdannende komponenter i materialet.

Som grundmassemateriale kan anvendes ethvert metal, der smelter ved en temperatur under ca. 1200°C, fortrinsvis under 950°C.

En særlig fordel ved opfindelsen er forbedring i virkningen af letmetaller, således at de kan anvendes i stedet for tunge metaller, og det er armering af letmetaller, som opfindelsen særligt angår. Eksempler på egnede letmetaller er aluminium, magnesium og titan og legeringer af disse metaller indeholdende det  
5 nævnte metal som hovedkomponent, f.eks. repræsenterende mere end 80 eller 90 vægt% af legeringen.

Som beskrevet i det foregående er fibrene porøse materialer med lav vægtfylde, og da fibrene kan udgøre 50% eller mere af rumfanget af MMC'en, kan vægtfylden af fibrene i betydelig  
10 grad påvirke vægtfylden af MMC'en. En magnesiumlegering med en vægtfylde på ca. 1,9 g/ml armeret med 30 rumfangs% fibre med en vægtfylde på 2,3 g/ml, vil således give en MMC med en vægtfylde på ca. 2,0 g/ml, dvs. kun lidt tungere end legeringen  
15 selv. Omvendt vil en aluminiumlegering med en vægtfylde på 2,8 g/ml armeret med 30 rumfangs% fibre med en vægtfylde på 2,1 g/ml, give en MMC med en vægtfylde på 2,65 g/ml, dvs. lettere end legeringen selv.

Den foreliggende opfindelse gør det således muligt at fremstille MMC'er; der har en forudbestemt vægtfylde inden for et  
20 bredt interval. Aluminium og magnesium og deres legeringer har typisk en vægtfylde i intervallet 1,8 til 2,8 g/ml, og da vægtfylden af fibrene kan variere fra 1,8 til 2,5 g/ml, kan der let fremstilles MMC'er med en vægtfylde på 1,8 til 2,8  
25 g/ml. Et særligt let metal eller en særligt let legering armeret med en særlig let fiber er en foretrukken ejendommelighed ifølge opfindelsen, især magnesium eller magnesiumlegering med en vægtfylde mindre end 2,0 g/ml armeret med en porøs fiber med lav vægtfylde (især en aluminiumoxidfiber) med en vægtfylde på  
30 ca. 2,0 g/ml til fremstilling af en MMC med en vægtfylde mindre end 2,0 g/ml.

Hvis det ønskes kan overfladen af fibrene modificeres for at forbedre befugtigheden af fibrene med og/eller reaktionsdygtigheden af fibrene med metalgrundmassematerialet. F.eks. kan

fiberoverfladen modificeres ved belægning af fibrene eller ved inkorporering af et modifikationsmiddel i fibrene. Alternativt kan grundmassematerialet modificeres ved inkorporering deri af grundstoffer, som fremmer befugtigheden og reducerer reaktionsdygtigheden af de uorganiske oxidfibre f.eks. tin, cadmium, antimon, barium, vismuth, calcium, strontium eller indium.

I en fremgangsmåde til fremstilling af MMC'er, der er beskrevet i det følgende, samles fibrene først til en præform, hvori fibrene er sammenbundne med et bindemiddel i reglen et uorganisk bindemiddel, såsom siliciumdioxid eller aluminiumoxid. Det er muligt at inkorporere grundstoffer i bindemidlet som fremmer befugtigheden og reducerer reaktionsdygtigheden af fibrene under gennemtrængning af præformen.

Det er blevet iagttaget, at ved anvendelse af tryk eller vakuum til at lette gennemtrængningen af aluminiumoxidfiberpræforme med metalgrundmassematerialet, undgås i almindelighed problemer med befugtning af fibrene med grundmassematerialet, og præform/gennemtrængningsteknikken er en af de foretrukne teknikker til fremstilling af MMC'er ifølge opfindelsen.

I en foretrukken præform/gennemtrængningsteknik kan det smeltede metal klemmes ind i præformen under tryk eller suges ind i præformen under vakuum. Hvor det drejer sig om vakuuminde-trængning kan befugtningshjælpemidler være ønskelige. Gennemtrængning af metallet i præformen kan bevirkes i præformens tykkelsesretning eller i en vinkel på f.eks. 90° med tykkelsesretningen af præformen og langs fibrene.

Indtrængning af det smeltede metal i præformen kan, hvor det drejer sig om aluminium eller aluminiumlegeringer, udføres under en atmosfære indeholdende oxygen, f.eks. omgivelsernes luft, men når der anvendes visse metalgrundmassematerialer, som f.eks. magnium og magniumlegeringer, bliver oxygen fortrinsvis udelukket fra atmosfæren over det smeltede metal. Smeltet magnium eller en legering deraf håndteres typisk under

en indifferent atmosfære under indtrængning deraf i præformen, f.eks. en atmosfære omfattende en ringe mængde (f.eks. 2%) svovlhexafluorid i carbondioxid.

Fremstilling af præforme til gennemtrængning med smeltede metalgrundmassematerialer kan udføres med megen forskellig teknik, herunder f.eks. ekstrusion, sprøjttestøbning, trykstøbning og sprøjtning eller dypning. Disse teknikker er velkendt til fremstilling af fiberarmede sammensatte harpiksmaterialer, og det vil forstås, at brugen af en suspension af bindemiddel eller bindemidler i stedet for en harpiks i den kendte teknik vil give en præform.

En teknik, der anvender en fiberpræform, foretrækkes for at opnå en høj rumfangsfraktion af fibre i det sammensatte materiale med metalgrundmasse. En nyttig teknik til dannelse af en fiberpræform med en høj rumfangsfraktion fibre omfatter dannelse af en opslæmning af korte fibre i en væske, i reglen et vandigt medium, og at lade det flydende medium løbe af fra opslæmningen i en form. Afløb af væske kan understøttes med højt tryk eller vakuum, hvis det ønskes. Et uorganisk bindemiddel og eventuelt også et organisk bindemiddel, f.eks. kautsjuklatax, som derefter kan brændes ud (hvis det ønskes), vil i reglen blive inkorporeret i opslæmningen for at gøre den fremkomne fiberpræform håndterbar. Til præforme, der skal gennemtrænges med aluminium eller dets legeringer, er siliciumdioxid et egnet bindemiddel, men til præforme, der skal gennemtrænges med magnium eller dets legeringer, foretrækkes det at anvende zirkondioxid som bindemiddel, da der kan ske en reaktion, hvis der anvendes siliciumdioxid. Der kan anvendes mængder af bindemiddel fra 1 til 15 vægt% af fibre. Hvis det ønskes kan præformen sammentrykkes ved tryk, medens den endnu er våd, f.eks. under tørring for at forøge pakningstætheden af fibre og derfor rumfangsfraktionen af fibre i præformen.

Et eller flere additiver kan inkorporeres i fiberpræformen før gennemtrængning af denne med metal. Fyldstoffer, såsom alumi-

niumoxid og andre keramiske pulvere, kan f.eks. inkorporeres i fiberpræformen, og det samme kan andre modifikationsmidler, såsom organiske fibre og andre organiske materialer. En bekvem metode til inkorporering af additiverne er at blande dem i og  
5 ensartet fordele dem i opslæmningen, hvoraf fiberpræformen fremstilles. Anden teknik til fremstilling af bundne præforme indbefatter manuel nedlægningsteknik og pulversammentryknings- teknik. Ved manuel nedlægningsteknik bliver tynde prøver af fibrøse materialer, f.eks. vævede eller ikke-vævede materialer  
10 imprægneret med en suspension af bindemiddel eller bindemid- ler, og flere lag af de våde imprægnerede ark samles med hån- den, og samlingen sammentrykkes så i en form til dannelse af en komplet præform.

Bindemidlet til dannelse af præformen kan være et uorganisk  
15 bindemiddel eller et organisk bindemiddel eller en blanding deraf. Der kan anvendes ethvert uorganisk eller organisk bin- demiddel som (når det er tørret) binder fibrene sammen i en sådan grad, at præformen ikke deformeres betydeligt, når den gennemtrænges med et smeltet metalgrundmassemateriale. Eksemp-  
20 ler på egnede uorganiske bindemidler er siliciumdioxid, alu- miniumoxid, zirkondioxid og magnesiumoxid og blandinger deraf. Eksempler på egnede organiske bindemidler er carbonhydrater, proteiner, gummier, latexmaterialer og opløsninger eller sus- pensioner af polymerer. Organiske bindemidler anvendt til  
25 fremstilling af præformen, kan være flygtige (dvs. fortrænges af det smeltede metal) eller kan udbrændes før gennemtrængning med smeltet metal.

Mængden af bindemiddel kan variere inden for et bredt interval op til 50 vægt% af fibre i præformen, men vil typisk være i  
30 intervallet fra 10 til 30 vægt% af fibre. Som vejledning kan siges, at et egnet blandet bindemiddel omfatter fra 1 til 20%, f.eks. 15 vægt% af et uorganisk bindemiddel, såsom siliciumdi- oxid, og fra 1 til 10%, f.eks. ca. 5 vægt% af et organisk bin- demiddel, såsom stivelse. I det tilfælde, hvor bindemidlet an-  
35 vendes i form af en suspension i en bærevæske, foretrækkes en

vandig bærevæske.

Som diskuteret i det foregående kan MMC'erne ifølge opfindelsen fremstilles ved gennemtrængning af en præform. Alternativt kan enhver af de teknikker, der er beskrevet til fremstilling af præforme tilpasses til fremstilling af MMC'er direkte ved at anvende et metalgrundmassemateriale i stedet for et bindemiddel eller blandinger af bindemidler. Alternativt kan MMC'er fremstilles ved pulversammentrykningsteknik, ved hvilken en blanding af fibre og metal (pulver) sammentrykkes ved en temperatur, der er tilstrækkelig til at smelte eller blødgøre metallet til dannelse af en MMC direkte eller til dannelse af en præform eller barre, som yderligere forarbejdes til den færdige MMC, f.eks. ved varm komprimering, ekstrusion eller valsning. Blandingen af fibre og metal (pulver) kan fremstilles f.eks. ved manuel nedlægningsteknik, ved hvilken lag af fibre og metal samles i en form, der er parat til varm komprimering.

Ekstrusion af en præform eller barre af fibre og metalpulver er en særlig foretrukken teknik til fremstilling af MMC'erne ifølge opfindelsen, og det samme er ekstrusion af et aggregat af fibre og metalpulver, der er sammenpakket til en form egnet til ekstrusion.

En særligt foretrukket teknik til fremstilling af en præform eller barre af fibre og metalpulver, der er egnet til ekstrusion eller anden forarbejdning til færdige MMC'er, omfatter dispergering af fibre og metalpulver i et flydende bærermedium, såsom et alkoholisk medium, og aflejrer fibre og metalpulveret på f.eks. en trådsigte ved vakuumfiltrering. Hvis det ønskes, kan et eller flere bindemidler, som kan være organiske eller uorganiske bindemidler, inkorporeres i dispersionen (og derfor i præformen eller barren). Præformen eller barren tørres så eventuelt under vakuum, før den forarbejdes videre ved f.eks. varm komprimering, ekstrusion eller varm bearbejdning, såsom valsning, eller ved Conformprocessen.

En nyttig teknik til fremstilling af MMC'er omfatter ekstrusion af en blanding af fibre og metal fremstillet f.eks. ved omrøringsstøbning eller rheostøbning, ved hvilken fibre, der eventuelt er forvarmede, omrøres i smeltet metal, som så støbes eller ekstruderes eller formes til en barre med henblik på påfølgende ekstrusion. Anden teknik indbefatter kemisk overtrækning, dampaflejring, plasmaspøjtning, elektrokemisk plettering, diffusionsbinding, varm valsning, isostatisk presning, eksplosiv svejsning og centrifugalstøbning.

- 10 Ved fremstilling af MMC'er ved enhver af de ovennævnte teknikker, må der udvises omhu for at forhindre produktion af hulrum i MMC'en. I almindelighed skal hulrummet i MMC'en være under 10% og fortrinsvis under 5%. Ideelt er MMC'en helt fri for hulrum. Påføring af varme og højt tryk på MMC'en under dens  
15 produktion vil i reglen være tilstrækkelig til at sikre fravær af hulrum i strukturen af MMC'en.

MMC'erne ifølge opfindelsen kan anvendes til ethvert af de formål, hvor der anvendes fiberarmerede metaller, f.eks. i motorindustrien og til slagresistente formål. Hvis det ønskes,  
20 kan MMC'en lamineres med andre MMC'er eller andre substrater, f.eks. metalplader.

Opfindelsen illustreres af følgende eksempler, hvori fiberpræforme blev fremstillet som følger.

#### Fremstilling af fiberpræform.

- 25 Aluminiumoxidfiberpræforme blev fremstillet af aluminiumoxidfibre med en vægtfylde på 2,0 g/ml ved følgende almene fremgangsmåde.

Hakkede aluminiumoxidfibre (1 kg) med en gennemsnitsdiameter på 3 mikron og en længde på ca. 500 mikron blev sat til vand  
30 (100 kg) sammen med siliciumdioxid (50 g tilsat som en 27% w/w siliciumdioxidsol), og blandingen blev omrørt for at disperge-

re fibrene grundigt. En opløsning af en kationisk stivelse blev tilsat for at flokkulere siliciumdioxidet, og suspensionen blev hældt på en trådsigte i en form, og vandet blev aftappet gennem sigten til dannelselse af en sammenhængende pude af fibre, hvori fibrene var tilfældigt orienteret i todimensionale planer parallelle med pudens store flader. Pudens af fibre blev sammentrykt, medens den endnu var våd, for at forøge rumfangsfraktionen af fibre i pudens, hvorefter den sammentrykte pude blev tørret og opvarmet til 950-1000°C for at sintre det uorganiske bindemiddel for at forøge styrken af bindingen mellem siliciumdioxidbindemidlet og aluminiumoxidfibre. Den fremkomne pude eller fiberpræform blev udtaget af formen og anvendt til dannelselse af et sammensat materiale med metalgrundmasse, som beskrevet i det følgende. Under anvendelse af denne teknik blev der fremstillet fiberpræforme med en rumfangsfraktion af fibre i intervallet 0,12 til 0,3.

#### Eksempel 1.

En fiberpræform med en rumfangsfraktion af fibre på 0,2 blev forvarmet til 750°C og anbragt i en matrice, der var forvarmet til 300°C, og smeltet metal ved en temperatur på 840°C blev hældt på præformen. Metallet var en aluminiumlegering, der kan fås som LM 10 og med en omtrentlig procentisk sammensætning af 90 Al og 10Mg.

Det smeltede metal blev tvunget ind i præformen under et tryk på 20 MPa påført med et hydraulisk stempel (forvarmet til 300°C) i en periode på 1 minut. Den fremkomne barre (MMC) blev udtaget af formen og afkølet til stuetemperatur, og dens egenskaber blev målt. Resultaterne er vist i tabel 1 nedenfor, hvor de er sammenlignet med egenskaberne af en ikke-armeret metalgrundmasse.

Tabel 1.

Rumfangsfraktion fibre i præform	Vægtfylde (g/ml)	Trækstyrke (MPa)	Modul (GPa)	*Relativ specifik styrke	*Relativ specifik modul
0	2,6	190	70	1,0	1,0
0,2	2,48	249	79,4	1,37	1,19

\* I forhold til en værdi på 1,0 for ikke armeret legering. For det sammensatte materiale var den specifikke trækstyrke således  $10,04 \times 10^5$  cm sammenlignet med  $7,31 \times 10^5$  cm for legeringen og det specifikke modul var  $3,20 \times 10^7$  cm sammenlignet med 2,69 for legeringen.

Eksempel 2.

Under anvendelse af den teknik og de betingelser, der er beskrevet i eksempel 1, blev der fremstillet fire sammensatte materialer med rumfangsfraktioner af fibre på henholdsvis 0,1, 0,2, 0,3 og 0,4. Grundmassematerialet var en legering af aluminium med Mg, Si og Cu, som kan fås som Al-6061.

Rumfangsfraktion fibre	Vægtfylde af sammensat materiale
	(g/ml)
0	2,70
0,1	2,63
0,2	2,56
0,3	2,49
0,4	2,42

Det blev iagttaget, at stigning i rumfangsfraktionen af fibre i de sammensatte materialer resulterer i en stigning i de sammensatte materialers modul og et fald i vægtfylden af de sammensatte materialer. Det specifikke modul forøges således meget sammenlignet med den ikke armerede legering.

Eksempel 3.

Sammensatte materialer af aluminiumoxidfibre og magnesium blev fremstillet ved den i eksempel 1 beskrevne teknik ud fra aluminiumoxidfibre med en vægtfylde på 2,0 g/ml og magnesium af en industriel renhed (99,9%). Støbebetingelserne var:

Gydetemperatur	850°C
Temperatur af præform	750°C
Matricetemperatur	350°C
Tryk	17 MPa

10 Støbning blev foretaget under en atmosfære af 2% ST6 i CO<sub>2</sub> gas.

	<u>Rumfangfraktion fibre</u>	<u>Vægtfylde af sammensat materiale</u> (g/ml)
	0	1,8
15	0,2	1,84
	0,4	1,88

Inkorporering af 20 rumfangs% fibre forøgede således vægtfylden af magnesiumet med kun 2,2%.

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

20 -----

1. Sammensat materiale med metalgrundmasse, kendt ved, at det omfatter tilfældigt orienterede porøse uorganiske oxidfibre med en vægtfylde på mindst 1,8 g/ml og mindre end 2,5 g/ml indlejret i et metalgrundmassemateriale.

25 2. Sammensat materiale med metalgrundmasse ifølge krav 1, kendt ved, at gennemsnitsdiameteren af fibre er fra 2 til 10 mikron.

3. Sammensat materiale med metalgrundmasse ifølge krav 1 el-

ler 2, k e n d e t e g n e t ved, at belastningen af fibre er fra 10 til 60 rumfangs%.

4. S sammensat materiale ifølge krav 1-3, k e n d e t e g n e t ved, at det omfatter en metalgrundmasse med en vægtfylde mindre end 2,0 g/ml, som har indlejret deri fibre med en tilsyneladende vægtfylde på 2 g/ml eller mindre.

5. Præform omfattende tilfældigt orienterede uorganiske oxidfibre sammenbundet med et bindemiddel, idet disse uorganiske oxidfibre er porøse og har en vægtfylde på mindst 1,8 g/ml og mindre end 2,5 g/ml.

6. Præform ifølge krav 5, k e n d e t e g n e t ved, at belastningen af fibre er fra 10 til 60 rumfangs%.

7. Fremgangsmåde til fremstilling af et sammensat materiale med metalgrundmasse ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved dannelselse af en præform af de uorganiske fibre sammenbundne med et bindemiddel og gennemtrængning af præformen med et flydende metalgrundmassemateriale.

8. Fremgangsmåde ifølge krav 7, k e n d e t e g n e t ved, at det sammensatte materiale fremstilles ved klemgennemtrængning af præformen.

9. Fremgangsmåde til fremstilling af et sammensat materiale med metalgrundmasse ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved ekstrudering gennem et mundstykke af en blanding af de uorganiske oxidfibre og en pulveriseret metalgrundmasse.

10. Fremgangsmåde til fremstilling af en præform ifølge krav 5, k e n d e t e g n e t ved ekstrudering gennem et mundstykke af en blanding af de uorganiske oxidfibre og bindemidlet.