



NORGE

(12) PATENT

(19) NO

(11) 321706

(13) B1

(51) Int Cl.

C22C 49/06 (2006.01)

C22C 49/14 (2006.01)

C22C 47/08 (2006.01)

H01B 1/02 (2006.01)

Patentstyret

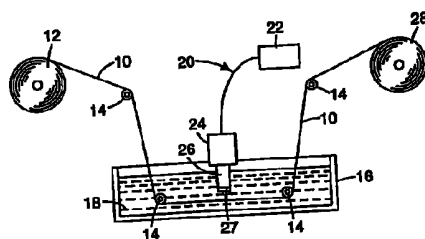
(21)	Søknadsnr	19976010	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1996.05.21 PCT/US96/07286
(22)	Inng.dag	1997.12.19	(85)	Videreføringsdag	1997.12.19
(24)	Løpedag	1996.05.21	(30)	Prioritet	1995.06.21, US, 492960
(41)	Alm.tilgj	1998.02.23			
(45)	Meddelt	2006.06.26			
(73)	Innehaver	3M Co , P O Box 33427, MN55133-3427 SAINT PAUL, US			
(72)	Oppfinner	Colin McCullough, Saint Paul, MN, US Andreas Mortensen, Saint Paul, MN, US Paul S. Werner, Saint Paul, MN, US Herve E. Deve, Saint Paul, MN, US Tracy L. Anderson, Saint Paul, MN, US			
(74)	Fullmektig	Onsagers AS , Postboks 6963 St Olavs Plass, 0130 OSLO, NO			

(54) Benevnelse **Fiberforsterkede aluminiumsgrunnmassekompositter**

(56) Anførte publikasjoner JP 03-101011, US 4 053 011

(57) Sammendrag

En kompositt metall grunnmasse dannet av polykrystallinske α -Al₂O₃ fibre innkapslet i en grunnmasse av vesentlig rent elementært aluminium, eller en legering av elementært aluminium og opp til 2 % kobber er angitt. De resulterende materialene er kjennetegnet ved deres høye styrke og lave vekt og er spesielt egnet for anvendelser i forskjellige industrier som inkluderer høyspenningsoverføring.



Foreliggende oppfinnelse gjelder et komposittmateriale av keramiske fibre inne i en aluminiumgrunnmasse. Slike materialer er vel egent for forskjellige applikasjoner hvor lavvektsmaterialer med høy styrke er påkrevet.

- Kontinuerlige fiberforsterkede aluminiumgrunnmassekompositter
- 5 (CF-AMCs) har bestemte eksepsjonelle egenskaper når den sammenlignes med konvensjonelle legeringer og til partikkelmetallgrunnmassekompositter. Stivheten i lengderetningen til slike komposittmaterialer er typisk tre ganger til de konvensjonelle legeringene, og spesifikke styrken til slike kompositter er typisk to ganger høystyrke stål- eller aluminiumlegeringer. Videre er
- 10 CF-AMCene for mange applikasjoner spesielt attraktivt sammenlignet med grafittpolymerkompositter på grunn av deres mer moderate egenskap-anisotropi, spesielt i deres høye styrke i retninger forskjellige fra fiberaksene. I tillegg gir CF-AMCene vesentlige forbedringer i tillatte kjente temperatur-områder og lider ikke fra miljøproblemer som en typisk møter for polymer-
- 15 iske grunnmassekompositter. Slike problemer inkluderer delaminering og degradering i varme og fuktige miljøer, spesielt når de utsettes for ultrafiolett (UV) stråling.

- Til tross for deres mange fordeler, er kjente CF-AMC'er beheftet med ulemper som har begrenset deres bruk i mange ingeniøranvendelser. CF-
- 20 AMCene har generelt en høy elastisitetsmodulus eller høy styrke, men kombinerer sjeldent begge egenskapene. Dette trekk er angitt i tabell V i R.B. Bhagat, "Casting Fiber Reinforced Metal Matrix Composites", i Metal Matrix Composites: Processing and Interfaces, R.K. Everett and R.J. Arsenault Eds., Academic Press, 1991, side 43-82. I denne referansen kombinerer egen-
- 25 skapene opplistet for CF-AMC bare en styrke utover 1 GPa med en elastisitetskoeffisient utover 160 GPa i høystyrke karbonforsterkende aluminium, en kompositt som er beheftet med lav styrke i tversgående retning, lav kompresjonsstyrke og dårlig korrosjonsbestandighet. I dag er den mest tilfredsstillende måten å produsere CF-AMC'er hvor høy styrke i alle
- 30 retninger kombineres med en høy elastisitetskoeffisient i alle retninger med fibre produsert med kjemisk dampavsetning. De resulterende fibre, typisk bor, er veldig dyre, for store til å vikles til fiberemner som har en liten krumningsradius, og kjemisk reaktive i smeltet aluminium. Hver av disse faktorene reduserer prosessevnene og kommersiell ønskelighet til fibre
- 35 vesentlig.

Videre er kompositter slik som aluminiumoksid (alumina) fibre i aluminiumlegeringsmasser belemret med ytterligere ulemper under produksjon. Det er spesielt funnet, under produksjonen av slike komposittmaterialer, å være vanskelig å la grunnmassematerialet infiltrere fiberbuntene fullstendig. Også

5 mange kjente komposittmetallmaterialer er beheftet med utilstrekkelig langtidsstabilitet som et resultat av kjemiske vekselvirkninger som kan finne sted mellom fibrene og den omgivende grunnmassen, resulterende i fiberdegradering over tid. I andre instanser er det funnet å være vanskelig å få grunnmassemetallet til å fukte fibrene fullstendig. Selv om forsøk er utført

10 for å overkomme disse problemene (især utstyre fibrene med kjemiske belegg for å øke fuktingen og begrense kjemisk degradering, og anvende trykkforskjeller for å hjelpe grunnmasseinnfiltreringen) har slike forsøk hatt begrenset suksess. F.eks. har de resulterende grunnmassene i noen tilfeller vist å ha reduserte fysikalske karakteristikker. Videre vil

15 fiberbelegningsfremgangsmåter typisk kreve tilsetning av flere kompliserte prosessstrinn under produksjonsprosessen.

I lys av det ovenstående, er det et behov for keramiske fibermetallkomposittmaterialer som gir forbedret styrke og vekt karakteristikker, fri for langtidsdegradering og som kan produseres ved å anvende et minimum av

20 prosessstrinn.

Dette kan oppnås ved de trekk som fremgår av følgende beskrivelse av oppfinnelsen og/eller i patentkravene.

Foreliggende oppfinnelse gjelder kontinuerlige fiberaluminiumgrunnmassekompositter som har vide industrielle anvendbarheter. Utførelser av

25 foreliggende oppfinnelse gjelder kontinuerlige fiberaluminiumgrunnmassekompositter som har kontinuerlige fibre med høy styrke og stivhet som er inneholdt inne i grunnmassematerialet og som er fri fra kontaminanter som kan forårsake sprøe intermetalliske forbindelser eller faser, eller segregerte områder av kontaminantmateriale ved grunnmasse/fibergrenseflaten.

30 Grunnmassematerialet utvelges for å ha en relativt lav flytestyrke mens fibrene utvelges for å ha en relativt høy strekkfasthet. Videre utvelges materialene slik at fibrene er relativt kjemisk inerte i grunnmassen i både dens flytende og faste faser.

Bestemte utførelser av foreliggende oppfinnelse gjelder komposittmaterialer

35 som har kontinuerlige bunter av polykrystallinsk α - Al_2O_3 fibrer som har en

gjennomsnittlig strekkfasthet på ca. 2,8 GPa, inneholdt inne i grunnmassen av elementært aluminium som har en flytestyrke som ikke er større enn ca. 20 MPa eller en legering av elementært aluminium som inneholder opp til ca. 2 vekt% kobber (basert på grunnmassens totale vekt) og som har en flytestyrke på 90 MPa. Slike komposittstrukturer har vist å gi høy styrke og lav vekt, men på samme tid unngå potensialet for langtidsdegradering. Slike kompositter kan også lages uten behovet for mange av prosessstrinnene forbundet med kjente komposittmaterialer.

I ett utførelseseksempel er den kontinuerlige fiber aluminiumgrunnmasse-kompositten i henhold til foreliggende oppfinnelse utformet til tråd (eng: wire) som gir den ønskede styrke til vekt karakteristikkene og høy elektrisk ledningsevne. Slike tråder er vel egnet for anvendelse som kjernematerialer i høyspennings kraftoverføringskabler (HVPT), da de tilveiebringer elektriske og fysikalske karakteristikk som tilbyr forbedringer over kjente HVPT kabler.

En tråd i henhold til foreliggende oppfinnelse omfatter et komposittmateriale som omfatter en bunt av kontinuerlige polykrystallinske α -Al₂O₃ fibrer inne i en grunnmasse, hvor de polykrystallinske α -Al₂O₃ fibre har en gjennomsnittlig strekkfasthet på minst 2,8 GPa, hvor grunnmassen er valgt fra gruppen som består av hovedsakelig rent elementært aluminium og en legering av elementært aluminium og opp til ca. 2 vekt% kobber, basert på den totale vekten til grunnmassen, og hvor tråden har en gjennomsnittlig strekkfasthet på mer enn 1,17 GPa (og til og med minst 1,72 GPa).

En annen tråd i henhold til foreliggende oppfinnelse omfatter et komposittmateriale som omfatter en bunt av kontinuerlige polykrystallinske α -Al₂O₃ fibrer inne i en grunnmasse som er valgt fra gruppen bestående av hovedsakelig rent elementært aluminium og en legering av elementært aluminium og opptil ca 2 vekt% kobber, basert på den totale vekten til grunnmassen, hvor tråden har en gjennomsnittlig strekkfasthet på minst 1,17 GPa (eller minst 1,38 GPa, eller minst 1,52 GPa, eller minst 1,72 GPa).

Fig. 1 er en skjematisk representasjon av en apparatur for å produsere komposittmetallgrunnmassestrådene som anvender ultralydenergi.

Fig. 2a og 2b er skjematiske tverrsnitt av to anordninger av hengende høyspenningsoverføringskabler som har en komposittmetallgrunnmassekjerner.

Fig. 3 er et diagram som sammenligner styrke til vektforholdene for materialer i foreliggende oppfinnelse med andre materialer.

Fig. 4a og 4b er grafer som sammenligner projisert nedheng som en funksjon av oppspenningslengde for forskjellige kabler.

- 5 Fig. 5 er en graf som viser den termiske ekspansjonskoeffisienten som en funksjon av temperaturen for en CF-AMC tråd.

- De fiberforsterkede aluminiumgrunnmassekomposittene i foreliggende oppfinnelse omfatter kontinuerlig fibrer av polykrystallinsk $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ innkapslet i enten en grunnmasse av vesentlig rent elementært aluminium eller en legering av rent aluminium med opptil ca. 2 vekt % kobber, basert på grunnmassens totale vekt. De foretrukne fiberne omfatter likeaksede korn som er mindre enn ca. 100 nm i størrelse, og en fiberdiameter i området på ca. 1-50 μm . En fiberdiameter i området fra ca. 5-25 μm er foretrukket med et område på ca. 5-15 μm som mest foretrukket. Foretrukne kompositt-
- 10 materialer i henhold til foreliggende oppfinnelse har en fibertetthet på mellom ca. 3,90 g og 3,95 g pr. cm^3 . Blant de foretrukne fibre er de beskrevet i US patent nr. 4 954 462 (Wood et al., gitt til Minnesota Mining and Manufacturing Company, St.Paul, MN) hvilken lære det her skal vises til. Slike fibrer er kommersielt tilgjengelig under betegnelsen NEXTEL™
- 15 610 keramiske fibre fra Minnesota Mining and Manufacturing Company, St.Paul, MN. Den innkapslende grunnmassen utvelges for å være slik at den ikke reagerer kjemisk med fibermaterialet (dvs. er relativt kjemisk inert i forhold til fibermaterialet), og dermed eliminerer behovet for å fremskaffe et beskyttende belegg på fiberoverflaten.
- 25 Som anvendt i det følgende, betyr begrepet "polykrystallinsk" et materiale som har hovedsakelig et flertall av krystallinske korn hvor kornstørrelsen er mindre enn diameterne til fibre som kornene er tilstede i. Begrepet "kontinuerlig" er regnet å bety et fiber som har en lengde som er relativt uendelig sammenlignet med fiberdiameteren. I praktiske begreper, har slike
- 30 fibre en lengde i størrelsesorden fra ca. 15 cm til minst flere meter, og kan til og med ha lengder i størrelsesorden på km eller mer.

I de foretrukne anordningene, har anvendelsen av en grunnmasse som omfatter enten vesentlig rent elementært aluminium, eller en legering av elementært aluminium med opptil ca. 2 vekt% kobber basert på grunn-

massens totale vekt, vist å produsere suksessfulle kompositter. Som brukt i det følgende er begrepene vesentlig rent elementært aluminium, rent aluminium og elementært aluminium beregnet å bety aluminium som inneholder mindre enn ca. 0,05 vekt % urenheter. Slike urenheter vil typisk

5 omfatte førsterads overgangsmetaller (titan, vanadium, krom, mangan, jern, kobolt, nikkel og sink) såvel som andre og tredjerads metaller og elementer i lantanideseriene. I en foretrukket anordning, er begrepene beregnet å bety aluminium som har mindre enn ca. 0,03 vekt % jern. Mindre enn ca. 0,01 vekt % jern er mest foretrukket. Det er ønskelig å minimalisere jerninnholdet

10 da jern er en vanlig kontaminant i aluminium og videre fordi jern og aluminium kombineres for å danne sprø intermetalliske forbindelser (f.eks. Al_3Fe , Al_2Fe , osv.). Det er også spesielt ønskelig å unngå kontaminering fra silisium (slik som fra SiO_2 , som kan reduseres til fritt silisium i nærvær av smeltet aluminium) fordi silisium, slik som jern, danner en sprø fase og fordi

15 silisium kan reagere med aluminium (og et hvilket som helst jerninnhold) for å danne sprø Al-Fe-Si intermetalliske forbindelser. Tilstedeværelsen av sprø faser i kompositten er ikke ønsket, da slike faser tenderer til å fremme frakturer i kompositten når den utsettes for stress. Spesielt kan slike sprø faser forårsake at grunnmassen sprekker opp selv før de forsterkende

20 keramiske fibrene sprekker opp, noe som resulterer i at kompositten feiler. Generelt er det ønskelig å unngå vesentlige mengder av et hvilket som helst overgangsmetall, (dvs. gruppene IB til VIIIB i den periodiske tabellen), som danner sprø intermetalliske forbindelser. Jern og silisium har vært spesielt nevnt i det foregående som et resultat av vanlighet som forurensninger i

25 metallurgiske prosesser.

Hvert av de førsterads overgangsmetallene beskrevet ovenfor er relativt løselig i smeltet aluminium og, som bemerket, kan reagere med aluminium for å danne sprø intermetalliske forbindelser. I kontrast vil ikke metallforurensninger slik som tinn, bly, vismut, antimon og lignende danne

30 forbindelser med aluminium, og er så godt som uløselig i flytende aluminium. Som et resultat tenderer disse urenheterne til å segregere til fiber/grunnmassegrenseflaten, og dermed svekke komposittstyrken ved grenseflaten. Selv om slik segregering kan behjelpe styrken i langsgående retning til den endelige kompositten ved å bidra til et globalt belastningsfordelende område (diskutert nedenfor), vil nærværet av urenheterne til slutt

35 resultere i en vesentlig reduksjon i den tversgående styrken til kompositten på grunn av dekohesjon ved fiber/grunnmassegrenseflaten. Elementet fra

gruppene 1A og 2A i den periodiske tabellen tenderer til å reagere med fibre og drastisk minke styrken til fibre i kompositten. Magnesium og litium er spesielt uønskede elementer i denne sammenheng, delvis på grunn av den lange tiden som fibre og metallet må opprettholdes ved høye temperaturer under prosessering eller i bruk.

Det bør forstås at referanser til "vesentlig rent elementært aluminium", "rent aluminium" og "elementært aluminium" som brukt i det følgende er beregnet på å brukes på grunnmassematerialet og ikke på de forsterkende fibre, da disse fiberne sannsynligvis vil inkludere domener med jern (og muligens andre) forbindelser inne i deres kornstruktur. Slike domener er typisk rester av fiberproduksjonsprosessen og har, i det meste, neglisjerbare effekter på de overordnede karakteristikkene til det resulterende komposittmaterialet da de tenderer å være relativt små og fullstendig innkapslet inne i kornene til fibre. Dermed vil de ikke vekselvirke med komposittgrunnmassen og dermed unngås ulempene assosiert med grunnmassekontaminering.

Metallgrunnmassen anvendt i kompositten i foreliggende oppfinnelse er utvalgt til å ha lav flytespenning relativt til de forsterkende fibre. I denne sammenheng er flytespenningen definert som spenningen ved 0,2 % tøyning i en standardisert strekktest (beskrevet i ASTM strekkfasthetsstandard E345-93) på det ikke-forsterkede metallet eller legeringen. Generelt kan aluminiumgrunnmassekomposittene bli grovt inndelt i to klasser, basert på grunnmassens flytegrense. Kompositter hvor grunnmassen har en relativt lav flytespenning har en høy langsgående strekkfasthet bestemt hovedsakelig av styrken på de forsterkende fibre. Som anvendt i det følgende, er lav flytespennings aluminiumgrunnmasser i aluminiumgrunnmassekompositter definert som grunnmasse med en flytespenning på mindre enn ca. 150 MPa. Grunnmassens flytespenning er fortrinnsvis målt på en prøve av grunnmassematerialet som har samme sammensetningen og som har blitt fremstilt på samme måte som materialet anvendt for å danne komposittgrunnmassen. Dermed vil f.eks. flytespenningen til et hovedsakelig rent elementært aluminiumgrunnmassemateriale anvendt i et komposittmateriale bestemmes ved testing av flytespenningen og hovedsakelig rent elementært aluminium uten fiberforsterkning. Testmetodene vil fortrinnsvis følge ASTM strekkteststandarden E345-93 (standard testmetode av strekktesting av metalliske folier). De kompositter med lav strekkspenningsgrunnmasse, vil grunnmasseforskyving i nærhet av grunnmassefibergrenseflatene redusere spennings-

konsentrasjonene nær de brukne fibre og tillate en global refordeling av spenningen. I dette området når kompositten "rule-of-mixtures" styrken. Rent aluminium har en flytespenning på mindre enn ca. 13,8 MPa (2 ksi) og Al-2 vekt % kobber har en flytespenning på mindre enn ca. 96,5 MPa (14 ksi).

- 5 De lave flytegrensegrunnmassekomposittene beskrevet ovenfor kan bli stilt opp mot høyflytegrensegrunnmasse som typisk oppviser lavere kompositt-langsgående styrke enn den beregnede "rule-of-mixture" styrken. I kompositter som har høystyrkegrunnmasser, er den karakteristiske sviktmodusen en katastrofal sprekkeforplantning. I komposittmaterialet, vil høy flytegrense-
- 10 grunnmasse typisk motstå forskyvning fra brukne fibre, og dermed produsere en høystresskonsentrasjon nær et hvilket som helst fiberbrudd. De høye stresskonsentrasjonene tillater at sprekker forplanter seg, og leder til svikt i den nærmeste fiber og en katastrofal svikt i kompositten lenge før "rule-of-mixtures" styrken oppnås. Sviktmoduser i dette området er antatt å resultere
- 15 fra lokal belastningsfordeling. For en metallgrunnmassekompositt med ca. 50 volum % fiber, vil en lav flytegrensegrunnmasse produsere en sterk (dvs. > 1,17 GPa (170 ksi)) kompositt når den kombineres med aluminafibre som har styrker større enn 2,8 GPa (400 ksi). Det er dermed antatt at for den samme fiberlastingen, vil komposittstyrken øke med fiberstyrken.
- 20 Styrken til kompositten kan ytterligere forbedres ved å infiltrere de polykrystallinske α -Al₂O₃ fiberbunter (eng: fibre tow) med små domener i form av partikler eller whiskere eller korte (avkappede) fibrer av alumina. Slike partikler, whiskere eller fibrer typisk i størrelsesorden mindre enn 20 μ m, og ofte submikron, blir fysisk innfanget ved fiberoverflaten og
- 25 tilveiebringer rom mellom de individuelle fibre inne i kompositten. Rommene eliminerer interfiberkontakt og gir dermed en sterkere kompositt. En diskusjon på anvendelsen av små domener av materialet for å minimalisere interfiberkontakten kan finnes i US patent nr. 4 961 990 (Yamada et al., til Kabushiki Kaisha Toyota Chuo Kenkyusho and Ube
- 30 Industries, Ltd., begge fra Japan).

- Som bemerkt ovenfor, er en av de vesentlige hindringene for å danne komposittmaterialer forbundet til vanskeligheten med å tilstrekkelig fukte forsterkende fibre med det omgivende grunnmassematerialet. På samme måte, er også infiltrasjon av fiberbunter i grunnmassematerialet også et
- 35 vesentlig problem under produksjonen av komposittmetallgrunnmassestråder,

fordi den kontinuerlige tråddanningsprosessen vil typisk finne sted ved eller nær atmosfærisk trykk. Dette problemet eksisterer også for kompositt-materialet dannet i satsvise prosesser ved eller nær atmosfæriske trykk.

5 Problemet med ufullstendig grunnmasseinfiltrasjon av fiberbunten kan bli overkommet gjennom anvendelsen av en kilde til ultralydenergi som et grunnmasseinfiltrasjonshjelpemiddel. F.eks., US patent nr. 4 779 563 (Ishikawa et al., til Agency og Industrial Science and Technology, Tokyo, Japan), beskriver anvendelsen av ultralydbølgevibrasjonsapparat for anvendelse under produksjonen av fiberemnetråder, plater eller bånd fra
10 silikonkarbidfiberforsterkede metallkompositter. Ultralydbølgeenergien tilveiebringes til fibre via en vibrator som har en energiomformer og et ultralyd "horn" nedsenket i det smeltede grunnmassematerialet i nærheten av fibre. Hornet er fortrinnsvis fremstilt av et materiale som har lite, om noe, løselighet i den flytende grunnmassen for dermed å forhindre introduksjon av
15 kontaminanter til grunnmassen. I foreliggende tilfelle, har horn av kommersielt rent niob, eller legeringer av 95 % niob og 5 % molybden blitt funnet å gi tilfredsstillende resultater. Energiomformerer anvendt i denne forbindelse vil typisk omfatte titan.

En utføring av et metallgrunnmassefremstillingssystem som anvender et
20 ultralydhorn er presentert i fig. 1. På figuren vikles en bunt av polykrystallinske α - Al_2O_3 fibrer 10 fra en forsyningsrull 12 og dras, ved hjelp av ruller 14, gjennom en beholder 16 som inneholder grunnmassemetallet 18 i smeltet form. Når senket i det smeltede grunnmassemetallet 18, er fiberbunten 10 utsatt for ultralydenergi fremskaffet av en ultralydenergikilde 20
25 som er nedsenket i det nedsenkede grunnmassemetallet 18 i nærheten av en del av bunten 10. Ultralydenergikilden 20 omfatter en oscillator 22 og en vibrator 24 som har en energiomformer 26 og et horn 27. Hornet 27 vibrerer i det smeltede grunnmassemetallet 18 med en frekvens fremskaffet av oscillatoren 22 og overført til vibratoren 24 og energiomformerer 26. Ved å
30 gjøre slik, forårsakes det at grunnmassematerialet fullstendig infiltrerer fiberbunten. Den infiltrerte bunten dras fra den smeltede grunnmassen og lagres på en oppsamlingsrull 28.

35 Prosessen å lage et metallgrunnmassekompositt involverer ofte å danne fibre til et "fiberemne". Fiberen blir typisk viklet til rekker og stablet. Findiameter aluminafibere blir viklet slik at fibre i en bunt står parallelt til hverandre.

- Stabilingen ble gjort på hvilken som helst måte for å oppnå en ønsket fibertetthet i den endelige kompositten. Fibrene kan lages til enkle fiberemner ved å vikle rundt en rektangulær trommel, et hjul eller en ring. De kan alternativt foldes rundt en sylinder. De multiple lagene av fibre viklet eller foldet på
- 5 denne måten blir kappet opp og stablet eller buntet sammen for å danne en ønsket form. Behandlingen av fiberrekkene støttes ved å anvende vann enten i ren form eller blandet med et organisk bindemiddel for å holde fibrene sammen i en matte.
- En fremgangsmåte for å lage en kompositt del er å posisjonere fibrene i en
- 10 støpeform, fylle støpeformen med smeltet metall, og så utsette den fylte støpeformen for et elevert trykk. En slik prosess er angitt i US patent nr. 3 547 180 med tittel "Production of Reinforced Composites". Støpeformen bør ikke være en kilde til kontaminanter i grunnmassemetallet. I en anordning, kan støpeformene dannes av grafitt, alumina, eller aluminabelagt
- 15 stål. Fibrene kan stables i støpeformen i en ønsket konfigurasjon, dvs. parallell til støpeformens vegger, eller i lag oppstilt vinkelrett til hverandre, slik som det er kjent. Formen på komposittmaterialet kan være hvilken som helst form ved hvilket støpeformen kan lages. Som slike, kan fiberstrukturer fremstilles ved å anvende mange fiberemner, inkluderende, men ikke
- 20 begrensende til, rektangulære tromler, hjul eller ringformer, sylindriske former, eller forskjellige støpeformer resulterende fra stabling eller annen opplasting av fibrene i støpeformens hulrom. Hver av fibrene beskrevet ovenfor gjelder en satsvis prosess for å fremstille en komposittinnretning. Kontinuerlige prosesser for dannelsen av hovedsakelig kontinuerlige tråder,
- 25 bånd, kabler og lignende kan også anvendes. Typisk, er kun en mindre maskinbearbeiding av overflaten til den ferdige delen nødvendig. Det er også mulig å maskinbearbeide hvilken som helst form fra en blokk av komposittmaterialet ved å anvende diamantredskap. Det blir dermed mulig å produsere mange komplekse former.
- 30 En trådform kan dannes ved å infiltrere bunter eller bunt av aluminafiber med smeltet aluminium. Dette kan gjøres ved å mate fiberbunter inn i et bad av smeltet aluminium. For å oppnå fukting av fibrene, er et ultralydhorn anvendt for å agitere badet når fibrene passerer gjennom det.

Fiberforsterket metallgrunnmassekompositter er viktige for anvendelser hvor lett vekt, styrke, høytemperaturbestandighet (minst ca. 300°C) materialer er påkrevet. F.eks., kan komposittene anvendes i gassturbinkompressorblader i jetmotorer, konstruksjonsrør, aktuatorstenger, I-bjelker, forbindelsesstenger for kjøretøy, rakettfinner, svinghjulrotorer, sportsutstyr (f.eks. golfkøller) og støttekjerner for kraftoverføringskabler. Metallgrunnmassekompositter er overlegne ikke-forsterkede metaller når det gjelder stivhet, styrke, utmattingsbestandighet og slitasjekarakteristikker.

I en foretrukket anordning av foreliggende oppfinnelse, omfatter komposittmaterialet mellom ca. 30-70 volum% polykrystallinsk α -Al₂O₃ fibre, basert på komposittmaterialets totale volum, inne i en hovedsakelig elementær aluminiumgrunnmasse. Det er foretrukket at grunnmassen inneholder mindre enn ca. 0,03 vekt% jern og mest fortrinnsvis mindre enn ca. 0,01 vekt% jern, basert på grunnmassens totale vekt. Et fiberinnhold på mellom ca. 40-60 volum% polykrystallinsk α -Al₂O₃ fibre er foretrukket. Slike kompositter, dannet med en grunnmasse som har en flytespenning på mindre enn ca. 20 MPa og fibre som har en langsgående strekkfasthet på minst ca. 2,8 GPa har blitt funnet å ha ypperlige styrkekarakteristikker.

Grunnmassen kan også dannes fra en legering av elementært aluminium med opptil 2 vekt % kobber, basert på grunnmassens totale vekt. Som i anordningen hvor hovedsakelig rent elementært aluminiumgrunnmasse anvendes, omfatter kompositter som har aluminium/kobberlegeringsgrunnmasse fortrinnsvis ca. 30-70 volum% polykrystallinsk α -Al₂O₃ fibre og mer fortrinnsvis derfor 40-60 volum % polykrystallinsk α -Al₂O₃ fibre, basert på komposittens totale volum. I tillegg inneholder grunnmassen fortrinnsvis mindre enn ca. 0,03 vekt% jern og mest fortrinnsvis mindre enn ca. 0,01 vekt% jern, basert på grunnmassens totale vekt. Aluminium/kobbergrunnmassen har fortrinnsvis en flytespenning på mindre enn ca. 90 MPa, og som ovenfor, har de polykrystallinske α -Al₂O₃ fibrene en langsgående strekkfasthet på minst ca. 2,8 GPa. Egenskapene til de to komposittene, en første med en elementær aluminiumgrunnmasse, og en andre med en grunnmasse av de spesifiserte aluminium/kobberlegeringer, har begge mellom ca. 55-65 volum % polykrystallinsk α -Al₂O₃ fibre som presentert i tabell 1 nedenfor.

TABELL 1: OPPSUMMERING AV KOMPOSITTEGENSKAPER ⁽¹⁾

	Ren Al	Al-2 vekt % Cu
	55-65 vol % Al ₂ O ₃	55-65 vol % Al ₂ O ₃
5	Langsgående elastisitets- modul, E ₁₁ ⁽²⁾	220-260 GPa (32-38 Msi)
	Tversgående elastisitets- modul, E ₂₂	220-260 GPa (32-38 Msi)
	Skjærmodul, G ₁₂	150-160 GPa (22-23 Msi)
10	Skjærmodul, G ₂₁	48-50 GPa (6,5-7,3 Msi)
	Langsgående strekkfast- het, S _{11, T}	45-47 GPa (6,5-6,8 Msi)
15	Langsgående trykkfast- het, S _{11, C}	54-57 GPa (7,8-8,3 Msi)
	Skjærfasthet S ₂₁ -S ₁₂ ved 2 % tøying	1500-1800 MPa (220-275 ksi)
	Bøyningsfasthet S ₂₂ ved 1 % tøying	1700-1800 MPa (245-260 ksi)
20		3500-37090 MPa (500-540 ksi)

⁽¹⁾ Egenskapene listet i denne tabellen representerer et område av mekaniske ytelser målt på kompositter som inneholder 55-65 vol % NEXTEL™ 610 keramiske fibre. Området er ikke representativt for den statistiske spredningen.

25 ⁽²⁾ Indeksnotasjon

1 = fiber retning; 2 = tversgående retning; ij:1 retning normal til plan ved hvilket stresset fungerer, j = stressretning, S = maksimal styrke såfremt ikke spesifisert.

Selv om den er egnet for et vidt felt av anvendelser, har en utføring av kompositten i henhold til foreliggende oppfinnelse anvendelighet i dannelsen av komposittgrunnmassestråder. Slike tråder dannes fra hovedsakelig kontinuerlige polykrystallinske α - Al_2O_3 fibre inne i hovedsakelig ren elementær aluminiumgrunnmasse eller en grunnmasse dannet fra en legering av elementær aluminium og opp til 2 vekt% kobber som beskrevet ovenfor. Slike tråder er dannet ved en fremgangsmåte ved hvilken en spole av hovedsakelig kontinuerlig polykrystallinsk α - Al_2O_3 fibre, arrangert i en fiberbunt dras gjennom et bad av smeltet grunnmassemateriale. Det resulterende segmentet blir så størknet, og dermed fremskaffer fibre innkapslet inne i grunnmassen. Det er foretrukket at et ultralydhorn, slik som beskrevet ovenfor, senkes ned en i det smeltede grunnmassebadet og anvendes for å hjelpe til med filtreringen av grunnmassen inn i fiberbuntene.

Kompositt metallgrunnmassestråder slik som de beskrevet ovenfor, er anvendbare i mange anvendelser. Slike tråder er antatt å være spesielt ønskelige for bruk i hengende høyspennings kraftoverføringskabel på grunn av deres kombinasjon av lav vekt, høy styrke, god elektrisk ledningsevne, lav termisk ekspansjonskoeffisient, høybrukstemperaturer, og bestandighet mot korrosjon. Konkurransesevnen til komposittmetall grunnmassestråder, slik som de beskrevet ovenfor for anvendelse i hengende høyspennings kraftoverføring, er et resultat av den signifikante effekten kabelytelsen har på hele elektrisitets transportsystemet. Kabler som har en lavere vekt pr. enhet styrke, koblet med økt ledningsevne og lavere termisk ekspansjon, tilveiebringer evnen å installere større kabelspenn og/eller lavere tårnhøyder. Som et resultat, kan kostnadene for å konstruere et elektrisk tårn for et gitt elektrisk transportsystem reduseres vesentlig. I tillegg, kan forbedringer i de elektriske egenskapene til lederen redusere elektriske tap i overførings-systemet, og dermed redusere behovet for ytterligere kraftgenerering for å kompensere for slike tap.

Som bemerket ovenfor, er det antatt at komposittmetall grunnmassestrådene i foreliggende oppfinnelse er spesielt velegnet for anvendelse i hengende høyspennings kraftoverføringskabler. I en anordning, kan en hengende høyspennings kraftoverføringskabel inkludere en elektrisk ledende kjerne dannet av minst en komposittmetall grunnmassestråd i henhold til foreliggende oppfinnelse. Kjernen er omgitt av minst én ledende mantel dannet av et flertall av aluminium eller aluminiumlegeringstråder. Mange

- kabelkjerner og mantelkonfigurasjoner er kjent innen kabelteknikk. F.eks., som vist i fig. 2a, kan tverrsnittet av en hengende høyspennings overføringskabel 30 være en kjerne 32 av nitten individuelle komposittmetall grunnmassetråder 34 omgitt av en mantel 36 av tretti individuelle aluminium- eller aluminiumlegeringstråder 38. På samme måte, som vist i fig. 2b, som ett
- 5 av mange alternativer, kan tverrsnittet av en annen hengende høyspennings overføringskabel 30' være en kjerne 32' av trettisju individuelle komposittmetall grunnmassetråder 34' omgitt av en mantel 36' på tjueen individuelle aluminium- eller aluminiumlegeringstråder 38'.
- 10 Vektprosenten av komposittmetall grunnmassetrådene inne i kabelen vil avhenge av utformingen av overføringslinjen. I denne kabelen, er aluminium- eller aluminiumlegeringstrådene anvendt i den ledende mantelen et hvilket som helst av de forskjellige materialene kjent innenfor feltet hengende høyspennings kraftoverføring, inkluderende, men ikke begrensende til, 1350
- 15 Al eller 6201 Al.
- I en annen anordning, kan den hengende høyspenning kraftoverføringskabelen konstrueres kun av et flertall av kontinuerlige fiber aluminium grunnmasse kompoisitråder (CF-AMCs). Som diskutert nedenfor, er en slik konstruksjon vel egnet for lange kabelspenn hvor styrke til vektforholdet og
- 20 den termiske ekspansjonskoeffisienten til kabelen overkjører behovet for å minimalisere motstandstap.
- Selv om den er avhengig av et antall faktorer, varierer mengden av sig i en hengende høyspennings kraftoverføringskabel som kvadratet av spennlengden og vers med strekkfastheten til kabelen. Som en kan se i fig. 3, gir
- 25 CF-AMC materialer vesentlige forbedringer i styrke til vektforholdet over materialer vanligvis anvendt for kablene i kraftoverføringsindustrien. Det bør bemerkes at styrken, elektrisk ledningsevne og tettheten til CF-AMC materialene og kablene er avhengig av fibervolumet i kompositten. For fig. 3, 4a, 4b og 5 ble det antatt et fibervolum på 50 %, med en korresponderende
- 30 tetthet på ca. $3,2 \text{ g/cm}^3$ (ca. $0,115 \text{ lb/in}^3$), strekkfasthet på $1,38 \text{ GPa}$ (200 ksi), og en ledningsevne på 30 % IACS.
- Som et resultat av den økede styrken på kabler som inneholder CF-AMC tråder, kan kabelsig reduseres vesentlig. Beregninger som sammenligner siget på CF-AMC kabler som en funksjon av spennlengden med vanlig anvendt
- 35 flertråds stål (ACSR) (31 vekt % stål som har en kjerne på 7 ståltråder omgitt

av en mantel på 26 aluminiumtråder), og en ekvivalent hel aluminiumlegeringsleder (AAAC) er vist i fig. 4a og 4b. Alle kablene hadde ekvivalente elektriske ledningsevner og diametre. Fig. 4a demonstrerer at CF-AMC kabelen gir en 40 % reduksjon i tårnhøyden sammenlignet med ACSR for spenn på ca. 550 meter (omtrent 1800 fot). På samme måte tillater CF-AMC kablene en økning i spennlengden på ca. 25 % med antatt tillatt heng på 15 meter (ca. 50 fot). Ytterligere fordeler med anvendelsen av CF-AMC kabler i lange spenn er presentert i fig. 4b. I fig. 4b, var ACSR kabelen 72 vekt % stål som hadde en kjerne på 19 ståltråder omgitt av en mantel på 16 aluminiumtråder.

Henget til en høyspennings kraftoverførings (HVPT) kabel ved dens maksimale operasjonstemperatur er også avhengig av den termiske ekspansjonskoeffisienten (CTE) til kabelen ved dens maksimale operasjonstemperatur. Den maksimale CTE til kabelen bestemmes av CTE og elastisitetsmodulen til både den forsterkende kjernen og de omgivende trådene. Innenfor grenser, er materialet med en lav CTE og en høy elastisitetsmodul ønsket. CTEen for CF-AMC kablene er vist i fig. 5 som en funksjon av temperatur. Referanseverdi for aluminium og stål er også tilveiebrakt.

Det er bemerket at foreliggende oppfinnelse ikke er beregnet for å være begrenset til tråder og HVPT kabler som anvender komposittmetall grunnmasse teknologi, men er heller beregnet for å inkludere de spesifikke oppfinneriske komposittmaterialene beskrevet til dette såvel som mange ytterligere anvendelser. Dermed kan komposittmetall grunnmassematerialene beskrevet i dette anvendes i et hvilket som helst av vidt forskjellige felt av anvendelser, inkluderende men ikke begrensende til svinghjulrotorer, høyytelses romfartskomponenter, spenningsoverføring, eller mange andre anvendelser hvor høy styrke, lav tetthetsmaterialer er ønsket.

Det bør ytterligere bemerkes at selv om den foretrukne anordningen anvender polykrystallinsk α - Al_2O_3 fibre beskrevet i US patent nr. 4 954 462 (tidligere innlemmet) som idag er markedsført under handelsnavnet NEXTEL™ 610 av Minnesota Mining and Manufacturing Company, St.Paul, MN, er oppfinnelsen ikke beregnet å være begrenset til disse fibre. Men, en hvilken som helst egnet polykrystallinsk α - Al_2O_3 fiber er også beregnet for å være inkludert under dette. Det er foretrukket imidlertid, at en hvilken som

helst slik fiber som har en strekkfasthet på minst den som NEXTEL™ 610 fibre (ca. 2,8 GPa).

Under utføringen av oppfinnelsen, må grunnmassen være kjemisk inert til fibre over et temperaturområde mellom ca. 20-760°C. Dette temperaturområdet representerer området av antatte prosesserings- og servicetemperaturer for kompositten. Dette kravet minimaliserer kjemiske reaksjoner mellom grunnmassen og fibre som kan være utslettende til de overordnede komposittegenskapene. I tilfelle et grunnmassemateriale som omfatter en legering av elementær aluminium og opptil 2 vekt% kobber, har den støpte legeringen en strekkfasthet på ca. 41,4-55,2 MPa (6-8 ksi). For å øke styrken på denne metallegeringen, kan forskjellige behandlingsmetoder anvendes. I en foretrukket anordning, hvor den er kombinert med metalliske fibre, blir legeringen varmet til ca. 520°C for ca. 16 timer etterfulgt av bråkjøling i vann og opprettholdt en temperatur mellom ca. 60-100°C. Kompositten blir så plassert i en ovn og holdes ved ca. 190°C og holdes ved den temperaturen inntil ønsket styrke på grunnmassen er oppnådd (typisk 0-10 dager). Grunnmassen har blitt funnet å nå en maksimal strekkfasthet på ca. 68,9-89,6 MPa (10-13 ksi) når den var holdt ved en temperatur på ca. 190°C i fem dager. I kontrast, har ren aluminium som ikke er varmebehandlet en strekkfasthet på ca. 6,9-13,8 MPa (1-2 ksi) i den støpte tilstanden.

Eksempler

Målsetninger og fordeler med denne oppfinnelsen er ytterligere illustrert ved hjelp av følgende eksempler, men de bestemte materialene og mengden av disse angitt i disse eksemplene, såvel som andre betingelser og detaljer bør ikke anvendes til å begrense denne oppfinnelsen. Alle deler og prosenter er i vekt såfremt ikke noe annet indikeres.

Testmetoder

Fiberstyrken ble målt ved å anvende en strekkmåler (kommersielt tilgjengelig som Instron 4201 målet fra Instron of Canton, MA), og testen er beskrevet i ASTM D 3379-75, (Standard Test Methods for Tensile Strength and Young's Modulus for High Modulus Single-Filament Materials). Prøvens målelengde var 25,4 mm (1 tomme), strekkhastigheten var 0,02 mm/mm/min.

For å etablere strekkfastheten til en fiberbunt, ble ti enkeltfiberfilamenter vilkårlig valgt fra en bunt av fibre. Hvert filament ble testet for å bestemme dets bruddbelastning. Minst ti filamenter ble testet med en gjennomsnitts-

styrke og filamentene i bunten ble bestemt. Hver individuelle, vilkårlige utvalgte fiber hadde en styrke som varierte fra 2,06-4,82 GPa (300-700 ksi). Den gjennomsnittlige individuelle filamentstrekkfastheten varierte fra 2,76 til 3,58 GPa (400-520 ksi).

- 5 Fiberdiameteren ble målt optisk ved å anvende tilføyelse til et optisk mikroskop (Dolan-Jenner Measure-Rite Video Micrometer System, modell M25-0002, kommersielt tilgjengelig fra Dolan-Jenner Industries, Inc. of Lawrence MA) ved 1000 ganger forstørrelse. Apparaturen anvendte reflektert lysobservasjoner med en kalibrert fase mikrometer.
- 10 Bruddspenningen til hver individuelle filament ble beregnet som belastning pr. enhet areal.

Fiberforlengelsen ble bestemt fra lastforskyvningskurven og varierte fra ca. 0,55 % til ca. 1,3 %.

- 15 Den gjennomsnittlige fiberstyrken til de polykrystallinske α -Al₂O₃ fibre anvendt i arbeidseksemlene var større enn 2,76 GPa (400 ksi) (med typisk 15 % standardavvik). Jo høyere den gjennomsnittlige styrken på den forsterkende fiberen, jo høyere var komposittstyrken. Kompositten laget i henhold til denne anordningen av oppfinnelsen hadde en styrke på minst 1,38 GPa (200 ksi) (med 5 % standard avvik) og ofte minst 1,72 GPa (250 ksi)
- 20 (med 5 % standardavvik) når tilveiebrakt med en fibervolumfraksjon på 60 % (basert på det totale volumet til kompositten).

Strekprøving

- 25 Strekkfastheten til komposittene ble målt ved å anvende en strekkprøve (kommersielt tilgjengelig som Instron 8562 prøve fra Instron Corporation of Canton, MA). Denne prøven ble utført vesentlig slik som beskrevet for strekkprøving av metallfolier, dvs. som beskrevet i ASTM E345-93, (Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Foil).

- 30 For å utføre strekkprøvingen, ble kompositten utformet til en plate på 15,24 cm x 7,62 cm x 0,13 cm (6"x3"x0,05"). Anvendende en diamantsag, ble denne flaten oppkappet til sju prøvestykker (15,14 cm x 0,95 cm x 0,13 cm (6"x0,375"x0,05")) som ble anvendt for prøvingen.

Gjennomsnittlig langsgående styrke (dvs. fiber parallell til testretningen) ble målt ved 1,38 GPa (200 ksi) for kompositter som har en grunnmasse av enten

- ren aluminium eller ren aluminium med 2 vekt% kobber. For kompositter som har et fibervoluminnhold på ca. 60 %, var gjennomsnittelig tversgående styrke (dvs. fiber vinkelrett til testretningen) 138 MPa (20 ksi) for kompositter som inneholdt ren aluminium og 262 MPa (38 ksi) for kompositter laget med aluminium/2 % kobberlegering.

Spesifikke eksempler på forskjellige komposittmetall grunnmasse-fremstillinger er beskrevet nedenfor.

Eksempel 1 - Preparering av en fiberforsterket metallkompositt

- En kompositt ble preparert ved å anvende en aluminiumoksidfiberbunt av NEXTEL™ 610 aluminiumoksid keramiske fibre. Buntene inneholdt 420 fibre. Fibrene hadde et hovedsakelig rundt tverrsnitt og en diameter som varierte fra ca. 11-13 μm i gjennomsnitt. Den gjennomsnittlige strekkfastheten til fibrene (målt som beskrevet ovenfor) varierte fra 2,76-3,58 GPa (400-520 ksi). Individuelle fibre hadde styrker som varierte fra 2,06-4,82 GPa (300-700 ksi).

- Fibrene ble preparert for infiltrering i metallet ved å vikle fibrene til et "fiberemne". Spesielt, ble fibrene fuktet med destillert vann og vippt rundt en rektangulær trommel som har en omkrets på ca. 86,4 cm (34 tommer) i multiple lag til den ønskede fiberemnetykkelsen på ca. 0,25 cm (0,10 tommer).

- De viklete fibrene ble kappet fra trommelen og stablet i støpeformens hulrom for å produsere den endelige ønskede fiberemnetykkelsen. En støpeform i grafitt formet som en rektangulær plate ble anvendt. Ca. 1300 g av aluminiummetall (kommersielt tilgjengelig som Grade 99,99 % fra Belmont Metals of Brooklyn, NY) ble plassert i støpebeholderen.

- Støpeformen som inneholdt fibrene ble plassert til en trykkinfiltreringsstøpeapparat. I denne apparaturen, ble støpeformen plassert i en lufttett beholder eller digel og plassert ved bunnen av et evakuerbart kammer. Deler av aluminiummetall ble lastet inn i kammeret på en støtteplate over støpeformen. Støpeplaten hadde små hull (ca. 2,54 mm i diameter) for å tillate passering av smeltet aluminium til støpeformen under. Kammeret ble stengt og kammertrykket ble redusert til 3 milliTorr for å evakuere luften fra støpeformen og kammeret. Aluminiummetallet ble så oppvarmet til 720°C og støpeformen (og de fibrøse fiberemnene i den) ble oppvarmet til minst ca.

670°C. Aluminium smeltet ved denne temperaturen men forble på flaten over støpeformen. For å fylle støpeformen, ble kraften til oppvarmerne slått av og kammeret ble trykksatt ved å fylle på argon til et trykk på ca. 8,96 MPa (1300 psi). Det smeltede aluminiumet strømmet øyeblikkelig gjennom hullene i støtteplaten og ned i støpeformen. Temperaturen ble tillatt å synke til 600°C før kammeret ble åpnet mot atmosfæren. Etter at kammeret hadde kjølt til romtemperatur ble delen fjernet fra støpeformen. Det resulterende eksempel hadde dimensjoner på 15,2 cm x 7,6 cm x 0,13 cm (6"x3"x0,05").

De rektangulære komposittprøvedelene inneholdt 60 vol % fiber. Volumfraksjonen ble målt ved å anvende Archimedes prinsipp av væskeforskyvning og ved å eksaminere et fotobilde av et polert tverrsnitt ved 200 gangers forstørrelse.

Delen ble kappet i prøvebiter for strekkprøving, men ble ikke videre maskinert. Strekkfastheten, målt fra prøvebiter som beskrevet ovenfor, var 1400 MPa (204 ksi) (langsgående styrke) og 140 MPa (20,4 ksi) (tversgående styrke).

Eksempel 2 - Preparering av metallmasse komposittråder

Fibrene og metallene anvendt i dette eksempel er de samme som de beskrevet i eksempel 1. Aluminiumoksidfibrene ble ikke laget til et fiberemne. I stedet ble fibrene (i formen av multiple bunter) matet ned i et smeltet bad av aluminium og så på en ta-opp spole. Aluminiumet smeltet i en aluminiumdigel som hadde dimensjoner på ca. 24,1 cm x 31,3 cm x 31,8 cm (9,5"x12,5"x12,5") (kommersielt tilgjengelig fra Vesuvius McDaniel of Beaver Falls, PA). Temperaturen på det smeltede aluminiumet var ca. 720°C. En legering på 95 % niob og 5 % molybden ble formet til en sylinder som hadde dimensjoner på ca. 12,7 cm (5") lengde x 2,5 cm (1") diameter. Sylindren ble anvendt som en ultralydhornaktuator ved å stille inn den ønskede vibrasjon (dvs. stilt ved å endre lengden), til en vibrasjonsfrekvens på ca. 20,09-20,4 kHz. Amplituden til aktuatoren var større enn 0,002 cm (0,0008"). Aktuatorens koblet til en titan bølgeleder som igjen var forbundet til en ultralydenergiomformer. Fibrene ble infiltrert med grunnmassematerialet for å danne tråder med et relativt jevnt tverrsnitt og diameter. Trådene laget ved denne prosessen hadde en diameter på ca. 0,13 cm (0,05").

Fibervolumprosenten ble estimert fra et fotomikrobilde av et tverrsnitt (ved 200 gangers forstørrelse) til å være ca. 40 vol %.

Strekkfastheten til tråden var 1,03-1,31 GPa (150-190 ksi).

- 5 Forlengelsen ved romtemperatur var ca. 0,7-0,8 %. Forlengelsen ble målt under strekkprøven ved et forlengelsesmeter.

Eksempel 3 - Komposittmetall grunnmassematerialer som anvender aluminium/kobberlegeringsgrunnmasse

- 10 Dette eksemplet ble utført eksakt som beskrevet i eksempel 1, med unntak at istedenfor rent aluminium, ble en legering som inneholdt aluminium og 2 vekt % kobber anvendt. Legeringen inneholdt mindre enn ca. 0,02 vekt % jern og totalt mindre enn ca. 0,05 vekt % urenheter. Flytespenningen til denne legeringen varierte fra 41,4-103,4 MPa (6-15 ksi). Legeringen ble varmebehandlet i henhold til følgende skjema:

- 15 520°C for 16 timer etterfulgt av bråkjøling i vann (vanntemperatur varierte fra 60-100°C); og øyeblikkelig plassert i en ovn ved 190°C i 5 dager.

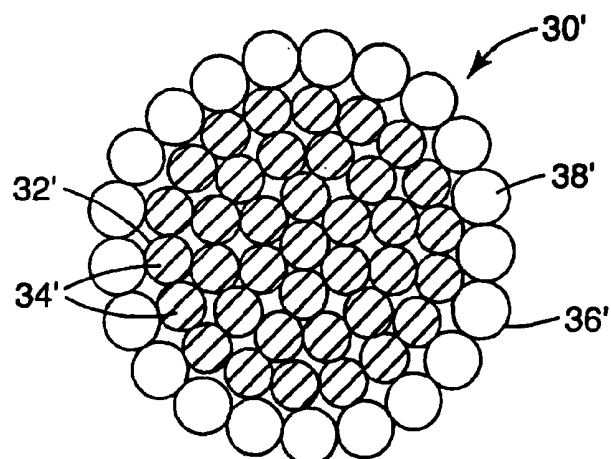
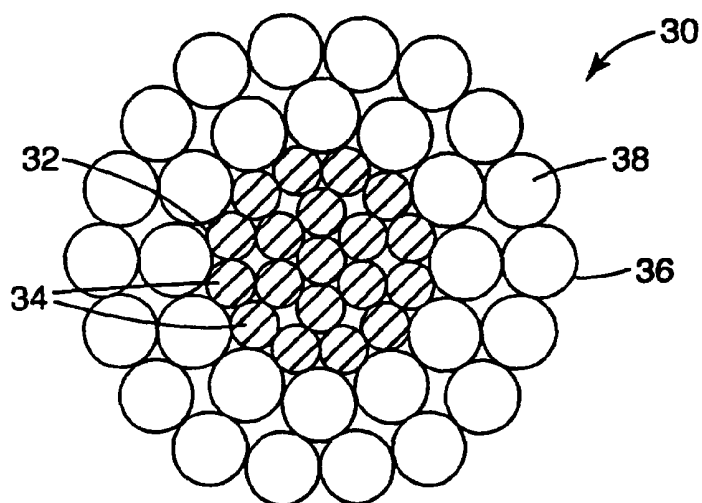
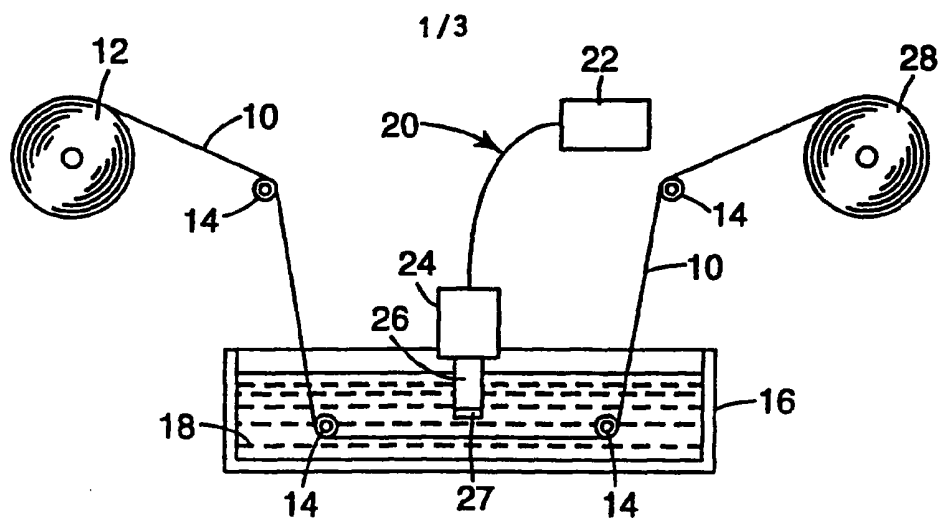
Prosesseringen for å produsere rektangulære biter for å lage prøvebiter egnet for strekkprøving ble utført som beskrevet i eksempel 1, med unntak av at metallet ble oppvarmet til 710°C og støpeformen (med fibre i den) ble oppvarmet til mer enn 660°C.

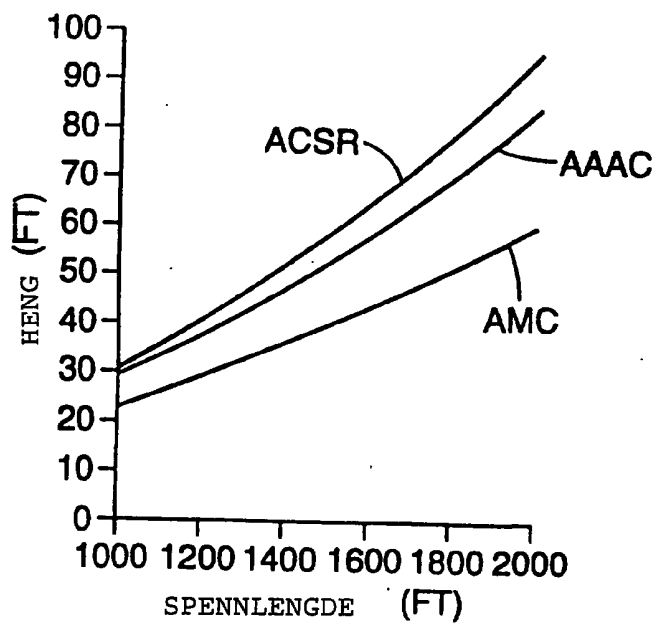
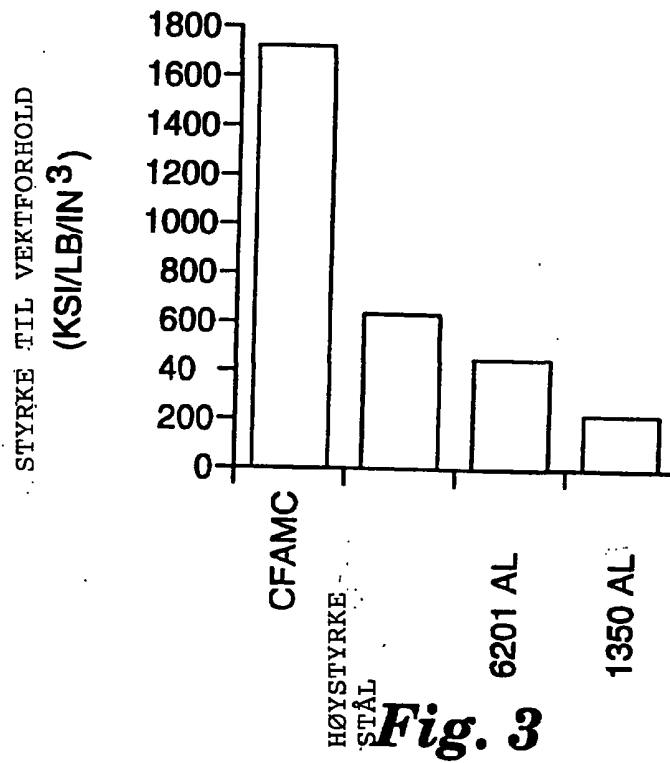
- 20 Komposittene inneholdt 60 vol % fiber. Styrken i langsgående retning varierte fra 1,38-1,86 GPa (200-270 ksi) (med et gjennomsnitt på 10 målinger på 1,52 GPa (220 ksi)) og styrken i tversgående retning varierte fra 239-328 MPa (35-48 ksi) (med et gjennomsnitt på 10 målinger på 262 MPa (38 ksi)).

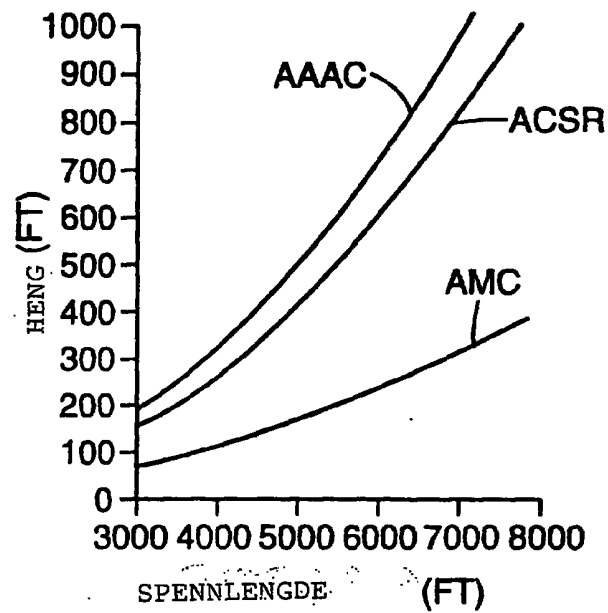
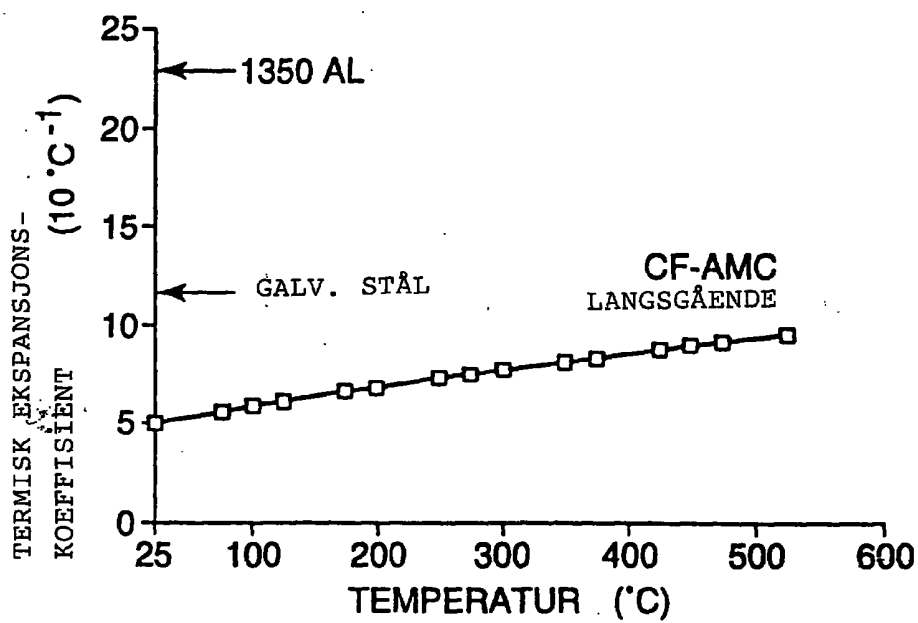
PATENTKRAV

1. Komposittmateriale, omfattende et flertall av kontinuerlige polykrystallinske α -Al₂O₃ fibrer, karakterisert ved at α -Al₂O₃ fibrene har en strekkfasthet på minst ca. 2,8 GPa og er inneholdt i en grunnmasse valgt fra gruppen bestående av elementær aluminium eller en legering av elementær aluminium og opp til 2 vekt% kobber, og hvor aluminiumet inneholder mindre enn 0,05 vekt% urenheter og er hovedsakelig fri fra materialfaser eller domener som er i stand til å øke sprøheten til grunnmassen.
2. Komposittmateriale i henhold til krav 1, karakterisert ved at flertallet av kontinuerlige polykrystallinske α -Al₂O₃ fibre inkluderer minst en bunt av de kontinuerlige polykrystallinske α -Al₂O₃ fibre.
3. Komposittmateriale i henhold til krav 1 eller 2, karakterisert ved at det omfatter mellom ca.40-60 volum% polykrystallinske α -Al₂O₃ fibre.
4. Komposittmateriale i henhold til krav 1 - 3, karakterisert ved at den elementære aluminiumgrunnmassen inneholder mindre enn ca. 0,03 % jern.
5. Komposittmateriale i henhold til krav 1 - 4, karakterisert ved at de kontinuerlige polykrystallinske α -Al₂O₃ fibre er fri for et ytre beskyttende belegg.
6. Komposittmateriale i henhold til krav 1- 5, karakterisert ved at grunnmassen har en flytespenning på mindre enn ca. 20 MPa.
7. Komposittmateriale i henhold til krav 1- 5, karakterisert ved at legeringen av elementær aluminium og opp til 2 vekt% kobber har en flytespenning på mindre enn ca. 90 MPa.
8. Komposittmateriale i henhold til krav 1- 7, karakterisert ved at det har en strekkfasthet på minst 1,17 GPa.

9. En tråd,
karakterisert ved at den omfatter komposittmaterialet i henhold til hvilket som helst av krav 1 til 8.
10. En tråd i henhold til krav 9,
5 karakterisert ved at den har en gjennomsnittlig strekkfasthet på minst 1,38 GPa.
11. En hengende høyspennings kraftoverføringskabel,
karakterisert ved at den omfatter et flertall av aluminium grunnmasse komposittråder i henhold til krav 9 eller 10.
- 10 12. En hengende høyspennings kraftoverføringskabel i henhold til krav 11,
karakterisert ved at den ytterligere inkluderer minst én ledende mantel som omfatter et flertall av ledende aluminium- eller aluminiumlegeringstråder.
- 15 13. Fremgangsmåte for å produsere en komposittråd i henhold til krav 9 eller 10,
karakterisert ved at fremgangsmåten omfatter de følgende trinn:
- (a) smelte et grunnmassemateriale valgt fra gruppen bestående av elementær aluminium eller en legering av elementær aluminium med opp til 2 vekt% kobber for å tilveiebringe et bad av smeltet grunnmasse,
- 20 (b) mate minst et bunt av kontinuerlige polykrystallinske α -Al₂O₃ fibre inn i badet av smeltet grunnmasse under omrøring av grunnmassen ved hjelp av et ultralydhorn for at den smeltede grunnmassen skal infiltrere fiberbunten for å danne minst et bunt av infiltrert fiberbunt, og hvor grunnmassen er kjemisk inert overfor fibre i et temperaturintervall fra 20°C til 760°C, og
- 25 (c) trekke ut det minst ene infiltrerte bunt av kontinuerlige polykrystallinske α -Al₂O₃ fibre fra badet av smeltet grunnmasse for å danne en tråd, og hvor aluminiumet med grunnmassemateriale inneholder mindre enn 0,05 vekt% urenheter.





**Fig. 4b****Fig. 5**